

Efeitos da prática de Taekwondo com e sem tatami, nas forças de reação do apoio e na maturação óssea, em adolescentes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Desporto com especialização em Treino Desportivo

Carlos Daniel Gomes Mata

Orientadores

Professor Doutor Pedro Jorge Richheimer Marta Sequeira

Professor Doutor Marco António Colaço Branco

2017

Dedicatória

Aos meus filhos Sofia e Diogo à Tânia e à minha família.

Agradecimentos

Este trabalho foi possível devido ao esforço de muitas pessoas que direta e indiretamente tornaram-no possível. Expresso assim o meu sincero reconhecimento.

Aos meus orientadores,

Professor Dr. Pedro Sequeira, pela sabedoria, aconselhamento e orientação durante todo o processo;

Professor Dr. Marco Branco, pela sua incondicional disponibilidade, preocupação, encorajamento e transmissão de conhecimentos;

Ao Professor Fernando Rocha, por todos os ensinamentos, disponibilidade e pelo despertar para esta temática;

Ao Hospital Distrital de Santarém, na pessoa do Sr. Presidente Dr. José Rianço Josué, pela celebração do protocolo de cooperação entre a ESDRM e o HDS, para a realização de radiografias e relatórios;

À Adjunta para a gestão Marta Bacelar do Hospital Distrital de Santarém, pela preciosa ajuda na celebração do protocolo e em todo o processo de recolhas e relatórios;

À Dr.^a Isabel Sapeira, diretora do Serviço de Imagiologia, pela simpatia de aceitar o meu projeto e pela gestão e colaboração no processo de recolhas e relatórios;

A todos os médicos e técnicos radiologistas, pela paciência nas recolhas e relatórios;

Ao Dr. Carlos Maia Dias, ortopedista, por ter aceite o pedido e integração deste trabalho e pela disponibilidade para os relatos das placas epifisária do fémur e pulso;

Ao Dr. Pedro Silva do centro de estágio da DESMOR, pela cedência do laboratório e da plataforma de forças para as recolhas das forças de reação do apoio;

Aos clubes e treinadores responsáveis, que acreditaram neste trabalho incentivando os seus atletas estando sempre disponíveis durante o processo;

Aos pais e atletas, pela coragem, paciência, confiança, e cooperação em aceitarem fazer parte deste trabalho estando sempre disponíveis a cooperar;

Por último à minha família pela preciosa ajuda, compreensão e disponibilidade, durante estes dois anos.

A todos muito obrigado.

Resumo

EFEITOS DA PRÁTICA DE TAEKWONDO COM E SEM TATAMI, NAS FORÇAS DE REAÇÃO DO APOIO E NA MATURAÇÃO ÓSSEA, EM ADOLESCENTES.

Introdução: A atividade física provoca efeitos biopositivos na maturação em adolescentes, mas se for realizada de forma imprópria, em desacordo com a idade e com o desenvolvimento motor, pode desencadear efeitos bionegativos.

Objetivos: Avaliar o efeito da prática de Taekwondo, com e sem tatami, na maturação óssea de atletas adolescentes recorrendo a parâmetros da biomecânica e do desenvolvimento motor.

Metodologia: A amostra foi composta por 54 atletas de Taekwondo, adolescentes com idades entre os 10 e 15 anos, ($12,37 \pm 1,77$ anos). Para a análise dos parâmetros de maturação, recorreremos à imagiologia, para análise das forças de reação do apoio utilizamos uma plataforma de forças executando tarefas em tatami e sem tatami, de deslocamento, saltos, giros e rotações em laboratório.

Resultados: A maioria dos atletas situa-se no estágio de maturação adequado, o piso e o sexo não têm diferenças significativas com as variáveis de maturação, apenas correlações positivas moderadas ou fortes. A frequência de contactos foi de 6347 durante 60 minutos ou seja 106 por minuto, enquanto as FRA obtiveram uma média de 2,12BW em tatami e 2,02BW prática sem tatami, sendo estes valores considerados biopositivos. Ao comparar as FRA com e sem tatami não se registaram diferenças significativas, correlacionando as FRA com as variáveis de maturação verificamos existir associação significativa. Os atletas com mais anos de prática registaram maiores magnitudes de FRA, sendo as magnitudes mais elevadas no tatami.

Conclusões: A prática de Taekwondo com e sem tatami para os atletas adolescentes de ambos os sexos é aconselhada, pois não altera os parâmetros de maturação estudados, através das suas frequências de contactos e magnitudes de forças de reação do apoio, havendo um efeito biopositivo na maturação óssea dos atletas.

Este estudo através da sua metodologia poderá ser replicado em condições idênticas de forma a identificar o estado de maturação dos atletas adolescentes.

Palavras-chave: Taekwondo, Forças de reação do apoio, Placa epifisária, Maturação óssea, Adolescentes

Abstract

EFFECTS OF TAEKWONDO PRACTICE WITH AND WITHOUT TATAMI, IN SUPPORT REACTION FORCES, AND BONE MATURATION, IN ADOLESCENTS.

Introduction: Physical activity causes biopositive effects on maturation in adolescents, but if it is performed improperly, in disagreement with age and motor development, it may trigger bioanegative effects.

Objectives: This study was to evaluate the effect of Taekwondo practice, with and without tatami, on bone maturation of adolescent athletes using parameters of biomechanics and motor development.

Methodology: The sample consisted of 54 Taekwondo athletes, adolescents aged between 10 and 15 years (12.37 ± 1.77 years). For the analyze of maturation parameters, we used imagiology, to analyze the ground reaction force of the we used a force platform performing tasks in tatami and without tatami, of displacement, jumps, turns and rotations in laboratory.

Results: The majority of athletes are at the appropriate stage of maturation, the floor and sex do not have significant differences with maturation variables, only moderate or strong positive correlations. The contact frequency was 6347 for 60 minutes or 106 per minute, while the GRF obtained a mean of 2.12BW in tatami and 2.02BW practice without tatami, these values being considered biopositive. When comparing the GRF with and without tatami, there were no significant differences, correlating the GRF with the maturation variables, we verified a significant association. The athletes with more years of practice registered higher magnitudes of GRF, with the highest magnitudes being on the tatami.

Conclusions: The practice of Taekwondo with and without tatami for adolescent athletes of both sexes is advised, as it did not alter the maturation parameters studied, Through its frequency of contacts and magnitudes of ground reaction forces, provoking a biopositive effect on athletes' bone maturation. This study through its methodology can be replicated under identical conditions in order to identify the maturation stage of the adolescent athletes.

Keywords: Taekwondo, Ground reaction forces, Imaging, Maturation, Epiphyseal Growth Plates, Bone maturation, Adolescent

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VI
QUADRO DE ABREVIATURAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO GERAL	2
1.2 VARIÁVEIS	5
1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE	6
CAPÍTULO 2	7
2. INFLUÊNCIA DA PRÁTICA DE TAEKWONDO COM E SEM TATAMI NA MATURAÇÃO ÓSSEA DE ATLETAS ADOLESCENTES	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
2.3 ENQUADRAMENTO	10
2.3.1 <i>Estágios de maturação</i>	12
2.3.2 <i>Idade Óssea</i>	14
2.3.3 <i>Fases de desenvolvimento/Crescimento</i>	14
2.3.4 <i>Placa Epifisária/cartilagem de crescimento</i>	15
2.4 PROBLEMÁTICA	19
2.5 QUESTÕES EXPERIMENTAIS	20
2.6 OBJETIVOS	20
2.7 HIPÓTESES	21
2.8 METODOLOGIA	22
2.8.1 <i>Caracterização da Amostra</i>	22
2.8.2 <i>Método de avaliação</i>	23
2.8.3 <i>Instrumentos</i>	24
2.8.4 <i>Procedimentos</i>	24

2.8.5	<i>Protocolo</i>	25
2.8.6	<i>Tratamento Estatístico</i>	26
2.9	RESULTADOS	27
2.10	DISCUSSÃO.....	31
2.11	CONCLUSÃO.....	36
CAPÍTULO 3		37
3. ANÁLISE DAS FORÇAS DE REAÇÃO DO APOIO DOS ATLETAS ADOLESCENTES DE TAEKWONDO, DURANTE A PRÁTICA COM E SEM TATAMI.....		37
RESUMO		38
ABSTRACT.....		39
3.1	ENQUADRAMENTO	40
3.1.1	<i>Força de reação do apoio</i>	41
3.1.2	<i>Efeitos Biopositivos e bionegativos</i>	43
3.1.3	<i>Carga biomecânica do exercício físico</i>	45
3.1.4	<i>Características do Tatami</i>	47
3.2	PROBLEMÁTICA.....	49
3.3	QUESTÕES EXPERIMENTAIS	50
3.4	OBJETIVOS.....	50
3.5	HIPÓTESES.....	51
3.6	METODOLOGIA.....	52
3.6.1	<i>Caracterização da Amostra</i>	52
3.6.2	<i>Instrumentos</i>	52
3.6.3	<i>Procedimentos</i>	57
3.6.4	<i>Protocolo</i>	58
3.6.5	<i>Tratamento Estatístico</i>	59
3.7	RESULTADOS	60
3.8	DISCUSSÃO.....	62
3.9	CONCLUSÃO.....	65
CAPÍTULO 4		67
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		67
4.1	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO GERAL.....	68
4.2	LIMITAÇÕES.....	68
4.3	RECOMENDAÇÕES.....	69
BIBLIOGRAFIA		70
ANEXOS.....		79

Índice de Figuras

FIGURA 1. PLACA EPIFISÁRIA DISTAL DO FÉMUR.....	17
FIGURA 2. SEQUÊNCIA DOS ESTÁGIOS EPIFISÁRIOS DISTAIS DO FÉMUR, SEGUNDO O'CONNOR <i>ET AL</i> (2008).	18
FIGURA 3. FREQUÊNCIA DOS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO DOS PARTICIPANTES POR SEXO.	27
FIGURA 4. FREQUÊNCIA DOS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO DOS PARTICIPANTES POR PISO.....	28
FIGURA 5. TABELA DE FREQUÊNCIAS DOS ESTÁGIOS EPIFISÁRIOS DO FÉMUR E PULSO POR SEXO.	28
FIGURA 6. TABELA DE FREQUÊNCIAS DOS ESTÁGIOS EPIFISÁRIOS DO FÉMUR E PULSO POR PISO.	29
FIGURA 7. CORRELAÇÃO E LINHA DE TENDÊNCIA ENTRE OS ANOS DE PRÁTICA DE TAEKWONDO E O ESTÁGIO EPIFISÁRIO DO FÉMUR.....	31
FIGURA 8. TATAMI REVERSÍVEL EM FORMA DE PUZZLE.	48
FIGURA 9. PLATAFORMA DE FORÇAS EMBUTIDA NO CHÃO.	53
FIGURA 10. ESQUEMA DA LIGAÇÃO DOS SENSORES DA PLATAFORMA DE FORÇAS.....	54
FIGURA 11. VISUALIZAÇÃO DO SOFTWARE DE RECOLHA.	55
FIGURA 12. TRATAMENTO DOS DADOS, CONVERSÃO DE VOLTS PARA NEWTONS E FILTRO	56
FIGURA 13. GRÁFICO DAS FORÇAS DE REAÇÃO ABSOLUTAS (N) E RELATIVAS (BW) DO CICLO GESTUAL.....	56
FIGURA 14. COLOCAÇÃO DO TATAMI PARA A REALIZAÇÃO DAS RECOLHAS	57
FIGURA 15. COLOCAÇÃO DO SMARTPHONE NO CINTURÃO DO ATLETA PARA EFETUAR A RECOLHA	58
FIGURA 16. GRÁFICO DE DISPERSÃO E LINHA DE TENDÊNCIA ENTRE OS ANOS DE PRÁTICA DE TAEKWONDO E AS MAGNITUDES DAS FRA ABSOLUTAS DAS TAREFAS REALIZADAS EM TATAMI (A) E SEM TATAMI (B).	62

Índice de Tabelas

TABELA 1. TABELA OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS.	5
TABELA 2. INTERVALOS ETÁRIOS DA UNIÃO EPIFISÁRIA DISTAL DO FÉMUR NO GÊNERO MASCULINO E FEMININO, ADAPTADO DE (SILVA, 2015).....	17
TABELA 3. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA POR GRUPOS DE PRÁTICA E POR SEXO.	22
TABELA 4. TABELA DESCRITIVA DA IDADE DECIMAL E IDADE ÓSSEA POR SEXO.....	27
TABELA 5. CORRELAÇÃO DE <i>SPEARMAN</i> ENTRE A IDADE DECIMAL, IDADE ÓSSEA, ESTÁGIO EPIFISÁRIO DO FÉMUR E DO PULSO, POR PISO.	30
TABELA 6. SINOPSE DE ESTUDOS DAS FORÇAS DE REAÇÃO DO APOIO NO TAEKWONDO.	43

TABELA 7. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA GRUPO DE PRÁTICA COM TATAMI E SEM TATAMI, MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA AS VARIÁVEIS ALTURA (M), PESO (KG), ANOS DE PRÁTICA (ANOS) E HORAS DE TREINO SEMANAL (HORAS).	52
TABELA 8. PROTOCOLO DE EXECUÇÃO DE CADA SUJEITO	59
TABELA 9. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS CONTACTOS E FORÇAS DE REAÇÃO DO APOIO.	60
TABELA 10. TABELA DE CORRELAÇÃO DE <i>SPEARMAN</i> PARA AS VARIÁVEIS FRA, IDADE ÓSSEA, ESTÁGIO EPIFISÁRIO DO FÉMUR E PULSO.	61

Quadro de Abreviaturas

Abreviatura	Descrição
FRA	Forças de reação do apoio
GRF	Ground Reaction Forces
BW	Bodyweight
PC	Peso corporal
PF	Plataforma de forças
IO	Idade Óssea
ID	Idade Decimal
IC	Idade Cronológica
EEF	Estágio epifisário do fémur
EEP	Estágio epifisário do pulso
OMS	Organização mundial de saúde
RX	Raio X
SPSS	Statistical Package for Social Science

Capítulo 1

1. Introdução

1.1 Enquadramento geral

No sentido global, *Taekwondo* traduz-se na técnica de combate sem armas para defesa pessoal, envolvendo destreza com a utilização das mãos e punhos, pontapés em elevação, esquivas e interceções de técnicas com as mãos, braços ou pés, para a rápida neutralização do oponente, sendo assim considerada uma arte marcial milenar coreana, que foi introduzido no Comité Olímpico em julho de 1980, sob o comando da *General Association of International Sports Federation* (GAISF). Em 1982, o Comité Olímpico ordenou uma demonstração oficial nos Jogos Olímpicos de 1988, em Seul, a qual foi repetida posteriormente em Barcelona em 1992. Em 4 de setembro de 1994, o Taekwondo foi admitido como modalidade olímpica oficial para o ano 2000, nas XXVII Olimpíadas de Sidney. O Taekwondo, atualmente, além de uma arte marcial de defesa pessoal, é um moderno desporto de combate praticado em mais de 176 países, somando mais de 50 milhões de praticantes (Santos Cavaleiro & Toigo, 2009).

A partir da inclusão do Taekwondo nos Jogos Olímpicos, surgiram diversas alterações em termos de regras e organização, visando à integridade do atleta. Em 1986, a *Kukkiwon*, órgão que rege todos os assuntos relacionados com esta arte marcial sediada em Seul, Coreia, adotaram o piso (tatami) de EVA (material aborrachado) nas competições oficiais, igualando a atitude tomada anteriormente pelo judo (Santos Cavaleiro & Toigo, 2009) este piso que terá sido pensado com o objetivo de proporcionar melhor conforto minimizando a possibilidade de lesões.

Como forma de proteção ao organismo, a prática dos desportos de combate é realizada sobre este material chamado “tatami”, o qual, antigamente, segundo Robert, L. (1983), era confeccionado em linho, palha de arroz escolhida, cortada, prensada e envolvida num envelope de tela de juta e lona. Atualmente, o “tatami” de palha de arroz foi substituído por materiais sintéticos, confeccionado em placas de borracha do tipo EVA (copolímero etileno acetato de vinila), antialérgico, inodoro e atóxico, com diferentes densidades e dimensões tendo em conta a especificidade da modalidade. Independentemente das características físicas dos “tatamis”, estes, segundo Melo, dos Santos, Cinelli, Junior, e

Heidrich (2004), devem ter propriedades mecânicas que favoreçam a absorção de energia, para que não cause prejuízo à estrutura física dos praticantes.

Com o crescente aumento de praticantes, questões como a segurança na prática e a identificação das lesões tornaram-se muito importantes e oportunas, objetivando a oferta de uma prática do Taekwondo segura. Estas preocupações desencadearam novas e continuas investigações de forma a identificar e caracterizar a modalidade, verificando fundamentalmente na sua vertente de competição a utilização predominante de pontapés com grande amplitude e potência direcionados ao tronco e à cabeça do oponente (Beis, Pieter, & Abatzides, 2007; R. P. Lystad, Gregory, & Wilson, 2014; Reidar P. Lystad, Pollard, & Graham, 2009; Mohsen Kazemi & Artur Chudolinski, 2009; Pieter, Fife, & O'Sullivan, 2012).

No Taekwondo existe uma elevada incidência de lesões nos membros inferiores, lesões capsulo-ligamentares e ósseas, sendo estas explicadas pelo facto de ser uma modalidade de impacto, onde 80% das técnicas utilizadas pelos atletas são pontapés, incidindo preferencialmente a lesão sobre o joelho e pé com um grau de gravidade acentuado (Mata, C. & Vences Brito, 2014).

Este crescimento da prática de desportos de combate, nomeadamente o Taekwondo fez aumentar o número de crianças nos treinos e criou também um aumento da heterogeneidade das classes de praticantes (Reidar, P. Petra L. & Roslyn G. 2013), no entanto, este crescimento resultou também no aumento da incidência de lesões nas crianças.

Estudos com crianças e adolescentes têm demonstrado o benefício da atividade física no estímulo ao crescimento, desenvolvimento e prevenção da obesidade, incremento da massa óssea, aumento da sensibilidade à insulina, melhoria do perfil lipídico, diminuição da pressão arterial, desenvolvimento da socialização e da capacidade de trabalho em equipa. Também é conhecido o facto de que a atividade física realizada de forma imprópria, em desacordo com a idade, com o desenvolvimento motor e com o estado de saúde, apresenta riscos de lesões como: traumas, osteocondrite, fratura e disfunção menstrual (Broderick, C. Winter, J. Allan, R. 2006).

Sendo o treino um promotor de microtraumatismos e especificamente na modalidade de Taekwondo, provocado pelas forças de reação do apoio, de acordo com Devita e Skelly (1992) cerca de 75% da energia mecânica oriunda de um impacto pode ser dissipada passivamente pela musculatura, articulações e ligamentos corporais, sendo que os 25% restantes serão por outras estruturas como o calçado, o piso, entre outros. No caso do Taekwondo, poderá verificar-se a falta de calçado e piso apropriados, considerando que estes últimos mecanismos podem amenizar a magnitude das forças de reação do apoio por se tratarem de materiais com propriedades físico-mecânicas que favoreçam a absorção de energia (Saray Giovana dos Santos, Detanico, & Reis, 2011).

Como referem os autores Beis, Pieter e Abatzides (2007), tão importante como a lesão propriamente dita é a base científica para o reconhecimento das lesões mais incidentes nas modalidades desportivas, para que sejam corretamente aplicadas medidas de controlo, tratamento e prevenção o que levou a um acentuado crescimento e desenvolvimento das práticas de Medicina desportiva, onde os seus diagnósticos precisos e oportunos combatem e previnem episódios de lesão, atuando como medicina preventiva. Em grande desenvolvimento e crescimento nas últimas décadas encontramos a especialidade de imagiologia, reconhecendo-se a utilidade dos diagnósticos através de Ultrassons, Raio X e Ressonâncias Magnéticas como método na busca de informações pertinentes sobre as características e estado do tecido ósseo.

Um dos pilares no tratamento e prevenção da deterioração óssea é a atividade física (León-Valladares, Cagigas, Badía, & González, 2011). Portanto, parece paradoxal levantar a necessidade de investigar e analisar o tecido ósseo em desportistas, mas é um facto que o trauma físico, contusões e os microtraumatismos provocados pelo impacto são um fenómeno inerente à maioria dos desportos. Estas agressões ao tecido ósseo possibilitam ou poderão possibilitar o aparecimento de lesões.

Há consenso de que tais factos ocorrem quando o nível, a intensidade e o estímulo agressor, excedem a plasticidade elástica ou habilidade no osso para manter a sua integridade (León-Valladares *et al.*, 2011). Na área desportiva, um atleta ou um praticante de atividade física cuja modalidade praticada proporcione movimentos causadores de impactos, tais como os saltos no Atletismo, Basquetebol, Taekwondo,

Voleibol e no Andebol e quedas no judo, está sujeito aos efeitos biopositivos ou bionegativos da carga mecânica quer seja a curto, médio ou longo prazo.

Assim a realização deste estudo tem como objetivo, avaliar o efeito da prática de Taekwondo, com e sem tatami, na maturação óssea de atletas adolescentes recorrendo a parâmetros da biomecânica e do desenvolvimento motor.

1.2 Variáveis

Apresentamos o plano operacional de variáveis (Tabela 1) com a exposição das características das variáveis, nomeadamente designando a forma como serão denominadas durante a recolha, tratamento e apresentação das mesmas.

Tabela 1. Tabela operacional das variáveis.

PARAMETROS	NOME	CÓDIGO	CLASSIFICAÇÃO EXPERIMENTAL	UNIDADES	TIPO	ESCALA
CARACTERIZAÇÃO PESSOAL	Idade Decimal	ID	Moderadora / Independente	Anos	Quantitativo contínuo	Razão
	Sexo	-	Moderadora	-	Qualitativa	Nominal
	Altura	-	Moderadora	Metros	Quantitativo contínuo	Razão
	Peso	-	Moderadora	Kg	Quantitativo contínuo	Razão
PRÁTICA DESPORTIVA	Anos de prática	AP	Independentes	Anos	Quantitativo contínuo	Razão
	Horas de treino semanal	HTS	Independentes	Horas	Quantitativo contínuo	Razão
	Piso	-	Controlo	-	Qualitativa	Nominal
MATURAÇÃO	Estágio epifisária do fémur	EEF	Dependente	-	Quantitativo Discreto	Ordinal
	Estágio epifisária do Pulso	EEP	Dependente	-	Quantitativo Discreto	Ordinal
	Estágio maturação	EM	Dependente	-	Qualitativo	Ordinal
	Idade Óssea	IO	Moderadora / Dependente	Anos	Discreta	Razão

BIOMECÂNICAS	Forças de reação do apoio	FRA	Independentes	% peso corporal (body whey-BW)	Quantitativo contínuo	Razão
	Número de Contactos	-	Moderadora	-	Quantitativo contínuo	Razão
	Massa corporal	-	Moderadora	Newtons	Quantitativo contínuo	Razão

1.3 Organização da tese

Tendo em consideração os dados recolhidos, o número de variáveis em estudo e, sobretudo, a diversidade das áreas de estudo, optou-se por organizar esta tese em estudos individuais. A opção por este modelo relaciona-se com a intenção de publicação dos resultados da investigação realizada, sendo que a organização das análises em diferentes artigos ajusta-se melhor a este propósito, dando mais eficiência ao trabalho desenvolvido. Este formato irá também permitir uma leitura mais fácil já que a informação estará organizada em torno de objetivos mais específicos.

Tendo em conta o exposto, a componente empírica será desenvolvida em dois estudos com o formato de artigo dividido em seções tradicionais (Resumo, Introdução, Enquadramento, Problemática, Questões de experimentais, Objetivos, Hipóteses, Metodologia, Resultados, Discussão e Conclusões).

Capítulo 2

2. Influência da prática de taekwondo com e sem tatami na maturação óssea de atletas adolescentes

Resumo

INFLUÊNCIA DA PRÁTICA DE TAEKWONDO COM E SEM TATAMI NA MATURAÇÃO ÓSSEA DE ATLETAS ADOLESCENTES.

Introdução: No Taekwondo os atletas encontram-se descalços, podendo efetuar a sua prática em tatami ou sem tatami, podendo desencadear uma agressão lesiva à estrutura músculo-esquelética em adolescentes, podendo comprometer a estatura final.

Objetivo: Os objetivos de estudo foram, verificar qual a relação que existe entre as variáveis de maturação e a prática do Taekwondo com e sem tatami por sexo.

Metodologia: O nosso estudo recolheu 54 atletas de Taekwondo adolescentes masculinos e femininos com idades compreendidas entre os 10 e os 15 anos, divididos em grupo de prática com tatami N=27 e grupo de prática sem tatami N=27. Recorrendo à radiografia, analisamos os parâmetros de maturação, idade óssea, estágio de maturação e placa epifisário do fémur e pulso.

Resultados: Na comparação entre a idade decimal e a idade óssea verificou-se diferenças significativas ($Z = 2,854$; $p \leq 0,01$). Para a totalidade da amostra, não se verificam diferenças significativas entre os grupos de prática com e sem tatami. No entanto, existe uma correlação positiva forte ($p = 0,788$; $p \leq 0,05$), com o tempo de prática e existe uma correlação positiva moderada ($p = 0,429$; $p \leq 0,05$), com o estágio epifisário do fémur $R^2 = 0,1823$.

Conclusão: A maioria dos atletas está no estágio de maturação adequado. Ao contrário do esperado os parâmetros de maturação, não apresentam diferenças significativas quando a prática de Taekwondo é realizada sem tatami ou quando dividida por sexo masculino e feminino. Verificou-se que quanto maior a idade decimal do atleta maior o estágio epifisário do fémur. Relacionando esta variável com o piso, conclui-se existir uma relação forte com a idade decimal nos atletas que treinam em tatami. O tempo de prática, demonstra que não existe um encerramento precoce das placas epifisárias do fémur causados pela prática do Taekwondo.

Palavras-chave: Taekwondo, Maturação óssea, Radiografia, Placa epifisária, Adolescentes

Abstract

INFLUENCE OF TAEKWONDO PRACTICE WITH AND WITHOUT TATAMI IN THE BONE MATURATION OF ADOLESCENT ATHLETES.

Introduction: In Taekwondo athletes are in barefoot, being able to do their practice on tatami or without tatami, and can trigger aggression to the musculoskeletal structure in adolescents, which can compromise their final height.

Objective: The purpose of the study was to verify the relationship between maturation variables and Taekwondo practice with and without tatami and by sex.

Methodology: Our study collected 54 male and female adolescent Taekwondo athletes aged 10 to 15 divided into a tatami practice group N = 27 and a tatami training group N = 27. Using the radiography, we analyzed the maturation facets, bone age, maturation stage and epiphysial plate of the femur and pulse.

Results: In the comparison between decimal age and bone age, there were significant differences ($Z = 2.854$; $p \leq 0.01$). For the entire sample, there were no significant differences between the practice groups with and without tatami. However, there is a strong positive correlation ($p = 0.788$; $p \leq 0.05$) with the practice time and there is a moderate positive correlation ($p = 0,429$; $p \leq 0.05$), with the epiphysial stage of the femur $R^2 = 0.1823$.

Conclusion: Most athletes are in the stage of maturation. Contrary to expected maturation parameters, there are no significant differences when Taekwondo practice is performed without tatami or when divided by male and female. It was verified that the greater the decimal age of the athlete the greater the epiphyseal stage of the femur, relating this variable to the floor it is concluded that there is a strong relation with the decimal age in the athletes who train in tatami. The time of practice, demonstrates that there is no early closure of the epiphyseal plates of the femur caused by the practice of Taekwondo.

Keywords: Taekwondo, Maturation, Epiphyseal Growth Plates, Radiography, Bone maturation, Adolescents.

2.3 Enquadramento

A Maturação refere-se ao processo de desenvolvimento até atingir o estágio final, ou seja, às alterações teciduais desde a fase embrionária ao estágio biológico maturo (Malina & Bouchard, 1991; Roche, 1986). Este processo individual segue um tempo específico e refere-se à taxa de maturação durante o desenvolvimento maturacional. No início da década de 1960 Tanner (1962) faz uma distinção clara entre os conceitos de idade cronológica e de idade maturacional e considera a idade cronológica (IC) um indicador fraco do estatuto maturacional de cada indivíduo, tendo em conta a diversidade morfológica individual. Tornava-se então necessário, de acordo com Tanner (1962), encontrar outro critério para definir a maturação fisiológica que fosse, simultaneamente, comum a todos os indivíduos e que acompanhasse a totalidade do período de crescimento.

Assim, duas crianças com a mesma estatura (122 cm), podem apresentar uma taxa diferente de maturação, enquanto a primeira alcançou 72% da estatura adulta, a segunda pode encontrar-se a 66% (Malina & Beunen, 1996).

Estando de acordo com a afirmação de Wilmore e Costill (2001), que a idade em que os ossos tendem a terminar o processo de maturação varia de indivíduo para indivíduo, mas tende a iniciar o seu término na fase da pré-adolescência e a terminar na segunda década de vida.

Ao diferenciarem o processo de maturação das restantes formas de medir o crescimento e o desenvolvimento, a equipa liderada por Tanner dá, em 1983, um passo fundamental na evolução do conceito de maturação. Retomando o conceito de estágio final, ou estágio biológico maturo, enunciado em 1971 por Malina, Tanner *et al.* (1983) afirmam que apesar de nem todos os indivíduos atingirem a mesma altura final ou o mesmo desenvolvimento, todos alcançam obrigatoriamente, o mesmo estágio final de maturação ou estágio final maturo.

Ao definir desenvolvimento como uma “progressão de alterações, qualitativas ou quantitativas, que conduzem o organismo de um estado indiferenciado e imaturo a um estado altamente organizado, especializado e maturo” (Bogin, 1999), assume-se a maturação como um processo intrínseco ao desenvolvimento. Mantendo as ideias de

funcionalidade e de progressão expressas, respetivamente, por Weiss e Parker (1939) acrescenta-se a noção de complexidade permitindo que esta definição se adeque ao desenvolvimento e maturação quer de órgãos (ex. rim), quer de sistemas (ex. sistema reprodutivo), quer ainda ao desenvolvimento global da pessoa.

Com esta perspetiva, Bogin (1999) avança a possibilidade de calcular a maturação através do estado das capacidades funcionais dando como exemplo a medida do desenvolvimento das habilidades motoras que, como sabemos, se encontram intimamente relacionadas com a maturação dos sistemas muscular e esquelético.

Concordando inteiramente com Malina *et al.* (2004), entendemos maturidade como um estado ao longo de um demorado processo de maturação que só termina com a obtenção do estado adulto em todos os tecidos, órgãos e sistemas ou do limite das capacidades funcionais de cada um. A distância entre os dois extremos deste processo apresenta-se-nos, assim, como um indicador importante que permite a obtenção de informações relativas ao percurso efetuado por cada indivíduo em direção ao seu estágio final, a comparação do estado das suas capacidades funcionais com parâmetros de referência e a obtenção de valores normativos de crescimento e desenvolvimento das crianças e adolescentes (Cameron, 2011), levam muitas vezes ao início da especialização.

No caso da modalidade de Taekwondo até aos 12 anos não existe competição formal, mas sim uma preparação para a competição que inicia aos 12 anos, com o escalão de cadetes, passando para o escalão de juniores 14-17 anos, o que situa a nossa amostra em fases importantes do processo de preparação e especialização para a competição, no caso dos atletas com maturação atrasada, caracterizada por menor, peso, massa muscular e altura, sendo estes indicadores, importantes para uma tomada de decisão do treinador e estruturas para a exclusão das competições com atletas de elite e avançados na maturação. Em sentido contrário encontramos a deteção e desenvolvimento de talentos identificados pelo seu desenvolvimento precoce e pelas suas habilidades técnicas acompanhadas sobretudo por uma constante mudança de crescimento físico, maturação biológica e desenvolvimento comportamental, esses processos ocorrem simultaneamente tendo em conta as exigências da modalidade (Malina *et al.*, 2015).

O estágio de maturidade, idade maturacional, idade biológica, ou nível de maturidade pode então ser definido a partir da: maturação sexual, maturação óssea, maturação dentária, maturação morfológica ou somática e da maturação hormonal ou bioquímica (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004; Vieira, Fragoso & Barrigas, 2006; Cameron, 2011). Embora utilizando referenciais e indicadores diversos conforme a metodologia, todos os métodos propostos recorrem ao aparecimento de marcadores ou indicadores biológicos vulgares (características sexuais, calcificação óssea, mineralização dentária, estatura alcançada, etc.).

Todas as crianças iniciam o processo de crescimento ósseo a partir de um esqueleto constituído por cartilagem e progridem no seu crescimento até apresentarem um esqueleto totalmente ossificado. No caso dos ossos tubulares (longos e curtos), a maturidade é atingida quando ocorre a fusão das epífises e das diáfises correspondentes; no caso dos ossos irregulares, a maturidade só é atingida quando os ossos alcançam a morfologia adulta (Beunen, Rogol, & Maline, 2006).

Embora se reconheça que idealmente se deveria avaliar a maturação óssea em várias partes do esqueleto por razões práticas e económicas esta maturação é avaliada a partir dos ossos da mão e punho (Greulich & Pyle, 1959; Tanner *et al.*, 2001; Cameron, 2011). Contudo, existem algumas metodologias que utilizam outros segmentos corporais como as vértebras cervicais, o joelho, a bacia e o pé (Beunen *et al.*, 2006).

2.3.1 Estágios de maturação

A avaliação da maturidade pode ser feita por médicos pediatras, antropólogos e profissionais interessados em estudar o crescimento ou o desenvolvimento humano. Uma análise rápida da literatura mostra que existe uma grande diversidade de metodologias para avaliar a maturidade. Estas, determinam o estágio alcançado num determinado momento, ou a maturidade, fazendo uso de um conjunto de indicadores maturacionais, ou seja, determinam o ritmo de desenvolvimento biológico e a relação deste acontecimento com a idade cronológica (Fragoso, I. Vieira, F. Ferreira, C. Barrigas, C. Oliveira, C. Silva, L. 2001).

O atlas de Greulich-Pyle serviu de base para esta classificação sendo o mais utilizado para este fim, permitindo a classificação dos estágios maturativo implicando sempre a

comparação entre a idade óssea (IO) e a idade cronológica, permitindo classificar o adolescente numa categoria maturativa. A idade óssea varia consideravelmente entre indivíduos para uma mesma idade cronológica.

Classificação dos estágios de maturação (Rêgo, 2011), considerando a idade óssea (IO):

- 1- Maturação Tardia (IO atrasada) $IO < 2$ ou mais anos que a IC
- 2- Maturação adequada (IO na média) $IO \pm 2$ anos IC
- 3- Maturação Precoce (IO avançada) $IO > 2$ ou mais anos que a IC (puberdade precoce)

Também Vidal Linhares, Matta, Perrou, Costa e Filho (2010) avaliaram a relação entre as características dermatoglífias e a maturação esquelética, através da idade óssea, em adolescentes do sexo masculino de 10 a 14 anos. Os adolescentes foram divididos em 3 grupos (adiantados, normais e atrasados) pela diferença entre a idade óssea e a idade cronológica.

Noção de normalidade Maturacional

A normalidade é um conceito que surge por conveniência prática, originária da necessidade de utilizar escalas normativas que permitam comparar as características de determinada criança com aquelas que são observadas num determinado escalão etário. A normalidade deve ser avaliada em termos da frequência de ocorrência de um determinado acontecimento na população de referência e não no sentido de montante ideal a atingir. Quando a distribuição dos valores de referência se faz simetricamente em torno da média, como acontece por exemplo para a maioria das medidas antropométricas, estamos em presença de distribuições do tipo Gaussiano ou normal. Neste tipo de distribuição podemos considerar como limites de normalidade o intervalo compreendido entre a média e mais ou menos um desvio padrão ($média \pm 1DP$) ou entre a média e mais ou menos dois desvios-padrão ($média \pm 2DP$), (Fragoso *et al.*, 2001; Cameron, 2011).

Os investigadores Cameron, (2011); Malina, Bouchard, e Bar-Or (2009) e Rêgo (2011) consideram que uma criança tem uma maturação normal quando a sua maturidade se encontra dentro dos valores da média mais ou menos um desvio padrão. Torna-se,

contudo, necessário perceber que qualquer alteração demográfica e populacional poderá comprometer os resultados das distribuições fixadas, levando-nos a constantes atualizações aos padrões estabelecidos.

2.3.2 Idade Óssea

A “idade óssea” é calculada através de exame radiográfico da mão e do punho não dominantes, que pode ser utilizado em ambos os sexos, para se avaliar o grau de maturidade dos ossos, sendo os métodos mais utilizados os criados por Greulich e Pyle (1959) e de Tanner e Withehouse (1975), conforme afirmaram Horter *et al.* (2012); Kim, Lee, Yu (2015) e Tuma *et al.* (2011).

A partir da idade óssea, pode-se ter uma melhor ideia do tempo que ainda resta para uma criança ou adolescente crescerem. A maturação esquelética pode ser diferente da idade cronológica, nem sempre representando um problema de saúde, a idade óssea é considerada atrasada quando há uma diferença de 1,5 a 2 anos em relação à idade cronológica. Na grande maioria das vezes, o adolescente atingirá o seu potencial de crescimento, pois há espaço entre as placas de crescimento. Caso a idade óssea esteja atrasada além de 2 anos em relação à idade cronológica, deve-se avaliar se há algum problema de saúde que esteja a interferir no crescimento e desenvolvimento da criança ou adolescente (Tanner, J. M., Healy, M. R. J., Goldstein, H., & Cameron, N. 2001).

O desenvolvimento ósseo da mão e do pulso permitem, por exame radiológico, determinar a maturação esquelética da criança. A interpretação do RX, o custo económico e a exposição às radiações constituem algumas limitações à utilização deste indicador, contudo, constitui o mais utilizado na investigação por permitir a sua determinação durante todas as fases de crescimento.

2.3.3 Fases de desenvolvimento/Crescimento

O crescimento e maturação são conceitos relacionados, porém, referem-se a atividades biológicas distintas. Crescimento diz respeito ao aumento das dimensões corporais, desde o nascimento ao estado adulto, assistindo-se a modificações celulares:

hiperplasia, aumento do número de células e duplicação do ADN; hipertrofia, aumento do tamanho das células; e aumento das substâncias dentro ou fora das células (Malina & Bouchard, 1991; Roche, 1986).

A adolescência é um período do crescimento em que ocorrem rápidas alterações físicas, psicológicas, cognitivas e socioculturais que, em termos de idade cronológica, oscila entre os 10 e os 22 anos nos rapazes e nas raparigas entre os 8 e os 19 anos (Malina & Bouchard, 1991).

Adolescência é também o período de transição entre a infância e a vida adulta, caracterizado pelos impulsos do desenvolvimento físico, mental, emocional, sexual e social e pelos esforços do indivíduo em alcançar os objetivos relacionados às expectativas culturais da sociedade em que vive. A adolescência inicia com as mudanças corporais da puberdade e termina quando o indivíduo consolida o seu crescimento e a sua personalidade (Tanner, 1962).

Contudo existem autores que dividem a adolescência em fases como é o caso de Johnson, Blum e Giedd (2009), que relata um evidente abismo de experiências que separa os adolescentes mais jovens dos mais velhos, dividindo em dois momentos distintos: fase inicial da adolescência (dos 10 aos 14 anos de idade) e fase final da adolescência (dos 15 aos 19 anos de idade) ou estágio biológico maturo.

Gabard (2004), refere também a divisão em duas fases: Final da infância 6-12 anos e Adolescência 12- 18 anos.

Tendo em conta a nossa faixa etária de estudo 10-15 anos na idade cronológica correspondendo a diferentes idades ósseas, optamos por basearmos em referências do período da adolescência sem divisões ou fases, como o caso de Gallahue (1982), (Malina & Bouchard, 1991) e a *Organização Mundial de Saúde (OMS)* que define adolescência como sendo o período da vida que começa aos 10 anos e termina aos 19 anos completos.

2.3.4 Placa Epifisária/cartilagem de crescimento

As Placas epifisárias são placas cartilaginosas, encontradas entre a diáfise e cada epífise até que o crescimento do esqueleto esteja completo. O crescimento em comprimento

dos ossos resulta do crescimento longitudinal das placas epifisárias. A isso segue-se a uma ossificação progressiva através do desenvolvimento endocondral até toda a cartilagem ser substituída por osso e todo o crescimento do esqueleto esteja completo. Esse processo de fusão epifisário dos ossos longos ocorre progressivamente da puberdade até a total maturação, em torno dos 25 anos de idade. Entretanto, o tempo que cada osso demora a completar o seu crescimento, varia de acordo com as diferentes regiões do corpo. Além disso o esqueleto feminino normalmente torna-se maduro mais cedo que o masculino (Bontrager & Lampignano, 2013).

Sendo que o osso é uma estrutura dinâmica e metabolicamente ativa que se modifica ao longo do processo de desenvolvimento do indivíduo, a força que caracteriza a estrutura óssea é conferida pela sua composição material e pela sua organização estrutural. Um osso deve ser rígido para ser capaz de resistir à deformação, tornando possível o suporte de carga e, simultaneamente, flexível para poder absorver energia por deformação, encurtamento ou extensão e assim resistir à fratura sempre que é sujeito a tensão excessiva (Moore, L., Dalley, F., & Agur, M. 2013), os ossos são também diferentes nas crianças em relação aos adultos e estas diferenças contribuem para as manifestações de lesão específicas por idade.

Lesões nas placas de crescimento ou epifisárias são um fenómeno exclusivamente pediátrico, com proporcionalmente mais cartilagem e ossos colagénio do que os adultos, o esqueleto pediátrico é relativamente mais fraco, mas tem uma maior elasticidade, o que leva a uma maior probabilidade de fratura, mas uma diminuição da probabilidade da sua propagação (Little, Klionsky, Chaturvedi, Soral, & Chaturvedi, 2014).

Resumidamente, e como referido por Ogden (2000), na zona de "crescimento", as células geminais são ligadas à epífise para obterem o seu fornecimento vascular da artéria epifisária e o seu crescimento longitudinal sendo realizado pela proliferação destas células.

A zona de crescimento é a área onde poderão ocorrer maiores danos nas células, nesta zona podem haver consequências a longo prazo para os padrões de crescimento normais, que acontecem principalmente em crianças com o esqueleto imaturo, ou seja, com a placa de crescimento ainda aberta, podendo interferir no crescimento ósseo,

resultando em complicações como a paragem do crescimento, encurtamento dos membros ou deformidades angulares. Condições traumáticas são a causa mais comum das lesões da placa de crescimento. A avaliação cuidadosa destas crianças pelos métodos de diagnóstico por imagem atualmente disponíveis, sobretudo a radiografia, e a ressonância magnética, permitem o reconhecimento precoce do comprometimento das estruturas relacionadas ao crescimento ósseo, além de tratamento adequado, diminuindo a possibilidade do desenvolvimento de tais complicações (Yanaguizawa, M., Taberner, S., Aihara, Y., Yamaguchi, K., Guimarães, C., Rosenfeld, A. & Fernandes, C., 2008).

Casos específicos, mostram uma radiografia simples do joelho, com a incidência ântero-posterior exibindo o estágio 0 da placa epifisária confirmando a não união óssea com a presença das placas terminais completas (O'Connor, Bogue, Spence, & Last, 2008).



Figura 1. Placa epifisária distal do fêmur

Através da Tabela 2, conseguimos prever aproximadamente as idades em que a placa epifisária distal do fêmur termina o seu encerramento, dando-se a ossificação completa.

Tabela 2. Intervalos etários da união epifisária distal do fêmur no género masculino e feminino, adaptado de Silva (2015)

Osso	Epífise	Intervalo etário da união epifisária (anos de vida)	
		Género Masculino	Género feminino
Fémur	Distal	17-20	15-19

De acordo com a maturidade do esqueleto do paciente, é classificada como forma juvenil ou como forma adulta. A primeira ocorre em crianças ou adolescentes que possuem ainda as placas de crescimento ósseas abertas, enquanto a segunda acontece

em adolescentes mais velhos e adultos jovens em que as placas de crescimento ósseas já se encontram fechadas (Pereira, 2014).

Caine (2006), da Silva Filho *et al.* (2015), Siebenrock, Behning, Mamisch e Schwab (2013), Velloso, Muniz e Barbosa (2008) nos seus estudos, indicam que em idades de adolescência o desporto poderá ser causador de lesões ou mesmo comprometer a longo prazo a altura final, o que vai ao encontro de estudos mais antigos como o caso de Bailey, Wedge e McCulloch (1989), que relataram a incidência de lesões epifisárias em humanos e indicam um aumento da ocorrência de fraturas durante a puberdade, 12-16 com uma taxa de fratura maior no momento de maior crescimento (velocidade de pico).

Tem sido proposto que o surto de crescimento pode também aumentar a suscetibilidade a lesões da placa de crescimento, causando um aumento na tensão do músculo-tendão sobre as articulações e uma perda concomitante de flexibilidade. No entanto, este conceito de crescimento longitudinal ocorre inicialmente nas extremidades dos ossos longos, as lesões epifisárias são lesões relacionadas com o desporto e comuns em crianças e adolescentes.

A radiografia é o instrumento mais eficaz para a deteção destas lesões em último caso utiliza-se a ressonância magnética como complemento útil à radiografia em casos de lesões ocultas porque a lesão do epifisária do fémur distal leva a perturbação do crescimento da epífise ou potencial encurtamento do membro em 14-38% e deformidade angular em 24-51% dos casos (Moura, 2012).

O'Connor, Bogue, Spence e Last (2008) foi o primeiro a apresentar uma técnica radiográfica, que subdivide o processo da união epifisária em cinco estágios de encerramento. A presença de mais três estágios entre os estágios incompletos e completos fornece mais rigor na definição da faixa etária para o processo de fusão epifisária da zona distal do fémur.

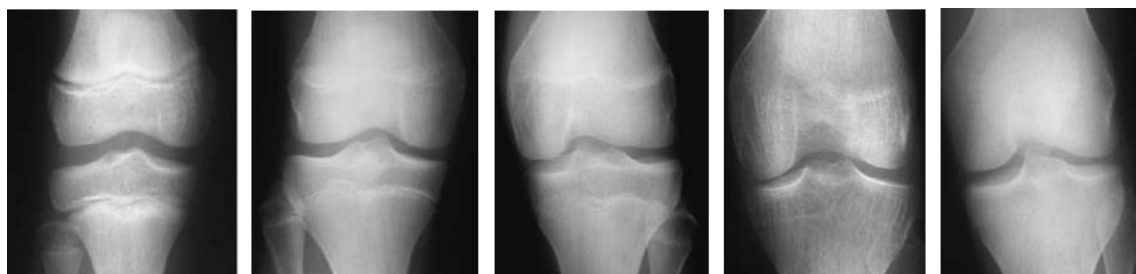


Figura 2. Sequência dos estágios epifisários distais do fémur, segundo O'Connor *et al.* (2008).

A atividade física e os desportos em geral interferem no desenvolvimento através de fatores endógenos e exógenos. O processo de crescimento ósseo longitudinal é orientado por uma rede de sinais endócrinos com a atuação de várias hormonas que atuam de forma local no crescimento da placa epifisária, evidenciando que a interação entre a circulação sistémica das hormonas e a produção peptídica dos fatores de crescimento desencadeiam alterações nos condrócitos da placa de crescimento (Mirtz, 2011). Em relação aos fatores exógenos (ambientais), destaca-se a atividade física, uma vez que a contração muscular promove um aumento da atividade osteoblástica na região óssea próxima dos locais onde os músculos se inserem, levando ao aumento da mineralização óssea, enquanto que a ausência de contração muscular, como nas situações de imobilização, paraplegia, fraturas e outras, levam a uma ausência de crescimento e desenvolvimento (Alves & Lima, 2008).

2.4 Problemática

Na realidade da modalidade Taekwondo por todo o mundo, verifica-se que os treinos de Taekwondo são executados descalços, mas nem todos em tatami, no entanto todas as competições oficiais são obrigatoriamente realizadas em tatami EVA, com o objetivo de preservar a integridade física do atleta e diminuir a possibilidade de lesões (Saray G. dos Santos, Melo, Heidrich, Moro, & Reis, 2007; Saray Giovana dos Santos, 2003), paralelamente verificou-se que o tatami também é associado a algumas lesões, provavelmente em função de seu alto coeficiente de atrito (Santos Cavaleiro & Toigo, 2009), com maior incidência nos membros inferiores, joelho, seguido do tornozelo e do pé (Mata & Vences Brito, 2014), esta incidência juntamente com uma prática desajustada do desporto segundo Caine (2006); da Silva Filho *et al.* (2015); Siebenrock *et al.* (2013); Velloso *et al.* (2008), em idades de adolescência poderá ser também causador de lesões ou mesmo comprometer a longo prazo a altura final, o que vai ao encontro de estudos mais antigos como o caso de Bailey, Wedge e McCulloch (1989), que relataram a incidência de lesões epifisárias em humanos e indicam um aumento da ocorrência de fraturas durante a puberdade, 12-16 com uma taxa de fratura maior no momento da velocidade de pico.

Siebenrock *et al.* (2013) sugerem que uma anormalidade na maturação de alguns atletas seja uma consequência da alteração da placa epifisária, não existindo uma boa formação óssea reativa. A atividade desportiva de alto nível durante o crescimento pode ser um novo e distinto fator de risco para uma deformidade óssea, ou por outro lado e segundo Nasri *et al.* (2015) o desporto moderado e as artes marciais em particular beneficiam as crianças e adolescentes no sentido de maximizar a sua constituição óssea.

2.5 Questões Experimentais

Assim, considera-se pertinente a abordagem do referido tema, proponho como Questões experimentais:

- 1) Existem diferenças entre a média de idade e os estágios da placa epifisária distal do fémur entre masculinos e femininos?
- 2) Existe alguma propensão para que os atletas de Taekwondo apresentem uma maturação diferente da normal?
- 3) Existe relação entre as idades e os estágios epifisários entre os atletas que realizam a sua prática de Taekwondo com e sem tatami.
- 4) Como é caracterizada a placa epifisária dos atletas de Taekwondo?
- 5) Existe relação entre o tempo de prática de Taekwondo e o estágio da placa epifisária?
- 6) Existe relação entre a idade cronológica (anos) e os estágios da união epifisária?
- 7) Existem diferenças entre a idade cronológica e a idade óssea nos atletas adolescente de Taekwondo.

2.6 Objetivos

No âmbito desta problemática, são propostos os seguintes objetivos para a elaboração deste estudo:

1. Verificar qual a relação que existe entre as variáveis de maturação e a prática do Taekwondo;

2. Verificar se a prática do Taekwondo com e sem tatami surge como fator inibitório ou potencializador da maturação;
3. Verificar se o sexo e a prática do Taekwondo influenciam os parâmetros de maturação.

2.7 Hipóteses

H1 – A idade decimal apresenta diferenças quando comparada com a idade óssea que reflete a maturidade física e é considerada representativa da idade biológica ou do grau de desenvolvimento, considerando-se normal uma idade óssea não superior nem inferior a 2 anos relativamente a idade cronológica (Rêgo, 2011).

H2 – Os parâmetros de maturação apresentaram diferenças significativas entre os atletas que treinam com e sem tatami e por sexo masculino e feminino, concordando com Melo *et al.* (2004) o treino no tatami tem o intuito de não gerar prejuízos à estrutura corporal melhorando o desempenho e assegurando a saúde do atleta, no entanto os autores, Santos Cavaleiro e Toigo (2009) afirmam que o tatami é associado a algumas lesões, provavelmente em função de seu alto coeficiente de atrito, com maior incidência nos membros inferiores, joelho.

H3 – Verificamos existir diferenças significativas entre sexo e entre pisos para a idade decimal e os estágios da placa epifisária distal do fêmur e pulso (O'Connor *et al.*, 2008).

H4 – Através das idades dos atletas de Taekwondo, verifica-se uma correlação positiva entre a idade decimal e os estágios da união da placa epifisária distal do fêmur e pulso (O'Connor *et al.*, 2008) Verificamos também uma maior relação do treino de Taekwondo sem tatami com o estágio da placa epifisária do fêmur e pulso à medida que a idade cronológica aumenta.

H5 – Os parâmetros da placa epifisária apresentam associação significativa com os anos de prática de Taekwondo, os resultado sugerem uma anormalidade ou alteração da placa de epifisária, causada pela atividade desportiva vigorosa, sistemática e repetitiva (Siebenrock, Behning, Mamisch, & Schwab, 2013).

2.8 Metodologia

2.8.1 Caracterização da Amostra

Para o presente estudo, recolhemos uma amostra de 54 atletas de Taekwondo adolescentes masculinos e femininos com idades compreendidas entre os 10 e os 15 anos ($12,37 \pm 1,77$ anos), sendo o critério de inclusão, uma prática mínima de 3 anos, continua e sucessiva com no mínimo de 3 horas de treino semanal na modalidade e com ausência de mais prática organizada e sem alteração destas condições nos últimos 3 anos.

A nossa amostra foi dividida por sexo e piso (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização da amostra por grupos de prática e por sexo.

	<i>N</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Peso (Kg)</i>	<i>Prática (anos)</i>	<i>Treino (horas)</i>
<i>Masculinos</i>	38	$1,56 \pm 0,13$	$52,79 \pm 15,17$	$4,24 \pm 1,85$	$4 \pm 0,92$
<i>Femininos</i>	16	$1,53 \pm 0,06$	$47,78 \pm 7,79$	$3,75 \pm 1,23$	$3,93 \pm 0,85$
<i>Com Tatami</i>	27	$1,55 \pm 0,11$	$50,88 \pm 14,58$	$4,15 \pm 1,81$	$4,07 \pm 0,98$
<i>Sem Tatami</i>	27	$1,56 \pm 0,12$	$51,73 \pm 12,66$	$4,04 \pm 1,60$	$3,88 \pm 0,81$
<i>Total</i>	54	$1,55 \pm 0,11$	$51,30 \pm 13,54$	$4,09 \pm 1,69$	$3,98 \pm 0,90$

Nota: Média e desvio padrão para as variáveis altura (M), peso (kg), anos de prática (anos) e horas de treino semanal (horas).

Através dos valores médios e desvio-padrão (Tabela 3), verifica-se que não existem diferenças significativas nas idades entre o sexo masculino e feminino, salientando o valor médio de 12 anos para os rapazes e 13 anos para as raparigas, com um intervalo de idades entre os 10 e os 15 anos. A amostra apresenta uma altura situada entre 1,53m e 1,56m e com uma massa corporal entre os 50kg e 51kg, com o sexo feminino a apresentar um valor médio mais baixo (47kg) que o sexo masculino (52kg). Relativamente às horas de treino, os valores médios são de 4 horas, sendo superior ao número de horas de treino solicitadas no critério de inclusão (3 horas). A amostra apresenta uma média de 4 anos de prática desportiva.

2.8.2 Método de avaliação

Idade decimal

A idade decimal foi calculada segundo Healy *et al.* (1981)

Exemplo: Data de nascimento 21.03.1982 = 1982.216

Data da observação 05.11.2016 = 2016.844

Em que 216 e 844 representam a milionésima parte do ano a que correspondem os dias 21 março e 5 Novembro.

Assim a idade decimal é = $1982.216 - 2016.844 = 34.628$ anos

Estágio de maturação

Após o calculo da idade óssea através do método de radiografia à mão e pulso a partir da metodologia de Greulich & Pyle (1959); será posteriormente comparada a idade óssea com a idade cronológica tendo em conta os estágios referidos por Rêgo (2011).

Idade óssea

A maturidade óssea é expressa através de uma idade esquelética por comparação dos ossos da mão e punho da criança com as figuras padronizadas do atlas Greulich & Pyle (1959).

Na avaliação de uma radiografia Greulich e Pyle sugerem que se comece por procurar no atlas a figura mais aproximada, tendo em conta o sexo e a idade cronológica da criança. Posteriormente sugerem que se verifique qual das três figuras adjacentes (mais velha e mais nova) se assemelha mais à radiografia que está a ser avaliada. O padrão de desenvolvimento para a idade, a ausência ou presença de alguns centros de ossificação carpais ou epifisários assim como a forma de determinados ossos são alguns parâmetros que ajudam a descobrir a idade óssea da criança. A relativa simplicidade e rapidez com que a idade óssea é obtida tornaram este método no mais utilizado padrão de referência da idade óssea em todo o mundo. Entretanto, existem variações na forma de aplicação deste método. Algumas vezes é utilizada a idade da figura que mais se assemelha com a radiografia da criança e outras vezes os ossos são analisados separadamente e registada a idade da figura que melhor representa cada osso. Neste caso a idade óssea das crianças é calculada a partir da idade óssea média das figuras escolhidas.

2.8.3 Instrumentos

Para este estudo utilizamos os seguintes instrumentos:

- 1) Questionário de saúde e anamnese desportiva construída especificamente para este estudo;
- 2) Aparelho de Radiografia: Shimadzu Radspeed-M (hospital distrital de santarém);
- 3) Para medições antropométricas (altura e peso) utilizamos uma plataforma de forças Bioplux e um atropómetro.

2.8.4 Procedimentos

Cuidados éticos e consentimento informado

Por se tratar de um estudo que envolveu praticantes menores de idade, foram considerados os seguintes passos.

Num primeiro momento estabeleceu-se o contato com os clubes/diretores técnicos/treinadores com o intuito de expor os objetivos e procedimentos que seriam adotados no presente estudo e por forma a garantir a sua colaboração voluntária (Anexos 2). Posteriormente foi entregue uma autorização aos praticantes para a obtenção do consentimento dos encarregados de educação para a participação na presente investigação (Anexos 1). Mesmo após a aprovação do treinador e do consentimento dos encarregados de educação, qualquer participante podia recusar submeter-se à participação das tarefas propostas. Todos os intervenientes no estudo, estiveram cientes que a qualquer momento e sem constrangimento podiam abandonar o estudo.

Em todo o processo foram tomadas todas as precauções com o intuito de garantir a máxima privacidade, os resultados obtidos foram tratados e apresentados mantendo o anonimato dos atletas envolvidos.

Foi construído um questionário de forma a aferir o historial de saúde e de atividade física de cada atleta, assim como o específico da modalidade. Após informação aos respetivos clubes e encarregados de educação sobre o objetivo da investigação e obtidas as autorizações para a realização da mesma, o questionário foi explicado, entregue e recolhido por nós, em cada local de treino.

Recolhas antropométricas

Após o preenchimento do questionário cada sujeito realizou duas medições, a altura, (distância, em m, entre o solo e o ponto anatômico mais elevado - *vértex*) medida com os sujeitos descalços. O peso foi determinado na de plataforma de forças.

Recolhas radiológicas

Protocolamos com o Hospital Distrital de Santarém para a realização de recolhas radiológicas ao punho e aos dois joelhos de cada atleta (Anexos 4).

As Idades ósseas foram relatadas pela equipa médica liderada pela Dr^a Isabel Sapeira diretora da imagiologia.

Os estágios da placa epifisária foram relatados pelo médico ortopedista Dr. Carlos Dias, através da visualização das radiográficas, seguindo os protocolos para o efeito.

2.8.5 Protocolo

Idade óssea

A Idade óssea, foi determinada pela equipa da imagiologia do Hospital Distrital de Santarém, através do protocolo de Greulich & Pyle (1959).

Estágios de maturação

Após o calculo da idade óssea efetuado por radiografia à mão e pulso a partir da metodologia acima referida, obtivemos o indicador dos estágios de maturidade através do recurso à diferença entre a idade cronológica e a idade óssea (Rêgo, 2011).

Estágios da placa epifisária

Para o relato da placa epifisária distal do fémur, foi utilizando o protocolo de O'Connor *et al.* (2008), relatado pelo médico ortopedista Dr. Carlos Dias, com a descrição dos seguintes estágios.

0 - Não união

1 - Início da união

2 - União ativa

3 - União recente

4 - União completa

2.8.6 Tratamento Estatístico

A análise estatística dos dados será realizada através do software específico IBM SPSS, statistics versão 23 para o Windows. Os procedimentos estatísticos, do presente estudo, consistiram numa análise descritiva, utilizando a média, moda, mínimos, máximos e desvio padrão, a fim de caracterizarmos a amostra relativamente às variáveis de estudo.

Relativamente à análise inferencial entre diferentes hipóteses, utilizámos os seguintes procedimentos/técnicas estatísticas:

O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para testar a normalidade da distribuição, não sendo assumida em todos os casos.

Para as hipóteses 1 e 2, foi utilizado o teste não paramétrico aplicado para duas amostras independentes, ou seja, o teste de *U-Mann-Whitney*.

Para as hipóteses 3 e 4, efetuou-se o teste de correlação de *p Spearman*, esta técnica estatística utiliza-se para relacionar dois conjuntos de dados, visando determinar o seu grau de correlação.

Para hipótese 5, foi utilizado o teste de *Wilcoxon*, um método não-paramétrico para comparação de duas amostras emparelhadas.

O nível de significância para a estatística inferencial é de 95%, tal como vem sendo habitual nos estudos realizados no âmbito das ciências do desporto, foi utilizado um grau de probabilidade de erro (p-value) <0,05, que permitirá testar a significância dos valores relativos às técnicas estatísticas utilizadas.

2.9 Resultados

Abaixo, apresenta-se a estatística descritiva da idade decimal e da idade óssea (Tabela 4) para o sexo masculino e feminino.

Tabela 4. Tabela descritiva da idade decimal e idade óssea por sexo.

	MASCULINOS				FEMININOS				<i>p</i>
	Média	DP	Mín	Máx	Média	DP	Mín	Máx	
IDADE DECIMAL	12,78	1,84	10,26	15,9	13,03	1,47	10,18	15,67	n.s.
IDADE ÓSSEA	13,34	1,77	9	17	13,31	1,92	10	17	n.s.

Nota: A estatística descritiva realizada através da média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín) e máximo (Máx). Não significativo (n.s.). Nível de significância (*p*).

Entre o sexo feminino e masculino, não se verificaram diferenças significativas tanto na idade óssea como na idade decimal.

Para o conjunto da amostra, a idade óssea apresenta significativamente mais 0,58 anos do que a idade decimal ($Z = 2,854$; $p \leq 0,01$), no entanto essas diferenças não se verificam entre sexos.

Na Figura 3 e na Figura 4 estão apresentadas as frequências dos participantes em cada estágio de maturação, divididos por sexo, prática e piso.

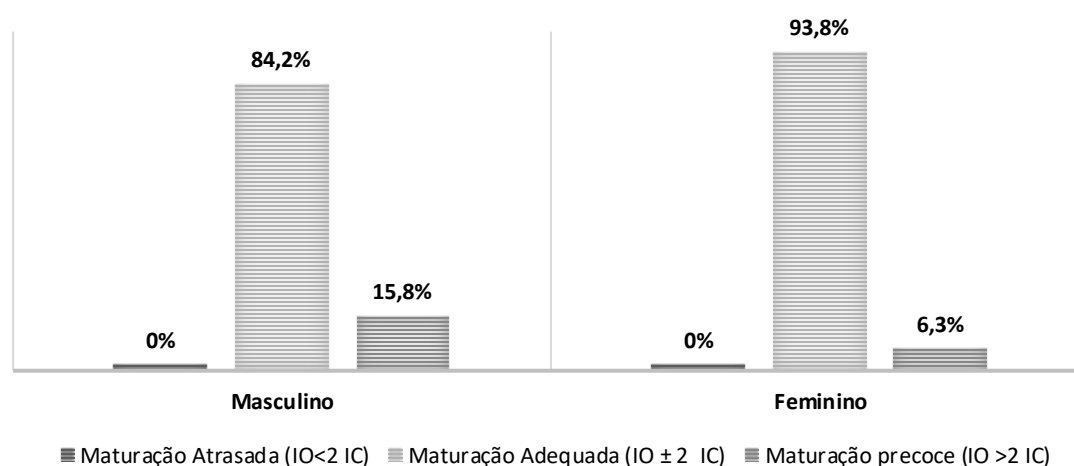


Figura 3. Frequência dos estágios de maturação dos participantes por sexo.

Tendo em conta os estágios de maturação, não se registaram atletas com maturação atrasada em ambos os sexos, situando-se na maturação adequada 84,2% e 93,8%

respetivamente para rapazes e raparigas. No que diz respeito à maturação precoce o sexo masculino apresenta 15,8% das frequências e o sexo feminino com 6,3%.

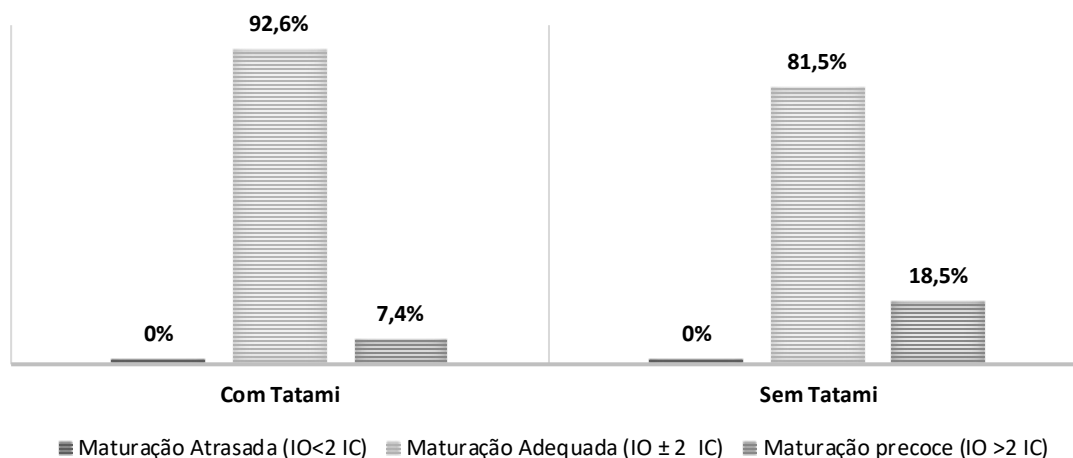


Figura 4. Frequência dos estágios de maturação dos participantes por piso.

Analisando os estágios de maturação no grupo de prática com e sem tatami, as percentagens revelam que o estágio de maturação mais frequente é a maturação adequada com maior percentagem para os atletas que treinam com tatami 92,6% e 81,5% para os atletas que efetuam a prática do Taekwondo sem tatami, com menor frequência aparece a maturação precoce 7,4% para o grupo com tatami, sendo que o grupo sem tatami regista maior número de atletas com maturação precoce 18,5%.

Na Figura 5 e na Figura 6, estão representados os estágios epifisários do fémur e pulso. Estágio (0) - não união; (1) – início da união; (2) – união ativa; (3) – união recente; (4) – união completa), tendo em conta o sexo e o piso durante a prática de Taekwondo.

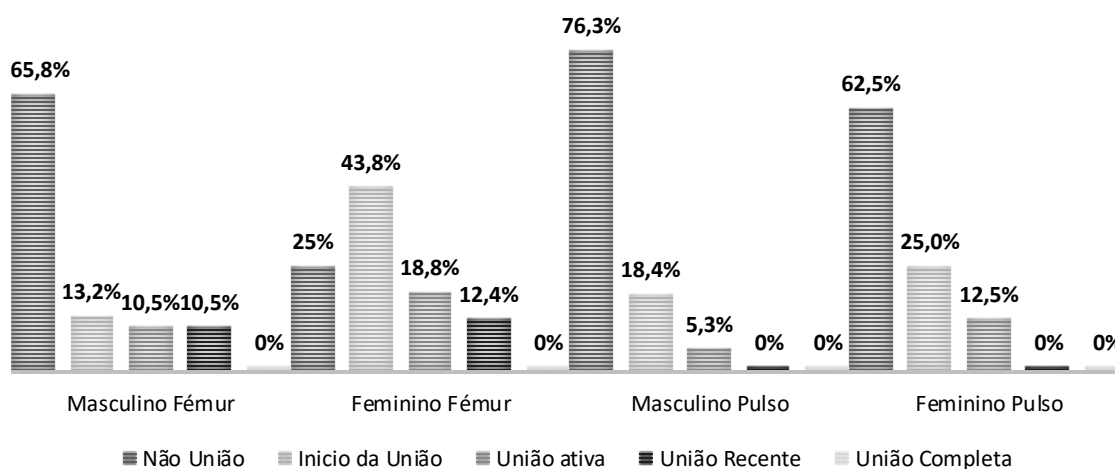


Figura 5. Tabela de frequências dos estágios epifisários do fémur e pulso por sexo.

Considerando as frequências da variável estágio epifisário do fêmur e pulso em relação ao sexo, verifica-se que o estágio de não união epifisária tem maiores frequências, com excessão da placa epifisária do fêmur no sexo feminino que obteve maior frequência no estágio de inicio da união. Regista-se uma ausência de atletas no estágio epifisário do fêmur e pulso da união completa em ambos os sexos e ausência também no estágio união recente do pulso. O sexo feminino apresenta as maiores frequências nos estágios epifisários do fêmur com 43,8% em início da união, 18,8% união ativa e 12,4% na união recente em relação ao fêmur do sexo feminino. Essa tendencia é verificada também no pulso.

Não se verificaram diferenças significativas para estágio epifisário do fêmur ($U=197.500$; $p=0,27$) entre o sexo masculino e feminino.

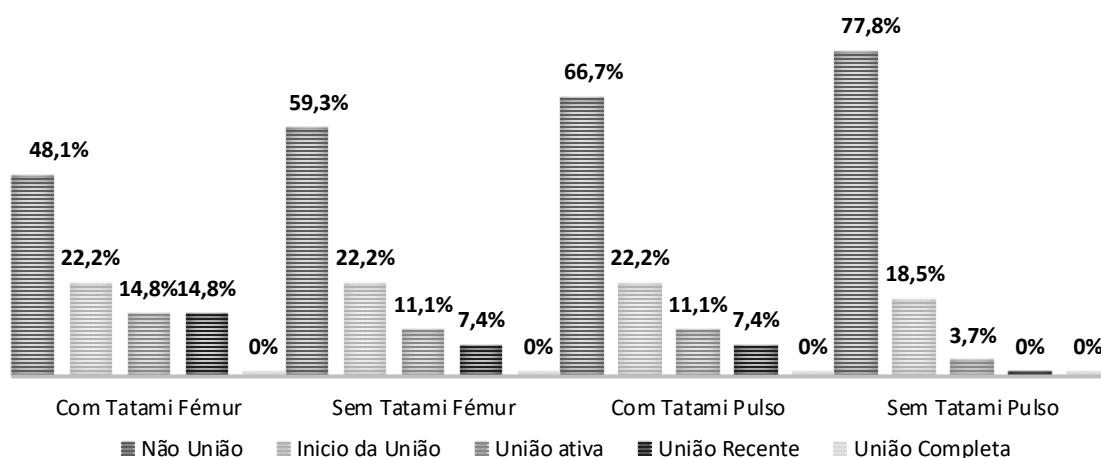


Figura 6. Tabela de frequências dos estágios epifisários do fêmur e pulso por piso.

Considerando as frequências dos estágios epifisários do fêmur e pulso por piso, identifica-se uma diminuição das frequências do primeiro estágio para o último, sendo de 0% no último estágio (união completa). Os atletas com prática em tatami, registam maior frequencia nos estágios 2 e 3 do fêmur do que os atletas que efetuam a sua prática sem tatami. No estágio 1 (início da união) existe uma igualdade com 22,2% e no estágio 0, não união a maior percentagem está nos atletas que treinam sem tatami. Analisando os estágios epifisários do pulso verifica-se o mesmo comportamento dos resultados, os atletas que realizam a prática do Taekwondo em tatami obtêm menor frequencia de atletas no estágio de não união epifisária e maiores frequências nos estágios de início

da união, união ativa e união recente relativamente aos atletas que treinam sem tatami, os mesmo não registam atletas nos estágios união recente e união completa.

Para as variáveis de maturação, considerando o piso de treino dos atletas, não existem diferenças significativas relativamente à idade óssea ($u=291,000$; $p=0,194$), estágio epifisário do fémur ($u=313,000$; $p=0,328$), estágio epifisário do pulso ($u=318,000$; $p=0,310$) e o estágio de maturação ($u=324,000$; $p=0,229$).

Na Tabela 5, estão apresentados os níveis de associação entre a idade decimal, a idade óssea, e o estágio epifisário do fémur e do pulso.

Tabela 5. Correlação de *Spearman* entre a idade decimal, idade óssea, estágio epifisário do fémur e do pulso, por piso.

	PISO	Idade Decimal		R ²
		ρ	Sig.	
Idade óssea	Com Tatami	0,829	$\leq 0,001$	0,69
	Sem tatami	0,844	$\leq 0,001$	0,71
Estágio epifisário fémur	Com Tatami	0,878	$\leq 0,001$	0,77
	Sem tatami	0,691	$\leq 0,001$	0,47
Estágio epifisário pulso	Com Tatami	0,802	$\leq 0,001$	0,64
	Sem tatami	0,625	$\leq 0,001$	0,39

Para a totalidade da amostra, não se verificam diferenças significativas entre os grupos de prática com e sem tatami. No entanto, existe uma correlação positiva forte ($\rho=0,788$; $\rho \leq 0,05$), entre a idade decimal e o estágio epifisário do fémur, sendo que, quanto maior a idade decimal, maior é o estágio epifisário do fémur.

Considerando a prática de Taekwondo em tatami, verifica-se que os indicadores de maturação estudados, apresentam uma correlação forte com a idade decimal. Para a prática de Taekwondo sem tatami, apenas a idade óssea tem uma correlação positiva forte com a idade decimal, enquanto o estágio epifisário do fémur e do pulso apresentam uma correlação positiva moderada.

Averiguando o nível de associação entre os anos de prática e o estágio epifisário do fêmur, verifica-se existir uma correlação positiva moderada ($\rho=0,429$; $\rho\leq 0,05$), conforme é visível na Figura 7.

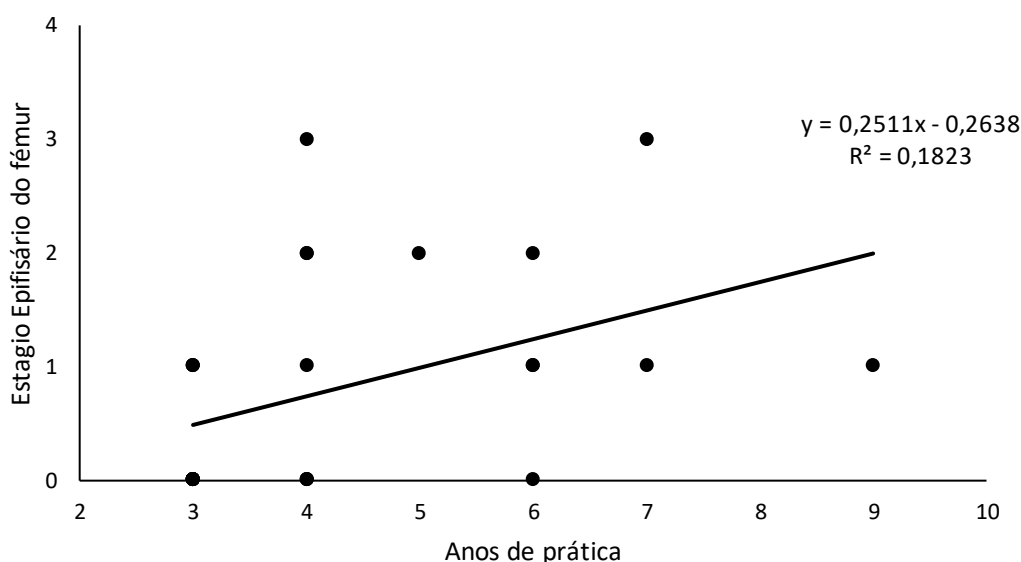


Figura 7. Correlação e linha de tendência entre os anos de prática de Taekwondo e o estágio epifisário do fêmur.

2.10 Discussão

Este estudo, tendo como principais objetivos verificar qual a relação que existe entre as variáveis de maturação, idade óssea, estágio de maturação, e estágio das placas epifisárias do fêmur e estágio epifisário do pulso e a prática do Taekwondo com e sem tatami surgindo como fator inibitório ou potencializador da maturação.

Verificar se o sexo e a prática do Taekwondo influenciam os parâmetros de maturação.

Este estudo considerou a idade decimal dos atletas adolescentes, de forma a obter a idade exata no momento das recolhas (Healy *et al.*, 1981) e procedeu-se à análise da idade óssea. A nossa amostra é composta por atletas adolescentes com idade entre 10 e 15 anos, as quais passam por mudanças físicas e funcionais comuns, todavia, ocorrem em ritmos diferentes, para uma mesma idade cronológica (Malina, R.M. 2004). O estágio alcançado no momento das recolhas, através de indicadores ósseos, determinam o

ritmo de desenvolvimento biológico e a relação deste acontecimento com a idade cronológica (Fragoso, I. Vieira, F. Ferreira, C. Barrigas, C. Oliveira, C. Silva, L. 2001). Estas variáveis não mostram diferenças significativas, considerando a prática com tatami e sem tatami e o sexo feminino e masculino. Para o conjunto da amostra, a comparação entre a idade decimal e a idade óssea mostrou existir diferenças significativas, indicando idades ósseas maiores, 0,58 anos, do que as idades decimais. No entanto, os atletas são classificados numa maturação adequada segundo os autores Cameron (2011), Malina *et al.* (2009) e Rêgo (2011). Com base nestes resultados a hipótese 1 é aceite, a idade decimal apresenta diferenças quando comparada com a idade óssea o que coloca os atletas fora do estágio de maturação atrasada.

Através das frequências de atletas em cada estágio de maturação e tendo em conta o sexo, verifica-se que 15,8% dos atletas masculinos e 6,3% das atletas femininas, apresentam uma maturação precoce. Os restantes atletas situam-se no estágio de maturação adequada com respetivamente 84,2% e 93,8%, para rapazes e raparigas, não havendo registos de maturação atrasada. Estes resultados indicam que a prática da modalidade de Taekwondo pode ser aconselhada, enquanto atividade física e arte marcial para o período da adolescência, indo ao encontro de Malina e Bouchard (1991), os quais afirmam que a atividade física é vista como uma influência favorável no crescimento e maturação, considerando a idade, o género, a infância e a adolescência. Considerando ainda os estágios de maturação, dividindo o total da amostra pela prática com tatami e sem tatami, não se verificaram diferenças significativas, pressupondo que o treino efetuado com tatami e sem tatami não altera a maturação dos atletas. Facto comprovado pela ausência de atletas no estágio de maturação atrasada, com 92,6% dos atletas que treinam em tatami no estágio de maturação adequada e 81,5% dos atletas que treinam sem tatami também neste estágio de maturação. Podemos considerar que a prática do Taekwondo nestas condições e para esta faixa etária leva a uma maturação adequada e que a sua prática em tatami, será um bom indicador para um normal desenvolvimento e crescimento ósseo. No entanto, é de salientar que 18,5% dos atletas que efetuam a sua prática sem tatami estão no estágio de maturação precoce, enquanto apenas 7,4% dos atletas que treinam em tatami estão neste estágio de maturação. Embora não seja comprovado neste estudo, esta diferença pode estar relacionada com

o efeito da carga mecânica no desenvolvimento ósseo do atleta, cujo pensamento está em linha com Larsen *et al.* (2016), Silva, Teixeira e Goldberg (2003) e Yung (2005), os quais reforçam a importância do treino regular como benéfico para acumular o pico da massa óssea e otimizar a estrutura óssea e o desenvolvimento maturacional.

Tendo em conta que para o conjunto da amostra, a maioria dos atletas estão no estágio de maturação adequada (Cameron, 2011; Malina *et al.*, 2009; Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva, & Figueiredo, 2015; Rêgo, 2011), por se encontrarem dentro dos valores da média mais ou menos um desvio-padrão e sem haver nenhum atleta no estágio de maturação atrasada, podemos afirmar que estamos perante um cenário onde os atletas adolescentes de Taekwondo maturam de forma saudável e normal. Esta afirmação vai ao encontro do encontrado no estudo de Nasri *et al.* (2015), os quais concluem que o desporto moderado e as artes marciais em particular, beneficiam as crianças e adolescentes no sentido de maximizar a sua constituição óssea. No mesmo sentido estão Ferreira, Mateus, Mateus e Costa (2015) que realçam a importância do estímulo através da prática física e desportiva, uma vez que existe uma relação positiva com o desenvolvimento e crescimento ósseo. Por outro lado e considerando os atletas em maturação precoce e as suas características físicas e morfológicas, que tendem a ser mais altas, mais pesadas e mais fortes, comparativamente com crianças com a mesma idade cronológica (Fragoso, 2012), vamos encontrar em situações de confronto direto aquilo que poderá ser uma vantagem em situações de treino e de competição de combate. Essa vantagem pode ser encontrada em competição, pois considerando o mesmo escalão etário, as categorias de peso têm diferenças de 4 a 5 kg, as quais poderão corresponder às diferenças entre atletas no estágio de maturação precoce e os atletas no estágio de maturação adequada. É de salientar que no nosso estudo não só não se verificaram diferenças de peso entre escalões de maturação ($U=161,000$; $p=0,928$), como estes são inversos, com os atletas em estágio de maturação adequada a terem em média mais 3 Kg que os atletas em maturação precoce. Com base nestes resultados a hipótese 2 é rejeitada não havendo diferenças significativas entre as variáveis.

As placas epifisárias são responsáveis pelo crescimento longitudinal do osso (Little *et al.*, 2014). Este estudo analisou em que estágios das placas epifisárias do fémur e do pulso estão os atletas femininos e masculinos da nossa amostra, verificando se existem

diferenças significativas nos estágios epifisários do fêmur entre sexos. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas ($U=197.500$; $p=0,27$), no entanto o estágio de não união epifisária tem maiores frequências, com excessão da placa epifisária do fêmur para o sexo feminino que obteve maior frequência no estágio de início da união com 43,8%, este acontecimento está de acordo com Bontrager e Lampignano (2013), indicando que o esqueleto feminino normalmente torna-se maduro mais cedo que o masculino e que o tempo para cada osso completar o seu crescimento, varia de acordo com as diferentes regiões do corpo, demonstrado através das frequências do estágio 0 (não união) no pulso com 76,3% e 62,5% respectivamente para o sexo masculino e feminino. Estas frequências são superiores às encontradas nos estágios epifisários do fêmur, o que torna visível que no pulso existe um ritmo mais lento de maturação. Com base nestes resultados a hipótese 3 do nosso estudo é rejeitada.

Analisando o conjunto das placas epifisárias do fêmur e pulso, salientamos a ausência de atletas no estágio epifisário de união completa, em ambos os sexos e ausência de atletas no estágio de união recente do pulso. Estes indicadores são importantes pois as placas epifisárias do fêmur encerram entre os 17 e 20 anos no sexo masculino e entre os 15 e os 19 anos no sexo feminino e, as placas epifisárias do pulso, encerram entre os 17 e 22 nos masculinos e 16 e 21 anos nos femininos segundo Silva (2015).

A análise dos estágios epifisários do fêmur e pulso, entre atletas que treinam com e sem tatami, demonstrou não haver diferenças significativas. Estes resultados indicam que o piso não alterou as variáveis de maturação e que não constitui um risco para os atletas como referiram Santos Cavaleiro e Toigo (2009), estando de acordo com Melo, dos Santos, Cinelli, Junior e Heidrich (2004). Os tatamis possuem propriedades mecânicas que favorecem a absorção de energia, para que não cause prejuízo à estrutura física dos praticantes, no entanto, os nossos resultados mostram que provavelmente os atletas são capazes de dissipar a energia de forma eficiente durante o contacto com o solo sem tatami.

As placas epifisárias do pulso apresentam uma maior frequência nos primeiros estágios epifisários (não união e início da união) em relação ao fêmur, o que pode ser explicado pela grande frequência de ações com os membros inferiores (Beis, Pieter, & Abatzides, 2007; R. P. Lystad, Gregory, & Wilson, 2014; Reidar P. Lystad, Pollard, & Graham, 2009;

Mohsen Kazemi & Artur Chudolinski, 2009; Pieter, Fife, & O'Sullivan, 2012), podendo levar a um desenvolvimento dos fatores osteogénicos e aumentando o crescimento ósseo longitudinalmente e desencadeando alterações na estrutura das placas epifisárias avançando os seus estágios de encerramento segundo Mirtz (2011).

Analizando a prática com tatami verifica-se que estes atletas apresentam maiores frequências nos estágios mais avançados da placa epifisária do que os atletas que treinam sem tatami, indicando que a prática de Taekwondo com tatami está relacionada com o desenvolvimento das placas epifisárias e a com a maturação óssea sem prejuízo para a estrutura corporal como afirmou Melo *et al.* (2004) e de acordo com Siebenrock *et al.* (2013) ao sugerirem que uma anormalidade na maturação de alguns atletas seja uma consequência da alteração da placa epifisária, não existindo uma boa formação óssea reativa. Este facto não se verificou neste estudo, confirmando que o desporto moderado e as artes marciais em particular beneficiam as crianças e adolescentes no sentido de maximizar a sua constituição óssea (Nasri *et al.* 2015).

Para a totalidade da amostra, tendo em conta os grupos de prática com tatami e sem tatami não se verificaram diferenças significativas entre eles, no entanto tal como verificado, existe uma correlação positiva forte ($p=0,788$; $p\leq 0,05$), ou seja quanto maior a idade decimal maior o estágio epifisário do fémur, estando de acordo com O'Connor *et al.* (2008). Considerando o piso e apesar de não existir correlação significativa, os indicadores de maturação estudados, apresentam uma correlação forte com a idade decimal nos atletas que treinam em tatami. Na prática sem tatami apenas a idade óssea tem uma correlação positiva forte com a idade decimal enquanto os estágios epifisários do fémur e pulso apresentam uma correlação positiva moderada. Com base nestes resultados a hipótese 4 é aceite existindo uma correlação positiva entre a idade decimal e o estágio epifisário do fémur e rejeitamos a relação do treino sem tatami com a placa epifisária do fémur à medida que a idade cronológica aumenta.

Ao relacionar os anos da prática de Taekwondo com o estágio epifisário do fémur, verificamos que existe uma correlação positiva moderada, onde a linha de tendência e o seu R^2 explicam que 18% do nível do estágio epifisário do fémur se deve aos anos de

prática de Taekwondo. Com base nos resultados a hipótese 5 é rejeitada, não sendo encontrada associação significativa entre as variáveis.

2.11 Conclusão

Com este estudo propusemos verificar a influência da prática de Taekwondo com e sem tatami na maturação óssea de atletas adolescentes, com base nos resultados, conclui-se que a idade decimal apresenta diferenças quando comparada com a idade óssea o que coloca os atletas fora do estágio de maturação atrasada e os situa maioritariamente no estágio de maturação adequado.

Ao contrário do esperado os parâmetros de maturação, idade óssea, estágio epifisário do fêmur e estágio epifisário do pulso não apresentam diferenças significativas quando a prática de Taekwondo é realizada com e sem tatami ou quando dividida por sexo.

Através da idade decimal dos atletas verifica-se uma correlação positiva com a placa epifisária do fêmur ou seja quanto maior a idade decimal do atleta maior o estágio epifisário do fêmur, relacionando esta variável com o piso conclui-se existir uma correlação forte com a idade decimal nos atletas que treinam em tatami.

O tempo de prática da modalidade de Taekwondo não apresentou diferenças significativas com os parâmetros da placa epifisária, demonstrando que não existe um encerramento precoce das placas epifisárias do fêmur causados pelas características da modalidade.

Em suma, a prática de Taekwondo com e sem tatami para os atletas adolescentes é aconselhada, pois não alteram os parâmetros de maturação estudados.

Capítulo 3

3. Análise das Forças de Reação do Apoio dos atletas adolescentes de Taekwondo, durante a prática com e sem tatami

Resumo

ANÁLISE DAS FORÇAS DE REAÇÃO DO APOIO DOS ATLETAS ADOLESCENTES DE TAEKWONDO, DURANTE A PRÁTICA COM E SEM TATAMI

Introdução: As cargas mecânicas, levam à produção de efeitos biopositivos ou bionegativos consoante as suas magnitudes e frequências.

Objetivo: objetivou-se analisar e caracterizar as magnitudes das FRA com e sem tatami, e as frequências de contactos em treino, com as variáveis de maturação.

Metodologia: A nossa amostra foi constituída por 30 atletas adolescentes de Taekwondo com idades entre os 10 e os 15 anos ($12,84 \pm 1,88$ anos), sendo 9 femininos e 21 masculinos com $3,83 \pm 1,28$ anos de prática. Recolhemos a frequência de contactos em treino com a utilização da aplicação (pedómetro), versão 5.17, utilizando uma unidade de treino padrão construída para o efeito e utilizamos uma plataforma de forças em laboratório para recolha das FRA verticais, em tarefas com e sem tatami.

Resultados: O treino padrão de Taekwondo revelou uma média de 6347 contactos durante 60 minutos efetivos de treino ou seja 106 contactos por minuto, ficando no intervalo de frequência indicado para o efeito biopositivo. As tarefas efetuadas sem tatami apresentam menores magnitudes de FRA absolutas, com uma diferença média de 45,48N, no entanto não existem diferenças significativas quando comparadas as FRA com e sem tatami ($t=-3,359$; $p \leq 0,002$ e $t=-3,652$; $p \leq 0,001$, respetivamente para valores absolutos e normalizados). Com uma média de 2,12BW em tatami e 2,02BW prática sem tatami. Correlacionando as magnitudes de FRA com as variáveis de maturação, não se encontram diferenças significativa nas duas condições (com tatami e sem tatami). Os atletas com mais anos de prática registaram maiores magnitudes de FRA, sendo as magnitudes mais elevadas no tatami.

Conclusão: Conclui-se que a modalidade de Taekwondo quando praticada por adolescentes em tatami ou sem tatami, através das suas frequências de contactos e magnitudes de forças de reação do apoio, provocam um efeito biopositivo na maturação óssea dos atletas.

Palavras-chave: Taekwondo, Forças de reação do apoio, Maturação, Radiografia, Adolescentes.

Abstract

ANALYSIS OF THE REACTION FORCES OF SUPPORT OF TAEKWONDO ADOLESCENT ATHLETES, DURING THE PRACTICE WITH AND WITHOUT TATAMI

Introduction: Mechanical loads lead to the production of bio-positive or bio-negative effects according to their magnitudes and frequencies.

Objectives: The objective was to analyze and characterize the magnitudes of GRF with and without tatami, and the frequencies of contacts in training, with the maturation variables.

Methods: Our sample consisted of 30 adolescent Taekwondo athletes aged 10 to 15 years (12.84 ± 1.88 years), of whom 9 were female and 21 were male, with 3.83 ± 1.28 years of practice. We collected the frequency of training contacts using the application (pedometer), version 5.17, using a standard training unit built for this purpose and used a force platform in the laboratory to collect the vertical GRF in tasks with and without tatami.

Results: Standard Taekwondo training revealed an average of 6347 contacts during 60 effective training minutes, or 106 contacts per minute, within the indicated frequency range for the biopositive effect. The tasks performed without tatami have lower magnitudes of absolute GRF, with an average difference of 45.48N, but there are no significant differences when compared to the GRF with and without tatami ($t = -3,359$; $p \leq 0.002$ et $t = -3,652$; $p \leq 0.001$, respectively for absolute and normalized values). With an average of 2.12BW in tatami and 2.02BW practice without tatami. Correlating the magnitudes of GRF with the maturation variables, no significant difference was found in both conditions (with tatami and without tatami). The athletes with more years of practice registered higher magnitudes of GRF, with the highest magnitudes being on the tatami.

Conclusion: It is concluded that the Taekwondo modality when practiced by adolescents in tatami or without tatami, through their frequency of contacts and magnitudes of support reaction forces, has a biopositive effect on athletes' bone maturation.

Keywords: Taekwondo, Ground reaction forces, Maturation, Radiography, adolescent

3.1 Enquadramento

Com o crescente número de crianças a praticar atividades físicas e artes marciais como modalidade desportiva (Reidar P. Lystad, Graham, & Poulos, 2015), as crianças e adolescentes nas fases de constantes modificações biológicas e psicológicas, ficam sujeitas a um número de impactos decorrentes da sua prática. É por isso necessário, relacionar se este efeito provocará alterações biopositivas ou bionegativas através das cargas, das repetições sistemáticas e contínuas durante o nível competitivo informal ou formal. O Taekwondo aparece como um desporto fundamentalmente de contacto, por envolver situações de colisão do corpo contra uma superfície externa fixa, choques, contactos contra um alvo, quedas no solo ou mesmo colisões com outro sujeito.

Simpson, Ciapponi e Wang (2003) afirmam que as magnitudes dos impactos repetitivos podem ser a maior causa de lesões para diversos desportos, como voleibol, o basquetebol, a corrida, as artes marciais entre outros.

Torna-se importante realizar estudos que quantifiquem as características destas forças em cada modalidade, desenvolvendo conhecimento que constitui em benefício adicional para aperfeiçoar a prescrição e planeamento de exercícios de forma a prolongar a saúde do atleta e praticante e potenciando assim todo o seu desenvolvimento individual (Mann, Kleinpaul, Teixeira, & Mota, 2010).

Infelizmente, na maioria das vezes o treino físico oferecido as crianças e adolescentes são estruturados com base em modelos utilizados para adultos, e muito centrados na competição, no êxito e na seletividade (Alves & Lima, 2008) a própria conjuntura provoca esta situação, pois as próprias autarquias e instituições que tutelam colocam como objetivos e metas para possíveis verbas e apoios resultados e classificações elevados. Além disso, não se levam em consideração características próprias das diversas faixas etárias, como por exemplo as proporções corpóreas diferentes.

A atividade física também pode influenciar o crescimento e o desenvolvimento de acordo com sua intensidade e volume das forças de reação do apoio executados de forma repetitiva. A presença de outros fatores como competições, lesões, gastos energéticos, idade e estado nutricional, também têm influencia (Alves & Lima, 2008)

Na adolescência as cartilagens de crescimento encerram em diferentes fases, estando, portanto, mais vulneráveis a uma maturação natural e saudável. Os excessos de carga nos períodos de pico de crescimento provocam um aumento da tração da unidade musculo-tendão sobre as placas epifisárias ou placas de crescimento, portanto as forças de reação do apoio (FRA) são um importante indicador para quantificar a execução de um gesto desportivo. Através da análise da frequência e magnitude do contacto com o solo, é possível avaliar o potencial biopositivo e bionegativo que os movimentos e técnicas têm. Visto que são os membros inferiores que recebem a maior sobrecarga, devido aos constantes deslocamentos e saltos nas modalidades, os desportos, principalmente os que englobam saltos, são os mais preocupantes quando as forças de reação do apoio (Sacco *et al.*, 2006).

Os autores Ferreira e colaboradores (2015) indicam que a atividade física deve ser estimulada, uma vez que se observaram uma relação positiva entre a sua prática, e o crescimento e desenvolvimento, contudo, mais investigações devem ser realizadas no âmbito de verificar a relação dos diferentes tipos de prática, volume e intensidade e de treinamento com a maturação, crescimento e desenvolvimento humano.

3.1.1 Força de reação do apoio

Durante as atividades da vida diária, o corpo humano é submetido a forças, que, durante a caminhada, por exemplo, podem ultrapassar 25% do peso corporal (Balbinot *et al.*, 2013). Na área da biomecânica, esta força é denominada força de reação do apoio também conhecidas por (Ground reaction forces - GRF) descrevem a reação da força aplicada na superfície onde é realizado o movimento aplicado pelas estruturas do corpo humano, sendo uma análise dinâmica que pode ocorrer em dois sentidos (Enoka, 2000). Essas duas abordagens são respetivamente denominadas de dinâmica direta e dinâmica inversa.

A dinâmica inversa possibilita, por meio de variáveis cinemáticas, a determinação das forças atuantes sobre as estruturas intrínsecas do corpo humano (Enoka, 2000; Medved, 2004).

A grande maioria das cargas dinâmicas geradas pelas atividades físicas em geral produz forças em três eixos (x, y e z), as quais são médio-lateral, ântero-posterior e vertical,

respetivamente (Wieczorek, Duarte, & Amadio, 1997). Estas são resultado da terceira lei de Newton e podem ser medidas no espaço tridimensional, ou seja, na componente vertical, na componente ântero-posterior e na componente médio-lateral. As unidades de medida das FRA, representam-se normalmente em Newton (N), mas são frequentemente normalizadas para os valores de peso corporal (BW – Body Weight), (Branco, 2010; Lee, 2008; Oh & Ryu, 2010).

As forças na locomoção humana, segundo Barela e Duarte (2011), são forças que resultam da colisão entre dois corpos (no caso, o pé e o solo) e que atingem magnitude máxima até 50 ms após o contato inicial dos dois corpos. A magnitude do pico da força de impacto pode sofrer influências de vários fatores, entre eles, velocidade da locomoção e tipo de calçado (ou se estiver sem calçado).

As forças de reação vertical, durante a marcha, mostram dois picos (Bae & Kim, 2011) na técnica de Apkubi no Taekwondo existem três picos, o primeiro pico de força vertical foi significativamente maior na caminhada ($t = 6,085$, $p < 0,001$) com 1,8 BW, em comparação com o Apkubi com 1,4 BW. Da mesma forma, a receção ou o contato do pé com o solo constitui-se como uma importante fase de desaceleração para as estruturas nos movimentos desportivos, caracterizada basicamente pelo contato do indivíduo com o solo após uma fase de voo, representando, assim, uma situação na qual é considerável a sobrecarga mecânica aplicada ao aparelho locomotor.

Nesse contexto, Abilel, Serrão e Sacco (2002), investigaram as FRA aplicadas ao corpo durante a receção inesperada e esperada. Os valores obtidos em ambas as situações foram de 5,18 (BW) e 4,59 (BW), respetivamente para a receção inesperadas e esperadas, o que demonstra um aumento expressivo das cargas externas em situações de receção inesperada.

Brennecke, Amadio e Serrão (2005) avaliaram 10 capoeiristas experientes, os valores encontrados foram de $1,36 \pm 0,17$ BW para o movimento denominado de martelo e de $1,91 \pm 0,36$ BW para o movimento negativa fechada, valores de $5,15 \pm 2,06$ BW para o movimento parafuso e de $4,67 \pm 1,65$ BW para o movimento armada pulada, o movimento negativa fechada e martelo podem ser inseridos nas fases iniciais do programa de treino, ao passo que o parafuso e a armada pulada, movimentos cujas

exigências mecânicas e motoras são maiores, devem ser inseridos mais tarde no programa.

Moreira, Goethel, Cardozo e Gonçalves (2016), avaliaram no Taekwondo os parâmetros da força de reação do apoio e velocidade nas técnicas de pernas, verificando diferenças significativamente maiores no grupo de elite do que nos atletas de sub elite.

Jandačka, Estevan, Janura e Falco (2014) verificaram a distribuição da magnitude da FRA (%BW) no pontapé rotativo no Taekwondo com uma plataforma de forças a partir de 3 posições relativas a um alvo fixo, na posição 0° o resultado foi de 4 BW sendo o pico mais alto no pé da frente, na posição de 45°, a magnitude da FRA foi distribuída igualmente, já na ultima posição 90° a magnitude da FRA foi de 4BW com o pico mais alto no pé traseiro.

Os seguintes autores mencionados na Tabela 6, estudaram as forças de reação do apoio na modalidade de Taekwondo utilizando a plataforma de forças como instrumento de medida.

Tabela 6. Sinopse de estudos das forças de reação do apoio no Taekwondo.

Autor	Ano	Amostra	Avaliação	Instrumento
Lee, C.	2008	Atletas	FRA	PF
(Oh & Ryu, 2010b)	2011	Idosos	FRA	PF
O'Sullivan et al	2009	Atletas	FRA	PF
Moreira et al	2016	Atletas	FRA	PF
Estevan et al	2013	Atletas	FRA	PF
Kang et al	2007	Atletas	FRA	PF
Oh & Ryu	2010	Atletas	FRA	PF
FRA – Força de reação do apoio				
PF – Plataforma de forças				

3.1.2 Efeitos Biopositivos e bionegativos

De acordo com Nigg, Cole e Brüggemann (1995), a carga mecânica pode ter efeitos positivos e negativos sobre o sistema músculo-esquelético. Os efeitos biopositivos incluem o estímulo osteogénico, fortalecimento, crescimento e desenvolvimento do sistema músculo-esquelético e o aumento das capacidades funcionais em qualquer idade, devido a sobrecarga moderada e períodos de repouso adequados, enquanto os

efeitos bionegativos, causados por cargas insuficientes, incluem um desenvolvimento e crescimento anormal com diminuição das capacidades funcionais, no que diz respeito às cargas excessivas, danos estruturais do sistema músculo-esquelético desenvolvimento e crescimento anormal podendo levar à lesão (Watkins, 2014).

Apesar deste conceito estabelecido por uma relação de causa efeito da carga mecânica com a lesão, existe na literatura uma variedade de causas que interagem, incluindo o treino, variáveis biomecânicas e anatómicas. Como consequência, foram estudados aspectos relacionados com as forças de reação do apoio durante tarefas repetitivas, que contribuíram para lesões por carga excessiva incluindo a magnitude das forças e a carga de impacto (Nigg, 1983).

O sistema esquelético é responsável por inúmeras funções, para este estudo selecionamos o sistema de suporte, através das ações que são compostas pelas alavancas (ossos longos), auxiliadas por eixos (articulações), onde se inserem as musculaturas (motor), assim a aplicação de cargas biopositivas (1 a 4 BW) nas sessões de treino induzem efeitos osteogénicos, ou seja, o processo de formação normal do tecido ósseo por meio das células osteoblastos e osteoclastos.

Uma importante característica da maioria das atividades físicas é a repetição de movimentos ou técnicas que produzem forças de baixa magnitude (≤ 1 BW) e frequência elevada (3750 a 4050 vezes) durante uma sessão de 30 min. Situando-se os valores de alta intensidade com magnitudes superiores a 4 BW, intensidade moderada entre 1 BW e 4 BW e baixa intensidade magnitudes inferiores a 1 BW (Nigg, B. M., MacIntosh, B. R., & Mester, J. 2000).

Ferreira *et al.* (2015) conclui que as crianças devem ser orientadas para a prática de atividades que proporcionem um elevado número de repetições com intensidades baixas ou moderadas.

Segundo Esteves, Nascimento, Moreira e Reis (2007), em atletas de Taekwondo ocorrem valores dos impactos considerados elevados, agravados pelo grande número de repetições em curto espaço de tempo. Outro fator importante é o intervalo de duração desses impactos, os quais ocorrem num tempo relativamente curto e podem facilmente subcarregar as estruturas ósseas. Por esse motivo os mesmos autores avaliaram os impactos da técnica de perna bandal chagi do Taekwondo, um atleta masculino e

cinturão negro 2º Dan. Os resultados mostram que os pontapés analisados apresentam as mesmas características, gerando altos valores de força e impacto. De acordo com dados informados pelo atleta, o número de pontapés em cada sessão pode variar de 150 a 300 repetições de acordo com o período da época. Essa repetição expõe o sistema musculoesquelético a um processo de fadiga intensa, impedindo sua completa recuperação e, devido as elevadas magnitudes de das forças relacionadas com os pontapés.

3.1.3 Carga biomecânica do exercício físico

A carga mecânica produzida pelo Exercício provoca diferentes respostas biomecânicas consoante o tipo e função da estrutura músculo-esquelética estando associada quer à magnitude das forças quer à frequência de aplicação das forças. A quantificação da carga mecânica permite caracterizar, sistematizar e comparar as atividades, verificar a técnica de execução e fornecer indicações para a prevenção de lesões e permite também avaliar o potencial osteogénico adequando a prescrição do exercício.

Cada modalidade apresenta características peculiares que afetam a magnitude das forças sobre o sistema musculoesquelético, o uso de materiais para reduzir os impactos, o número de repetições de cada movimento, a velocidade de execução, a superfície em que se pratica a modalidade e o tipo de técnica utilizada são fatores que afetam diretamente o impacto. Em iniciantes, fatores como o volume de treino, movimentos rápidos e superfícies inadequadas são ainda mais agravantes pelo fato de eles não possuírem estrutura musculoesquelética para suportar tais situações. Outro fator que interfere na magnitude das forças é o nível técnico dos atletas e praticantes, visto que técnicas mais perfeitas podem reduzir significativamente os impactos (Mann, Kleinpaul, Teixeira, & Mota, 2010).

O impacto mecânico produzido por esses fundamentos desportivos, é considerado uma excitação (vibração) não periódica, chamados de eventos transitórios, muito rápidos, que acontecem em milissegundos (Coelho, 2008).

As articulações desempenham ainda um papel importante na absorção de choques dissipando as ondas decorrentes do contato com o solo, amenizando a onda de choque que chega até o crânio (Moran e Marshall, 2006).

Num estudo de caso, Pecht e Raschka (2005) investigaram o efeito do treino e a mudança de materiais para o impacto no punho do atleta campeão do mundo de Kiopka (quebras) de Taekwondo, através da imagiologia a investigação revelou um aumento de tecido entre as cabeças dos metacarpos. O efeito biomecânico resultante da "suavização" da área de impacto do punho é o de reduzir o pico de carga que atua nos elementos ósseos proeminentes no momento do impacto, e assim reduzir o risco de ferimentos. A acumulação de tecido representa uma resposta do tecido conjuntivo a microtraumas repetitivos. León-Valladares, Cagigas, Badía e González (2011) determinaram valores individuais da taxa de densidade e qualidade óssea em atletas de Taekwondo da pré-seleção cubana, recorrendo a instrumentos e métodos de imagiologia, obtiveram resultados que possibilitou concluir que os valores da densidade óssea dos atletas avaliados são maiores quando comparados com os valores médios da população geral.

Embora existam controvérsias na literatura sobre os mecanismos de adaptação do tecido ósseo quando exposto a cargas externas, é consensual que o exercício físico durante a adolescência será fundamental para um bom desenvolvimento enquanto o pico de massa óssea ainda está por alcançar. O aumento da densidade mineral óssea durante a adolescência é devido primariamente à expansão do tamanho ósseo em função do crescimento físico e, posteriormente, pelo aumento da espessura cortical (Pettersson, Nordström, Alfredson, Henriksson-Larsén, & Lorentzon, 2000).

Durante o percurso de um dia das atividades humanas, os ossos são submetidos aos mais diversos tipos de cargas, estas cargas variam em direção, magnitude, frequência e modo. Podem ser cargas tensivas, de compressão, de deformação, entre outras, de maneira que ainda podem ser cargas combinadas, resultando na soma de duas ou mais forças atuantes no corpo humano e dependendo da sua intensidade e duração podem trazer benefícios ou por outro lado podem ser prejudiciais (Zioupos & Casinos, 1998).

Uma das preocupações dos cientistas e investigadores em diferentes áreas, tais como ergonomia, engenharia mecânica e profissionais da área da saúde tem sido as respostas do corpo humano a diferentes tipos de impactos e vibrações (Saray Giovana dos Santos, 2003), assim Broderick, C. Winter, J. Allan, R. (2006), analisaram vários estudos com

crianças e adolescentes que demonstram o benefício da atividade física, no entanto se a atividade física for realizada de forma imprópria, em desacordo com a idade, com o desenvolvimento motor e com o estado de saúde, apresenta riscos de lesões como: traumas, osteocondrose, fratura e disfunção menstrual (Broderick, C. Winter, J. Allan, R., 2006; Stafford, D., 2005), sendo muitas vezes a atividade física um dos pilares no tratamento e prevenção da deterioração óssea (León-Valladares *et al.*, 2011), portanto, parece paradoxal levantar a necessidade de investigar e analisar o impacto no tecido ósseo em atletas de Taekwondo, mas é um facto que o trauma físico, contusões e os microtraumatismos provocados pelo impacto são um fenómeno inerente a maioria dos desportos sendo que estas agressões ao tecido ósseo poderão possibilitar o aparecimento de lesões e possível maturação anormal.

Uma pessoa em média anda aproximadamente 6.000 passos por dia (Tudor-Locke *et al.*, 2009) e, a cada passo, o corpo é exposto a uma força, dentro desta força de impacto, existem forças que são transitórias, determinada pela taxa de variação do momento do contacto do pé em relação ao solo, fazendo acelerações relacionadas com o choque para ser transmitida ao sistema músculo-esquelético.

3.1.4 Características do Tatami

Nos XXVII Jogos da Era Moderna, Taekwondo é, finalmente, uma disciplina olímpica e toma parte efetiva do programa dos Jogos Olímpicos de Sidney (Austrália) – 2000. Nesses Jogos, o Taekwondo foi representado por 103 atletas de 51 países. A competição foi realizada em tatami EVA e considerado pelas suas características o piso oficial do Taekwondo olímpico, que rapidamente foi adotado pelos Do jang (locais para treino de Taekwondo) para o seu treino diário (Santos Cavaleiro & Toigo, 2009).

Devido às características físicas e mecânicas específicas do E.V.A (Etileno Acetato de Vinila), proporcionam um encaixe perfeito, um excelente efeito de absorção dos impactos e uma película siliconizada texturizada, que evita queimaduras quando o material é submetido ao atrito da pele humana, este tatami é testado de acordo com a norma europeia EN 1177 HIC.

Características do tatami homologado pela World Taekwondo Federation (WTF)

- Dimensões: 100X100X2,4cm cada peça de tatami;
- Reversível: possui duas cores o que permite a sua reversibilidade;
- Densidade: 1,6kgF/Cm³
- Resistência a tração: 19,8KgF/ Cm³
- Alongamento: 120%
- Tratamento Higiênico: hipoalérgico com isolamento acústico e de humidade.

Composição: E.V.A copolímero etileno acetato de vinila especialmente desenvolvido para absorção de impactos. Atóxico, resistente a água, revestido com película de silicone antiderrapante, garantindo maior segurança e facilidade na limpeza Base: com dupla face e bicolor, corte reto ou de encaixe (Saray G. dos Santos *et al.*, 2007).

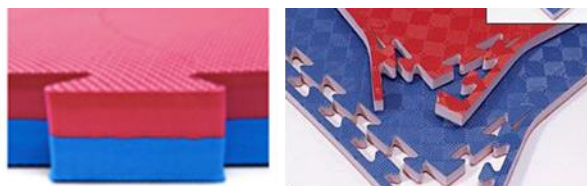


Figura 8. Tatami reversível em forma de puzzle.

Os tipos de superfície das artes marciais, foram objeto do estudo de Saray Giovana dos Santos (2003) que avaliou as forças transmitidas por diferentes tipos de tatamis ao corpo do judoca (mão, bacia e pé).

Os tatamis avaliados possuíam as seguintes especificidades: tatami A - tradicional com placa de copolímero etileno acetato de vinila (EVA), texturizado e siliconizado; tatami B - Vinisoft sintético, com duas placas de EVA, recheado com espuma aglomerada AG 100, coberto com lona vinílica; tatami C - de palha de arroz prensada e costurada, coberta com lona de algodão; tatami D - de espuma reconstituída de grânulos de poliuretano reciclados de 0,8 cm de diâmetro aglutinada com adesivo de poliuretano especial bicomponente, coberto por lona de vinil impermeável com base de látex antiderrapante; e três tatamis emborrachados EVA, chamados de “E”, “F” e “G”, antialérgicos, inodoros e atóxicos, cujas características são: tatami E - com densidade de 142 kg/m³; tatami F - com densidade de 113 kg/m³; e tatami G - 200,0 x 100,0 x 3,2 cm. Na mão do judoca, os valores mais altos foram encontrados nos tatamis A (2,2 BW), C

(2,3 BW) e E (1,3 BW). Com relação ao segmento corporal quadril, os valores mais altos foram obtidos nos tatamis C (6,9 BW) e E (6,7 BW). Quanto ao segmento corporal pé, os valores mais altos foram obtidos nos tatamis B (5,3 BW) e A (4,3 BW). Segundo o autor, os resultados podem ser justificados pela especificidade do movimento, no entanto, além da massa do judoca que cai, existem a força gravitacional e a força aplicada ao movimento daquele que está a projetar. Independentemente dos tipos de tatami analisados, os altos valores de impactos recebidos pelo corpo do judoca ao colidir com o tatami, mesmo sendo contatos curtos, podem gerar danos ao organismo, principalmente quando somados aos anos de prática.

3.2 Problemática

Muitas crianças e adolescentes iniciam a sua formação desportiva muito cedo, levando muitas vezes a uma especialização precoce, com vários treinos semanais e um elevado número de horas a um nível de intensidade necessária para se ser competitivo.

O autor Caine (2006) alerta em particular, que a preocupação passa pelos limites de tolerância da placa epifisária e que os mesmos possam ser excedidos pelas forças mecânicas do desporto praticado, lançando assim a discussão sobre o treino físico para crianças e adolescentes e sobre os exercícios que contém impacto articular os quais podem vir a prejudicar a placa epifisária prejudicando assim o processo de crescimento ósseo (da Silva Filho *et al.*, 2015). Mas as reações esqueléticas a diferentes cargas de um desporto específico podem desencadear efeitos biopositivos e bionegativos, no período da adolescência, o exercício físico intenso nem sempre traz benefícios para os adolescentes, particularmente com relação ao crescimento esquelético (Guy JA, Micheli LJ. 2001). Segundo Siebenrock *et al.* (2013) pode-se especular, que as forças das cargas mecânicas repetitivas e elevadas alteram o crescimento epifisário, levando à lesão e a uma crescimento anormal.

Embora continue a ser um tema bastante controverso, as lesões na placa epifisária ou placa de crescimento acontecem e estão fortemente relacionadas com o desporto e principalmente com desportos de impacto, caracterizados com movimentos sistemáticos

e repetitivos, sendo as magnitudes destes impactos causadoras de lesões nos desportos que envolvem saltos (Zampiere, C. & Almeida, G. 2003), onde se insere o Taekwondo.

Por outro lado, Fucks e Snow (2002), Vidal Linhares *et al.* (2010), Ferreira, Mateus e Costa (2015) e Broderick, Winter e Allan (2006), observaram que o treino com saltos não causaram problemas ósseos, verificando-se ainda melhoras significativas no desenvolvimento ósseo dos avaliados.

Com base nas evidências científicas encontradas, podemos afirmar que o exercício físico contribui de forma significativa tanto para o crescimento quanto para prevenção de problemas ósseos em crianças e adolescentes (Silva Filho *et al.*, 2015). Os mesmos autores sugerem novos estudos experimentais para que se estabeleça um melhor consenso sobre o tema abordado.

3.3 Questões Experimentais

Assim, considero pertinente a abordagem do referido tema, proponho como questões experimentais:

- 1) Existem diferenças nos valores das forças de reação do apoio com e sem tatami?
- 2) Como é caracterizada as forças de reação do apoio em atletas de Taekwondo adolescentes?
- 3) Como é caracterizado o número de contactos efetuado em treino de Taekwondo?
- 4) Existe relação entre as forças de reação do apoio no Taekwondo e o estágio da placa epifisária?
- 5) Existe relação entre os anos de prática e as magnitudes das forças de reação do apoio?

3.4 Objetivos

No âmbito desta problemática, são propostos os seguintes objetivos para a elaboração desta tese:

- 1) Analisar e caracterizar as forças de reação do apoio com tatami e sem tatami em atletas de Taekwondo adolescentes;
- 2) Verificar qual a relação que existe entre as variáveis maturação e a prática do Taekwondo;
- 3) Avaliar e caracterizar o treino de Taekwondo, quanto as magnitudes das forças de reação do apoio;
- 4) Avaliar o treino de Taekwondo, quanto à frequência de contactos;
- 5) Verificar a relação entre as magnitudes das forças de reação do apoio e o estágio da placa epifisária distal do fémur e pulso;
- 6) Verificar se a prática do Taekwondo com e sem tatami surge como fator biopositivo ou bionegativo para a maturação do atleta adolescente de Taekwondo.

3.5 Hipóteses

H1 – Verificamos que a frequência dos contactos efetuados na modalidade Taekwondo não provocam efeitos bionegativos e que poderá ser entendido como mais uma atividade física para o tratamento, fortalecimento e prevenção da deterioração óssea (León-Valladares, Cagigas, Badía, & González, 2011).

H2 - Através dos parâmetros de força de reação do apoio, verifica-se que os atletas têm valores enquadrados nos efeitos biopositivos o que está em desacordo com Derrick *et al.* (1998) e Simpson *et al.* (2003) afirmando que os impactos repetitivos podem ser a maior causa de lesões para diversos desportos, tais e quais o Voleibol, o Basquetebol, a corrida, as artes marciais entre outros, Swartz, Decoster, Russell e Croce (2005) recomendam o estudo das forças de reação do apoio nas fases de desenvolvimento da criança e adolescente devida à escassa literatura.

H3 - Verificamos existir diferenças significativas nos valores de força de reação do apoio nas tarefas realizadas com e sem tatami, que segundo os autores Melo *et al.* (2004) o tatami deve possuir propriedades que amortecem os efeitos das forças de reação, com o intuito de não gerar prejuízos à estrutura corporal.

H4 – As magnitudes das forças de reação do apoio apresentam relação significativa com os parâmetros de maturação e sem alterações nos estágios da placa epifisária respondendo assim à questão lançada por Siebenrock *et al.* (2013), se atividade desportiva altera a placa epifisária, se este último for verdade, então seria de esperar que os atletas mostrem uma forma anormal da placa de crescimento (especificamente, a extensão epifisária) antes e / ou após a consolidação óssea total.

H5 – Verifica-se que os atletas com mais anos de prática realizem maiores magnitudes de força de reação do apoio.

3.6 Metodologia

3.6.1 Caracterização da Amostra

Para o presente estudo, recolhemos uma amostra de 30 atletas adolescentes de Taekwondo com idades compreendidas entre os 10 e os 15 anos ($12,84 \pm 1,88$ anos), sendo 9 atletas femininos e 21 masculinos com $3,83 \pm 1,28$ anos de prática, sendo critério de inclusão uma prática mínima de 3 anos continua e sucessiva com no mínimo de 3 a 4 horas de treino semanal na modalidade e com ausência de mais prática organizada e sem alteração destas condições nos últimos 3 anos.

Tabela 7. Caracterização da amostra grupo de prática com tatami e sem tatami, média e desvio padrão para as variáveis altura (M), peso (kg), anos de prática (anos) e horas de treino semanal (horas).

N	Altura (cm)	Peso (Kg)	A. Prática (anos)	H. Treino S. (horas)
30	$1,56 \pm 0,127$	$51,64 \pm 12,97$	$3,83 \pm 1,28$	$3,75 \pm 0,91$

3.6.2 Instrumentos

Para a realização deste estudo foram utilizados

- 1) Plataforma de forças (PF)
- 2) 6 smartphones huawei p7

- 3) Construção de uma unidade de treino “tipo” onde constam os exercícios comumente utilizados pelos treinadores/mestres.

Plataforma de forças

- Plataforma de forças: Bioplux
- Amplificador
- Software: open signals (r) evolution (beta v 2016)
- Formato: TXT (com 3 colunas, tempo, informação a 0 e Bits) e H5
- Frequência de captura 1000Hz (1000 dados por s) a 12 bits de resolução



Figura 9. Plataforma de forças embutida no chão.

A PF está nivelada com o chão para que seja possível andar normalmente sobre ela. A PF tem forma de quadrado com 60X60 cm e mede uma das 3 componentes da FRA, a vertical (Z). É uma PF de células de carga que utiliza transdutores do tipo strain gauge, um dispositivo elétrico que tem a sua resistência elétrica alternada em função da deformação mecânica do mesmo (Barela & Duarte, 2011).

Calibração

A precisão de um instrumento é essencial para permitir a existência de dados confiáveis e fidedignos. A plataforma de forças foi calibrada para permitir uma medição adequada (Cappello, Lenzi, & Chiari, 2004).

Esta calibração foi efetuada antes de cada tarefa, deixamos a gravar durante 3 segundos e após este tempo dávamos a ordem para iniciar a tarefa.

Filtro

Aplicamos um filtro Butterworth passa baixo de 4ª ordem utilizando um zero-phase lag com uma frequência de corte de 8Hz. (Mafrá, 2012; Robertson, D. G. E., & Dowling, J. J. 2003).

Tratamentos de dados

Assim que se pisa a plataforma de força, a força aplicada sobre ela é detetada pelos 4 sensores e os sinais elétricos são amplificados e registrados em computador.

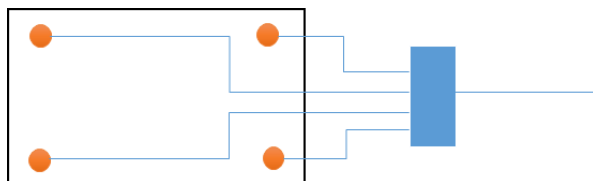


Figura 10. Esquema da ligação dos sensores da Plataforma de Forças.

Com os ficheiros .txt convertemos de bits para volts recorrendo à equação 1 e convertemos o tempo através da equação 2.

Fator de conversão para newton (N) 1684 por Volt (V) ou seja [1V=1684N] dados de acordo com a plataforma de Forças (PF), (Figura 12).

Eq. 1

$$Force (V) = \frac{ADC \times VCC}{2^{n-1}}$$

ADC – Value Sampled from the channel

N – Number of bits of the channel (12 bits in the case)

VCC – Operating Voltage (5.0 volts in the case)

Eq. 2

$$Time (S) = \frac{n \text{ seq}}{freq}$$

Nseq – Sequence number

Freq – Acquiring frequency in Hz

São seleccionados os ciclos nas curvas de valores, sendo o pico de contacto dos primeiros milissegundos (ms) do período de apoio, que se refere à força de impacto (Nigg & Herzog, 2007), (Figura 13).

Para que seja possível comparar os dados adquiridos com a plataforma de força entre diferentes indivíduos e/ou diferentes condições e repetições, é necessário normalizar a amplitude desses dados. A normalização pode ser feita por meio do valor do peso corporal do indivíduo, em que o resultado obtido de um determinado indivíduo na plataforma de força é dividido pelo seu peso corporal (Barela & Duarte, 2011; Lee, C. L. 2008).

Os dados foram recolhidos diretamente para o computador através do programa OpenSignals (r)evolution (beta v.2015; plux whireless biosignals, Lisboa).

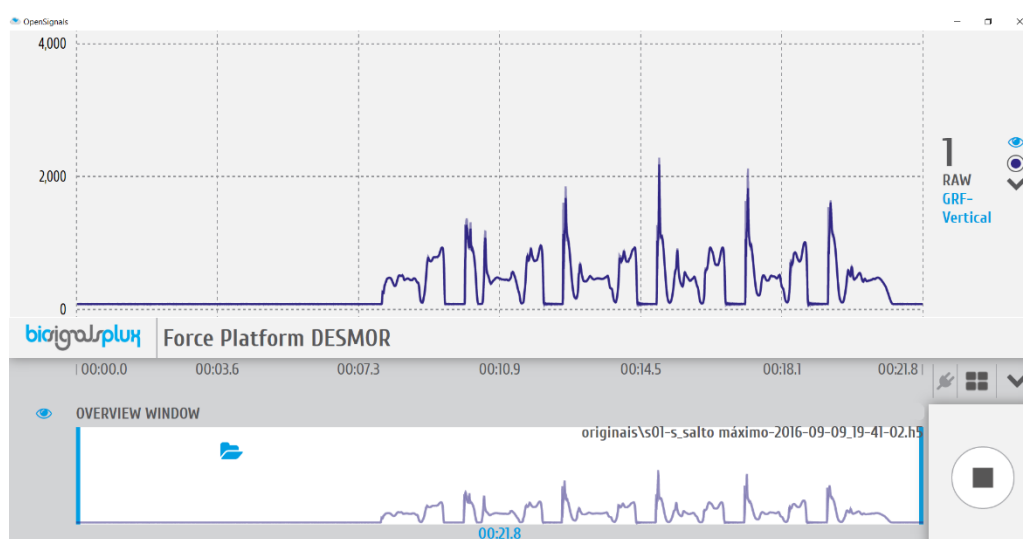


Figura 11. Visualização do software de recolha.

Posteriormente foi construída uma rotina através do Mathworks® R2015a, para filtragens e seleção dos ciclos gestuais e picos de força de reação do apoio (Anexos 6).

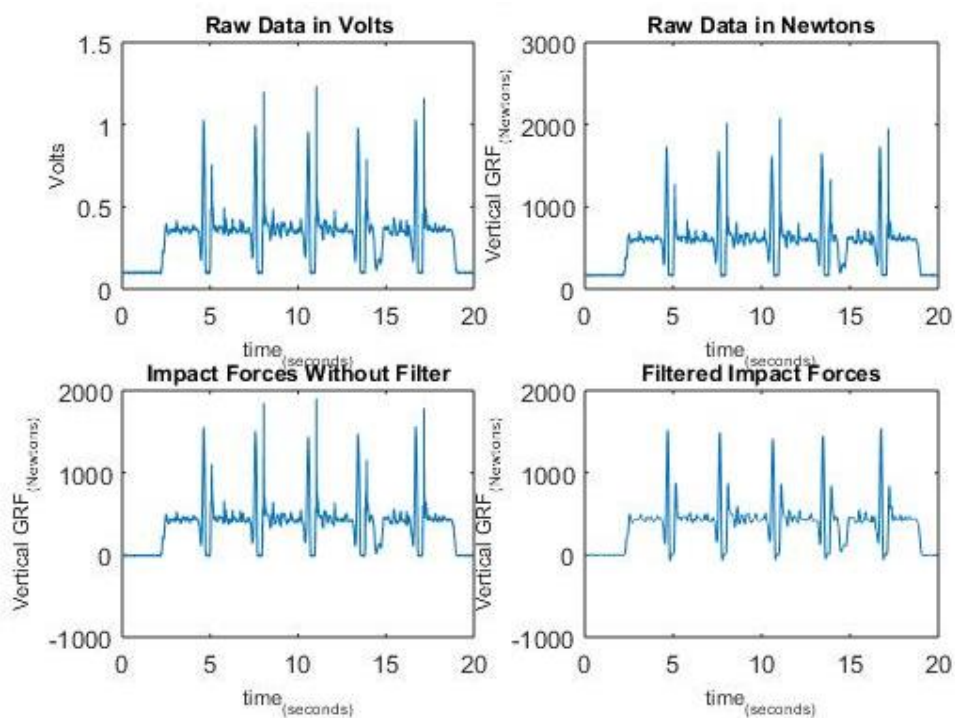


Figura 12. Tratamento dos dados, conversão de volts para Newtons e filtro

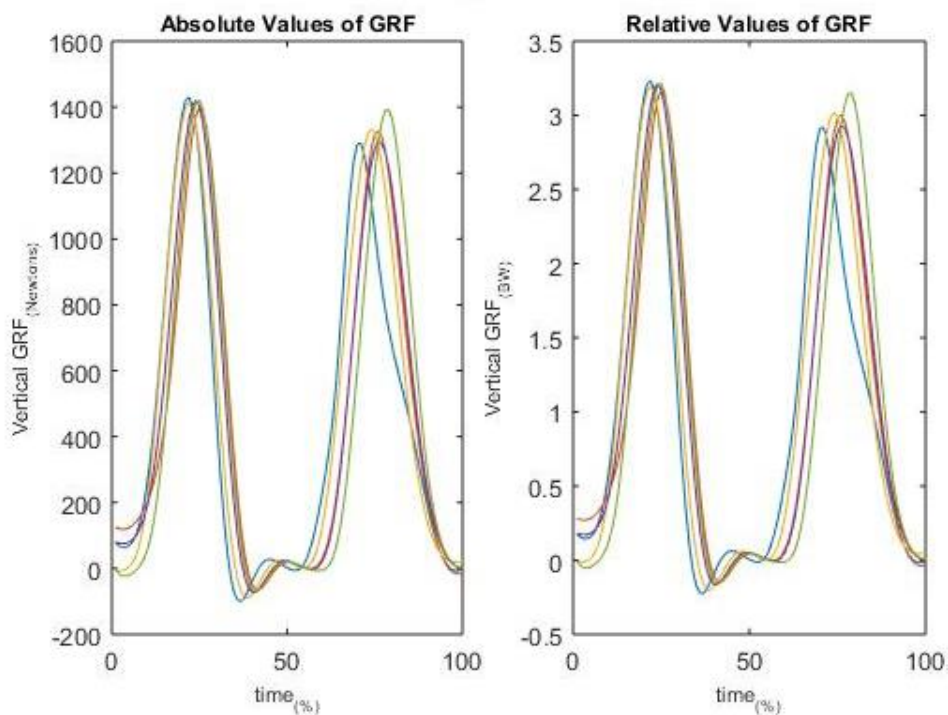


Figura 13. Gráfico das forças de reação Absolutas (N) e relativas (BW) do ciclo gestual

Aplicação smartphone

Para contabilizar os saltos efetuados em média num treino característico (treino tipo) de Taekwondo, utilizamos 6 *smartphones* huawei p7, com a aplicação (pedómetro), fabricante tayutau versão 5.17.

Esta aplicação, para além de outras variáveis contabiliza os saltos efetuados em treino ou no dia a dia.

Unidade de treino padrão

Com base nas características da modalidade de Taekwondo, 3 treinadores com o grau II e com as graduações de 5º dan e 4º dan, construíram uma unidade de treino, com o objetivo de poder ser reproduzida em condições semelhantes.

O treino foi dividido em 3 fases, fase inicial, fase principal e fase final, com exercícios de deslocamento, giro, saltos e rotações num total de 90 minutos. Cada exercício contém uma descrição, esquema tempo e critérios de êxito, assim como o número de repetições ou tempo, o número de series, a intensidade e o tempo de pausa.

3.6.3 Procedimentos

Em laboratório, recortamos e fixamos com fita dupla face uma placa de tatami com a medida exata da plataforma de força e mais uma placa, mas sem contacto com a plataforma para que o atleta estivesse sempre em tatami.

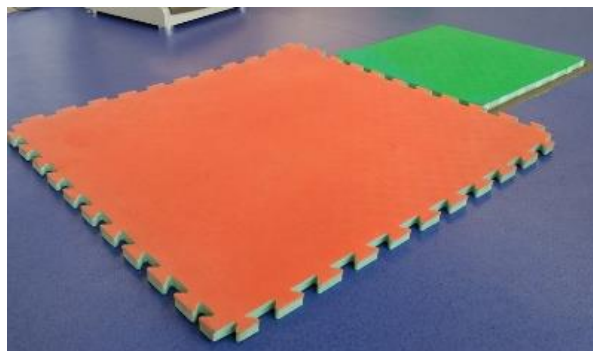


Figura 14. Colocação do tatami para a realização das recolhas

Recolha dos contactos

Realizamos uma explicação sobre todos os procedimentos de recolha a todos os atletas que pertenceram e esta amostra.

Antes do início de cada treino onde efetuamos as recolhas, colocamos os smartphones em modo desbloqueado e com a sensibilidade máxima, colocamos os aparelhos entre as duas fases do cinturão dos atletas e seguro com fita adesiva. Após o aparelho estar seguro, iniciamos a aplicação nos aparelhos em simultâneo.

Com a orientação da unidade de treino construída, realizamos 3 paragens para recolhas de dados, 1º recolha no final da primeira fase do treino, 2º recolha no final da fase principal do treino e 3º recolha no final da fase final do treino, correspondendo ao término da unidade de treino.



Figura 15. Colocação do smartphone no cinturão do atleta para efetuar a recolha

3.6.4 Protocolo

Tarefas

Os atletas descalços, receberam instrução e demonstração das tarefas que teriam de efetuar, cada atleta primeiramente executou de forma informal as mesmas tarefas iniciando depois cinco repetições de cada tarefa num total de 8 tarefas em duas condições, com e sem tatami, como explica o exemplo da tabela seguinte.

Tabela 8. Protocolo de execução de cada sujeito

Condição	Ordem	Tarefa	Repetições
Com tatami	1º	Deslocamento técnica	5 repetições
	2º	Deslocamento competição	5 repetições
	3º	Saltos técnica	5 repetições
	4º	Saltos competição	5 repetições
	5º	Giros técnica	5 repetições
	6º	Giros competição	5 repetições
	7º	Rotações	5 repetições
	8º	Trocas	5 repetições
Sem tatami	9º	Deslocamento técnica	5 repetições
	10º	Deslocamento competição	5 repetições
	11º	Saltos técnica	5 repetições
	12º	Saltos competição	5 repetições
	13º	Giros técnica	5 repetições
	14º	Giros competição	5 repetições
	15º	Rotações	5 repetições
	16º	Trocas	5 repetições

Recolha das tarefas

Para a recolha dos contactos realizamos o seguinte protocolo.

1. Informação aos atletas sobre a recolha;
2. Colocação dos smartphones nos cinturões dos atletas;
3. Ligar as aplicações e iniciar o treino;
4. 1º Recolha, final da fase Inicial;
5. 2º Recolha, final da fase principal;
6. 3º Recolha, final do treino;
7. Desligar a aplicação e retirar o smartphones.

3.6.5 Tratamento Estatístico

A análise estatística dos dados será realizada através do software específico *IBM SPSS statistics* versão 23 para o *Windows*.

Os procedimentos estatísticos, do presente estudo, consistiram numa análise descritiva para hipótese 2 e 3 utilizando a média, mínimos, máximos e desvio padrão, a fim de caracterizarmos a amostra relativamente às variáveis de estudo.

Relativamente à análise inferencial entre diferentes variáveis, utilizámos os seguintes procedimentos/técnicas estatísticas:

A normalidade da distribuição foi testada através do teste de *Shapiro-Wilk*, tendo sido assumida para as forças de reação do apoio.

Para a hipótese 1, o teste paramétrico T-pares para comparação das médias de duas amostras emparelhadas.

Para as hipóteses 4 e 5 efetuou-se o teste de correlação de ρ *Spearman*, para as variáveis biomecânicas (Forças de reação do apoio) e as variáveis de maturação (Idade óssea, estágio epifisário do fémur e estágio epifisário do pulso).

O nível de significância para a estatística inferencial é de 95%, tal como vem sendo habitual nos estudos realizados no âmbito das ciências do desporto, foi utilizado um grau de probabilidade de erro (*p-value*) <0,05, que permitirá testar a significância dos valores relativos às técnicas estatísticas utilizadas.

3.7 Resultados

Na Tabela 9 estão descritos os contactos efetuados em contexto de treino e as forças de reação do apoio absolutas em newtons (N) e normalizadas ao peso corporal (BW).

Tabela 9. Estatística descritiva dos contactos e forças de reação do apoio.

	Nº	FRA normalizadas (BW)		FRA absolutas (N)	
	<i>Contactos</i>	<i>Com tatami</i>	<i>Sem tatami</i>	<i>Com tatami</i>	<i>Sem tatami</i>
Mínimo	5321,00	1,71	1,69	526,62	479,76
Máximo	7073,00	2,66	2,59	1829,58	1827,31
Média	6346,60	2,12	2,02	1070,81	1025,33
Desvio padrão	425,52	0,22	0,22	276,83	280,18

O registo dos contactos de uma aula padrão da modalidade de Taekwondo revelou uma média de 6347 contactos durante 60 minutos efetivos de treino ou seja 106 contactos

por minuto, ficando no intervalo de frequência indicado para o efeito biopositivo, este treino foi aplicado cumprindo três fases (inicial, principal e final) num total de 80 minutos de treino com instrução e feedbacks de cada exercício e tarefas (Anexos 5).

As tarefas efetuadas sem tatami apresentam menores magnitudes de FRA absolutas, quando comparadas com as tarefas realizadas com tatami, com uma diferença média de 45,48N, o que corresponde a uma diferença de cerca de 10% da massa corporal ($t=-3,359$; $p \leq 0,002$ e $t=-3,652$; $p \leq 0,001$, respetivamente para as comparações com valores absolutos e normalizados).

Considerando o possível efeito que as FRA têm na maturação óssea, foram calculados os valores de associação entre as FRA e a idade óssea, o estágio epifisário do fémur e o estágio epifisário pulso, nas duas condições de realização da tarefa (em tatami e sem tatami), como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10. Tabela de correlação de *Spearman* para as variáveis FRA, Idade óssea, estágio epifisário do fémur e pulso, por piso.

			Forças de reação do apoio	R ²
Idade óssea	Com Tatami	P	0,688	0,47
		Sig.	$\leq 0,001$	
	Sem tatami	P	0,763	0,58
		Sig.	$\leq 0,001$	
Estágio epifisário fémur	Com Tatami	P	0,522	0,27
		Sig.	$\leq 0,001$	
	Sem tatami	P	0,607	0,37
		Sig.	$\leq 0,001$	
Estágio epifisário pulso	Com Tatami	P	0,507	0,26
		Sig.	$\leq 0,001$	
	Sem tatami	P	0,609	0,38
		Sig.	$\leq 0,001$	

Os resultados mostram que existe uma correlação positiva entre as variáveis de maturação, entre as quais, verificou-se que se obteve uma correlação forte entre as FRA das tarefas realizadas sem tatami e a idade óssea, e uma correlação moderada entre as FRA e os estágios epifisários do fémur e pulso. Nas tarefas realizadas em tatami, verifica-se uma correlação positiva moderada com a idade óssea e os estágios epifisários do fémur e pulso.

No que refere ao possível efeito que a prática de Taekwondo tem na magnitude das forças de reação do apoio absolutas, verifica-se que existe uma correlação positiva moderada ($p=0,382$; $p\leq 0,05$) entre os anos de prática e as FRA das tarefas realizadas sem tatami e, também, uma correlação positiva moderada ($p=0,410$; $p\leq 0,05$) nas FRA das tarefas realizadas com tatami.

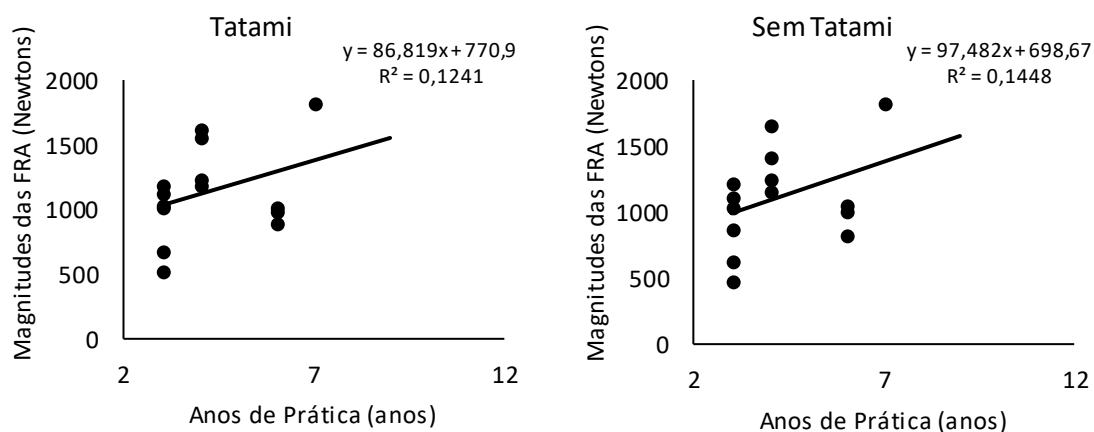


Figura 16. Gráfico de dispersão e linha de tendência entre os anos de prática de Taekwondo e as magnitudes das FRA absolutas das tarefas realizadas em tatami (a) e sem tatami (b).

Considerando a Figura 16, verifica-se pela linha de tendência e pelo seu R^2 uma explicação de 14% das forças de reação do apoio sem tatami deve-se aos anos de prática de Taekwondo, tendo em conta as forças de reação do apoio efetuadas em tatami e o valor superior das suas magnitudes, obtemos um R^2 de 12% explicado pelos anos de prática, ou seja, pela tendência quantos mais anos de prática maiores magnitudes de FRA.

3.8 Discussão

Este estudo teve como objetivo analisar e caracterizar as forças de reação do apoio com tatami e sem tatami, nomeadamente as magnitudes das forças de reação do apoio e as frequências de contactos em treino, com as variáveis de maturação, idade óssea, estágio epifisário do fémur e estágio epifisário do pulso, com o intuito de verificar se a prática

do Taekwondo com e sem tatami surge como fator biopositivo ou bionegativo para a maturação do atleta adolescente de Taekwondo.

Ao longo da vida, as pessoas realizam movimentos no seu dia a dia como saltos, giros, quedas, pontapés, lançamentos e arremessos. Durante décadas, os contactos e o consequente impacto foram vistos como o causador de alguns tipos de lesões que afetam principalmente as articulações do joelho de crianças e jovens.

Talvez por isso, atualmente o treino de impacto seja encarado com alguma ressalva por boa parte dos profissionais do desporto, na maioria das vezes por desconhecimento dos riscos e benefícios que o mesmo pode trazer (Almeida, Castro, & Leandro, 2014).

Este estudo considerou o registo dos contactos de uma aula padrão da modalidade de Taekwondo, onde o atleta se encontra constantemente aos “saltinhos” efetuando inúmeros contactos com o solo. Sacco (2001), afirma que o salto é um movimento que exige o desenvolvimento de muita força, ativação muscular rápida e um alto grau de coordenação muscular, tanto para garantir o deslocamento de todo o corpo contra a ação da gravidade como para manter a postura em situação de instabilidade. No nosso estudo verificou-se uma média de 6347 contactos numa aula de 80 minutos, que em termos efetivo de esforço físico se consideram 60 minutos, sendo que os outros 20 minutos foram para instrução, demonstração, feedbacks e organização. O treino foi dividido em três fases (inicial, principal e final), na parte principal ou específica da modalidade foi onde se realizaram mais contactos, onde em média se registaram 3800 por 30 minutos efetivos de treino.

Esta média de contactos por treino ou a média de 106 contactos por minuto, revelam uma frequência dentro dos limites biopositivos que estabelecem frequências de elevada magnitude (3750 a 4050 contactos) durante uma sessão de 30 min (Nigg *et al.*, 1995), os efeitos biopositivos incluem o estímulo osteogénico, fortalecimento, crescimento e desenvolvimento do sistema músculo-esquelético e o aumento das capacidades funcionais em qualquer idade. Com base nestes resultados a hipótese 1 é aceite, o treino de Taekwondo através do número de contactos não gera efeitos bionegativos.

Coelho e Santos (2010) realizaram um estudo que objetivou identificar o número de saltos por aula realizados pelos professores de body combat, verificando que em média os professores realizam 1420 saltos por aula, mesmo sendo os impactos na FRA do *body*

combat de baixa magnitude e curta duração, a repetibilidade dos saltos apresentada é um fator que poderá gerar futuras lesões.

Desta forma, quantificar a carga mecânica das forças de reação do apoio no Taekwondo é fundamental, permitindo avaliar o potencial osteogénico das tarefas e as suas ligações com a maturação dos atletas adolescentes.

A análise descritiva das FRA da nossa amostra por prática com e sem tatami, mostra que as tarefas realizadas sem tatami apresentam menores magnitudes de FRA absolutas, quando comparadas com as tarefas realizadas com tatami, com uma diferença média de 45,48N. Quando os valores são normalizados verifica-se que corresponde a uma diferença de cerca de 10% da massa corporal, nomeadamente por haver uma média de 2,12BW para os atletas que efetuam a sua prática em tatami e 2,02BW para os atletas que efetuam a sua prática sem tatami. Estes dados estão de acordo com os valores de referência das forças de reação do apoio normalizadas, onde se verifica uma intensidade moderada entre 1 BW e 4 BW e de baixa intensidade magnitudes inferiores a 1 BW (Nigg, B. M., MacIntosh, B. R., & Mester, J. 2000). Com base nestes resultados a hipótese 2 é aceite os atletas de Taekwondo adolescentes efetuam valores de força de reação do apoio dentro do moderados e considerados biopositivos.

No entanto, não se verificaram diferenças significativas dos valores absolutos e normalizados das FRA, entre a prática em tatami e sem tatami. Podemos considerar que o facto de não existirem estas diferenças, seja pelo facto de um dos critérios de inclusão ser a prática Taekwondo mínima de 3 anos, o que coloca estes atletas num bom nível de técnico e de desenvolvimento na modalidade, indo ao encontro de Abilel *et al.* (2002) ao afirmarem que as magnitudes dos contactos dependem do tipo de superfície, da velocidade final da queda e do tempo de desaceleração desta velocidade, sendo estas variáveis influenciadas pela estratégia adotada pelo atleta após o contato com o solo e por fatores como a massa corporal total do indivíduo e pela técnica correta. Estes últimos fatores auxiliam na minimização das FRA que atuam sobre o sistema musculoesquelético (McGinnis, 2013). Com base nestes resultados a hipótese 3 é rejeitada, não existindo diferenças significativas nos valores de força de reação do apoio quando realizadas no tatami e sem tatami.

Considerando ainda as magnitudes das forças de reação do apoio, sobre os parâmetros de maturação, nomeadamente a idade óssea, estágio epifisário do fémur e estágio epifisário do pulso, tendo em conta o piso, verifica-se uma correlação positiva forte entre as FRA das tarefas realizadas sem tatami e a idade óssea e, uma correlação moderada entre as FRA e os estágios epifisários do fémur e pulso. Nas tarefas realizadas em tatami, verifica-se uma correlação positiva moderada com a idade óssea e os estágios epifisários do fémur e pulso. Estes valores confirmam que as magnitudes das FRA no Taekwondo, quando efetuados em tatami ou sem tatami, não colocam a causa os parâmetros de maturação em estudo, estando de acordo com Siebenrock *et al.* (2013) os quais verificaram que não existe propensão para que os atletas de Taekwondo adolescentes tenham uma maturação anormal. Através dos resultados obtidos neste estudo, podemos afirmar que a prática desta modalidade, que se caracteriza por ser adequada e não vigorosa, não causa deformidade quando realizada de acordo com a idade e desenvolvimento, não constituindo por isso risco de lesão (Broderick, C. Winter, J. Allan, R. 2006 & Stafford, D., 2005). Com base nestes resultados a hipótese 4 é aceite, existindo associação significativa entre as variáveis.

No que refere às forças de reação do apoio absolutas, verifica-se que existe uma correlação positiva moderada com os anos de prática quando as tarefas são executadas sem tatami e, também, uma correlação positiva moderada nas FRA das tarefas realizadas com tatami. Verificámos ainda, que 14% das forças de reação do apoio sem tatami são explicadas pelos anos de prática de Taekwondo ($R^2=0,14$) e, que em tatami os anos de prática a explicam 12% das FRA ($R^2=0,12$). Com base nestes resultados a hipótese 5 é aceite, os atletas com mais anos de prática efetuam maiores magnitudes de força de reação do apoio.

3.9 Conclusão

Com este estudo propusemos, analisar as forças de reação do apoio dos atletas adolescentes de Taekwondo, durante a prática com e sem tatami, com base nos resultados concluímos que o treino de Taekwondo pela sua frequência de contactos numa aula padrão gera efeitos biopositivos que incluem o estímulo osteogénico, fortalecimento, crescimento e desenvolvimento do sistema músculo-esquelético e o

aumento das capacidades funcionais. O mesmo foi verificado nas forças de reação do apoio, os atletas adolescentes de Taekwondo produzem valores de FRA normalizadas em peso corporal (BW) dentro do moderado e considerado biopositivo, com tatami ($2,12 \pm 0,22$) e sem tatami ($2,02 \pm 0,02$).

No que refere a utilização ou não utilização do tatami, concluímos não existir diferenças significativas nos valores de FRA quando efetuadas nestas duas condições.

Quando relacionamos as FRA com os parâmetros de maturação, idade óssea, estágio de maturação e estágio epifisário do fémur, concluímos que não existe relação significativa, estas magnitudes por serem consideradas biopositivas sem provocar uma maturação atrasada ou um encerramento precoce das placas epifisárias do fémur, mesmo quando concluímos que os atletas com mais anos de prática realizam maiores magnitudes de FRA.

Conclui-se que a modalidade de Taekwondo quando praticada por adolescentes em tatami ou sem tatami, através das suas frequências de contactos e magnitudes de forças de reação do apoio, provoca um efeito biopositivo na maturação óssea dos atletas.

Capítulo 4

4. Considerações Finais

4.1 Discussão e conclusão geral

Através do conjunto de resultados obtidos, verificou-se e concluiu-se que a prática de Taekwondo independentemente de ser realizada em tatami ou sem tatami e praticada por atletas adolescentes do sexo masculino e feminino é aconselhada pelo efeito biopositivo e características osteogénicas que provoca na maturação óssea.

Esta tese reúne as condições para a criação de uma metodologia de caracterização e identificação do estado maturacional dos atletas adolescentes, fazendo a relação com a prática da modalidade, podendo analisar e caracterizar quanto aos seus efeitos osteogénicos.

Identificou-se também, que a análise do estado de maturação óssea através das placas epifisárias ou placas de crescimento do fémur, responsável pelo crescimento longitudinal e afetadas muitas vezes pela carga mecânica do exercício, nunca foi alvo de estudo em Portugal e dessa forma juntamos o conhecimento da nossa área de estudo com a área da medicina.

4.2 Limitações

A investigação que aqui projetamos apresenta algumas limitações que se prendem com questões tecnológicas e metodológicas.

As limitações tecnológicas manifestam-se no número elevado de RX e na análise por aproximação e através de valores médias do impacto em termos de duração e frequência a que os atletas estão sujeitos.

Em termos metodológicos, existe uma fragilidade no desenho experimental, devido a falta de homogeneidade da amostra por se tratar de adolescentes de ambos os sexos e por não termos um grupo de controlo.

4.3 Recomendações

Para futuras investigações, recomenda-se nesta linha de investigação um aumento da amostra de estudo por sexo masculino e feminino e por condição, prática em tatami e sem tatami.

As frequências dos contactos, poderão ser analisados e comparados com os contactos efetuados em treino de competição de técnica e competição de combate.

Seria importante caracterizar individualmente as magnitudes das forças de reação do apoio das tarefas efetuadas, tendo assim a noção se existe tarefas a ultrapassar os limites biopositivos.

Recomenda-se também a inclusão de uma amostra de controlo, e a possibilidade de realização de um estudo longitudinal com dois momentos de recolha aumentando-se a idade da amostra para 10-19 anos, período total da adolescência.

Bibliografia

- Abilel, B. S. et al. (2002) Características dinâmicas, cinemáticas e eletromiográficas das aterrissagens em situações esperadas e inesperadas. *Revista Brasileira de Biomecânica*, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 45-50.
- Alves, C., & Lima, R. V. B. (2008). Impacto da atividade física e esportes sobre o crescimento e puberdade de crianças e adolescentes. *Revista Paulista de Pediatria*, 26 (4), 383–91.
- Bae, Y.-S., & Kim, K.-M. (2011). Characteristic Comparison of Ground Reaction Force of the Taekwondo's Apkubi Motion and the Walking on Older Persons. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(3), 289–296.
<https://doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.3.289>
- Bailey A, Wedge H, McCulloch G. (1989). Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children as associated with growth. *J Bone Joint Surg [Am]* 1989;71:1225–31
- Balbinot, G., Schuch, C. P., Robinson, C. C., Palhano, R., Bohrer, R. C. D., & Zaro, M. A. (2013). Método de dinâmica direta para a análise do deslocamento do centro de massa corporal durante a caminhada humana. *Brazilian Journal of Biomechanics= Revista Brasileira de Biomecânica*, 12(22), 1–8.
- Barela, A. M. F., & Duarte, M. (2011). Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 6 (1).
<http://www.socibracom.com/bjmb/index.php/bjmb/article/view/32>
- Beis, K., Pieter, W., & Abatzides, G. (2007). Taekwondo techniques and competition characteristics involved in time-loss injuries. *J Sports Sci Med*, 6 (CSSI-2), 45–51.
- Beunen, P., Rogol, D., & Maline, M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4), 244–256.
- Bogin, B. (1988). Patterns of human growth. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bontrager, K., & Lampignano, J. (2013). *Textbook of radiographic positioning and related anatomy*. (Elsevier Health Sciences).
https://www.virginiawestern.edu/academics/courses/RAD_245_F15.
- Branco, M. (2010). *Análise do padrão de marcha na gravidez no âmbito do comportamento motor e da biomecânica*. Escola Superior de Desporto de Rio Maior. <http://repositorio.ipsantarem.pt/handle/10400.15/983>

- Brennecke, A., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2005). Parâmetros dinâmicos de movimentos selecionados da Capoeira. *revista portuguesa de ciências do desporto*, 5(2), 153–159.
- Broderick CR, Winter GJ, Allan RM (2006). Sport for special groups. *Med J Aust*; 184:297–302
- Caine, D. (2006). Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern? *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 749–760.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.017822>
- Cameron, D. N. (2011). *Maturação e sucesso escolar*. Universidade Técnica de Lisboa.
<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/3830>
- Coelho, G. F. M. (2008). Caracterização das forças de impacto mecânico no Jump Kick dos professores de Body Combat.
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91211>
- Coelho, G. F. M., & Santos, S. G. dos. (2010). Caracterização das forças de impacto na execução do Jump Kick. *Motriz rev. educ. fís.(Impr.)*, 16 (1), 143–151.
- Davis, D. L., Chen, L., & Young, S. T. (2013). Evaluation of epiphyses in the skeletally immature knee using magnetic resonance imaging: a pilot study to analyze parameters for anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(7), 1579–1585.
<https://doi.org/10.1177/0363546513486770>
- da Silva Filho, J. N., da Fonseca, R. C., Cruz, A. P., de Maio Godoi Filho, J. R., Saraiva, B., & Ferreira, R. A. (2015). Efeitos do exercício físico de força sobre o desenvolvimento ósseo em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. *RBPFE-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 9(51), 40–47.
- Devita, P., & Skelly, W. A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc*, 24(1), 108–115.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Human kinetics.
- Ferreira, M. N. G., Mateus, J. R., Mateus, S., & Costa, G. D. C. (2015). A influência da atividade física e esportes sobre o crescimento e a maturação. *RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol*, 7(24), 237–243.
- Fragoso, I. (2012). *Maturação, qualidade de vida, composição corporal e atividade física em crianças e adolescentes saudáveis, residentes em Mira-Sintra*. Universidade Técnica de Lisboa. <http://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5482>.

- Fragoso, I., Vieira, F., Ferreira, C., Barrigas, C., Oliveira, C., & Silva, L. (2001). Maturação e sucesso escolar. *Quid Novi*, 1(2), 24–32.
- Fragoso, I & Vieira, F. (2000) Morfologia e Crescimento. curso prático. Cruz Quebrada: FMH-Serviços de edições.
- Gallahue, D. L. (1982) Understanding motor development in children. New York: John Wiley & Sons.
- Greulich, W.W. & Pyle, S.L. (1959). Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist (2nd ed.). Stanford: Stanford University Press.
- Guy JA, Micheli LJ. (2001) Strength training for children and adolescents. *J Am Acad Orthop Surg*;9:29-36
- Healy, J., et al. (1981) the individual and the group. In weiner, j. S., lourie, j. A. (ed.) - practical human biology. London: academic press, 1981, p.11-23.
- Horter, M. J., Friesen, S., Wacker, S., Vogt, B., Leidiger, B., Roedl, R., & Schiedel, F. (2012). Bestimmung des Skelettalters: Vergleich der Methoden nach Greulich und Pyle sowie Tanner und Whitehouse. *Der Orthopäde*, 41(12), 966–976. <https://doi.org/10.1007/s00132-012-1983-y>
- Jandačka, D., Estevan, I., Janura, M., & Falco, C. (2014). The impact of the initial stance position on lower limb joint kinetics in the taekwondo roundhouse kick. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 43(2), 15–22.
- Johnson, S. B., Blum, R. W., & Giedd, J. N. (2009). Adolescent Maturity and the Brain: The Promise and Pitfalls of Neuroscience Research in Adolescent Health Policy. *Journal of Adolescent Health*, 45(3), 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2009.05.016>
- Kim, J. R., Lee, Y. S., & Yu, J. (2015). Assessment of Bone Age in Prepubertal Healthy Korean Children: Comparison among the Korean Standard Bone Age Chart, Greulich-Pyle Method, and Tanner-Whitehouse Method. *Korean Journal of Radiology*, 16(1), 201. <https://doi.org/10.3348/kjr.2015.16.1.201>
- Larsen, M. N., Nielsen, C. M., Helge, E. W., Madsen, M., Manniche, V., Hansen, L. Krstrup, P. (2016). Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8–10 years: the fit first randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2016-096219. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096219>
- Lee, L. (2008). Analysis of jump back kick movement in taekwondo (Vol. 1, pp. 592–595). Apresentado na 26 International Conference on Biomechanics in Sports, Seoul, Korea. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/1944/1812>

- León-Valladares, D., Cagigas, E. V., Badía, R. A., & González, O. G. (2011). Exploración de la densidad ósea en los taekwondoistas de la preselección nacional cubana exploration of osseous density in the taekwondoist of the cuban national preselection. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís.*, 6(3).
- Little, J. T., Klionsky, N. B., Chaturvedi, A., Soral, A., & Chaturvedi, A. (2014). Pediatric Distal Forearm and Wrist Injury: An Imaging Review. *RadioGraphics*, 34(2), 472–490. <https://doi.org/10.1148/rg.342135073>
- Lystad, R. P., Graham, P. L., & Poulos, R. G. (2015). Psychosocial Factors and Injury Risk in Taekwondo: An Exploratory Prospective Cohort Study.
- Lystad, R. P., Gregory, K., & Wilson, J. (2014). The Epidemiology of Injuries in Mixed Martial Arts: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(1). <https://doi.org/10.1177/2325967113518492>
- Lystad, R. P., Pollard, H., & Graham, P. L. (2009). Epidemiology of injuries in competition taekwondo: A meta-analysis of observational studies. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(6), 614–621. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.09.013>
- Mafrá, N. R. (2012). Processamento de Sinal na Avaliação Clínica da Marcha Humana. https://web.fe.up.pt/tavares/downloads/publications/teses/MSc_NunoMafrá.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2009). *Crescimento, maturação e atividade física* (2º). Phorte São Paulo. http://sistema.tiphe.com.br/arquivos_sistema/elemento_416_602.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Malina, R. Bouchard, C. (1991). Growth, Maturation and Physical Activity. Champaign, Illinois.: Human Kinetics Publishers.
- Malina, R.M. (2004). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22, 389-433.
- Malina, R. M. (1991). Fitness and performance: adult health and the culture of youth. *New possibilities, new paradigms*, 24, 30-38.
- Mann, L., Kleinpaul, J. F., Teixeira, C. S., & Mota, C. B. (2010). Modalidades esportivas: impacto, lesões e a força de reação do solo. *Revista da Educação Física/UEM*, 21(3). <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v21i3.6667>

- Mata, C., & Vences Brito, A. (2014). A incidência e prevalência de lesões no taekwondo. Uma abordagem na região centro de Portugal. *Revista da UIIPS*, 2(3), 23.
- McGinnis, P. M. (2013). *Biomechanics of sport and exercise* (3rd ed). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Medved V. (2004) Application of engineering in the study of human locomotion. in Annual 2004 of Croatian Academy of Engineering. Zagreb, Croatia: Croatian Academy of Engineering.
- Melo, S. I. L., Santos, S. G., Cinelli, M. J., Junior, N., & Heidrich, R. M. (2004). Características mecânicas de tatames utilizados no judô. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 18(3), 227–238.
- Mirtz, T. (2011). The Effects of Physical Activity on the Epiphyseal Growth Plates: A Review of the Literature on Normal Physiology and Clinical Implications. *Journal of Clinical Medicine Research*. <https://doi.org/10.4021/jocmr477w>
- Mohsen Kazemi, R. N., & Artur Chudolinski HBSc, D. C. (2009). Nine year longitudinal retrospective study of Taekwondo injuries. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 53(4), 272.
- Moura, M. V. T. (2012). Interposição de fragmento periosteal na fratura da placa epifisária femoral distal: estudo por ressonância magnética. *Radiologia Brasileira*, 45(3), 184–186.
- Moreira, P. V. S., Goethel, M. F., Cardozo, A. C., & Gonçalves, M. (2016). Neuromuscular performance of dollyo chagui: comparison of subelite and elite taekwondo athletes. Em *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 33). <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/6376>.
- Moran, K. A., & Marshall, B. M. (2006). Effect of fatigue on tibial impact accelerations and knee kinematics in drop jumps. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(10), 1836-1842.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. (2013). Clinically oriented anatomy. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nasri, R., Hassen Zrour, S., Rebai, H., Neffeti, F., Najjar, M. F., Bergaoui, N., Tabka, Z. (2015). Combat sports practice favors bone mineral density among adolescent male athletes. *Journal of Clinical Densitometry: The Official Journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 18(1), 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.09.012>.

- Nigg, B. M., Cole, G. K., & Brüggemann, G.-P. (1995). Impact forces during Heel-Toe Running. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(4), 407–432. <https://doi.org/10.1123/jab.11.4.407>.
- Nigg, B.M. (1983) External force measurements with sport shoe and playing surfaces. In: Proceedings of the International Symposium on Biomechanical Aspects of Sport Shoes and Playing Surfaces. Eds: Nigg, B.M. and Kerr, B.A. Calgary, University of Calgary.
- Nigg, B.M. (1985) Biomechanics of running shoes, Champaign, IL, Human Kinetics Publishers.
- Nigg, B. M., MacIntosh, B. R., & Mester, J. (2000). *Biomechanics and biology of movement*. Human Kinetics.
- Nigg, B. M., & Herzog, W. (2007). Biomechanics of the musculo-skeletal system (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- O'Connor, J. E., Bogue, C., Spence, L. D., & Last, J. (2008). A method to establish the relationship between chronological age and stage of union from radiographic assessment of epiphyseal fusion at the knee: an Irish population study. *Journal of Anatomy*, 212(2), 198–209. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2007.00847>.
- Ogden, J. A., Ganey, T. M., Hill, J. D., & Jaakkola, J. I. (2004). Sever's injury: a stress fracture of the immature calcaneal metaphysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(5), 488–492.
- Oh, S.-G., & Ryu, J.-S. (2010). A Comparative Study on the Kinematic Factors and GRF with Poombaluki Types in Taekkyon. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(1), 57–65. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2010.20.1.057>.
- Pecht, S. & Raschka, C. (2005). Deformation of the fist due to Taekwondo training. *MMW Fortschritte der Medizin*, 147(42), 48–49.
- Pereira, G. S. (2014). *Osteocondrite Dissecante*. Universidade do Porto. Obtido de <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/76574>.
- Pettersson, U., Nordström, P., Alfredson, H., Henriksson-Larsén, K., & Lorentzon, R. (2000). Effect of High Impact Activity on Bone Mass and Size in Adolescent Females: A Comparative Study Between Two Different Types of Sports. *Calcified Tissue International*, 67(3), 207–214. <https://doi.org/10.1007/s002230001131>.

- Pieter, W., Fife, G. P., & O'Sullivan, D. M. (2012). Competition injuries in taekwondo: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. *British Journal of Sports Medicine*, 46(7), 485–491.
- Reidar, P., Petra L. & Roslyn G. (2013). Exposure-adjusted incidence rates and severity of competition injuries in Australian amateur Taekwondo athletes: a 2-year prospective study. *British journal of sports medicine*. 47 (7); 441-446.
- Rêgo, C. (2011). Maturação física ou sexual e maturação óssea no sexo masculino. *Rev. Medicina Desportiva in forma*, 2(6), 23–25.
- Robert, L. (1983) O judo. 7. ed. Lisboa: Editorial Notícias. 509 p.
- Roche A (1986). Bone growth and maturation. In F Faulkner, J Tanner (Eds.), *Human Growth* (Vol. 2).
- Sacco, I. de C. N., Takahasi, H. Y., Suda, E. Y., Battistella, L. R., Kavamoto, C. A., Lopes, J. A. F., & Vasconcelos, J. C. P. de. (2006). Ground reaction force in basketball cutting maneuvers with and without ankle bracing and taping. *Sao Paulo Medical Journal*, 124(5), 245–252.
- Stafford DE (2005). Altered hypothalamic-pituitary-ovarian axis function in young female athletes. *Treat Endocrinol*.4:147-54.
- Santos Cavaleiro, J., & Toigo, A. (2009). Influência do tipo de piso em lesões nos membros inferiores de praticantes de taekwondo chute bandal tchagui, 14(139).
- Santos, S. G. dos. (2003). Estudo das características de impacto e da percepção humana de conforto na prática de ukemis em diferentes tatamis. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84702>.
- Santos, S. G., Detanico, D., & Reis, D. C. (2011). Magnitudes de impacto e cinemática dos membros inferiores no arremesso em suspensão no handebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11(3). <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2009v11n3p326>.
- Santos, S. G. dos, Melo, S. I., Heidrich, R. M., Moro, A. R., & Reis, D. C. (2007). Aceleração e tempo de duração de impacto em segmentos corporais do judoca durante a realização de ukemi em diferentes tipos de tatames. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7(2), 156–166.
- Siebenrock, K. A., Behning, A., Mamisch, T. C., & Schwab, J. M. (2013a). Growth Plate Alteration Precedes Cam-type Deformity in Elite Basketball Players. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 471(4), 1084–1091. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2740-6>

- Siebenrock, K. A., Behning, A., Mamisch, T. C., & Schwab, J. M. (2013b). Growth Plate Alteration Precedes Cam-type Deformity in Elite Basketball Players. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 471(4), 1084–1091.
<https://doi.org/10.1007/s11999-012-2740-6>
- Simpson, J. Ciapponi, T. Wang, H. (2003) Biomecânica da Aterrissagem. In: A Ciência do Exercício e dos Esportes. William E. Garret Jr, Donald T. Kirkendall e colaboradores. Porto Alegre: Artmed.
- Silva. (2015). *Antropologia Forense e Identificação Humana*. [sn]. Obtido de <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/5237>.
- Silva, C., Teixeira, S., & Goldberg, L. (2003). O esporte e suas implicações na saúde óssea de atletas adolescentes. <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbme/v9n6/18939>.
- Tanner, J. M., Healy, M. R. J., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3). *WB Saunders, London*, 243-254.
- Tanner, J.M. (1962). *Growth at adolescence*(1sted.). Oxford: Blackwell.
- Tanner, J.M. (1973). *Growth at adolescence*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, et al.: *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 Method)*. New York: Academic Press, 1975
- Tuma, C., Oliveira Júnior, W. N., Tuma, G. S. N., Garbui, I. U., Silva, N. P. da, & Nouer, P. R. A. (2011). Avaliação da idade óssea em crianças de 9 a 12 anos de idade na cidade de Manaus-AM. *Dental Press JOrthod*, 16(3), 63–9.
- Velloso, G., Muniz, W., & Barbosa, L. (2008). Lesões osteoarticulares e a prática desportiva em atletas jovens-doi: 10.5102/ucs.v2i1.529. *Universitas: Ciências da Saúde*, 2(1), 137–145.
- VidalLinhares, R., Matta, O., Perrou, L., Costa, B., & Filho, F. (2010). The relationship between adolescents' dermatoglyphic characteristics and skeletal maturation. *Revista de Salud Pública*, 12(6), 929–937.
- Watkins, J. (2014). *Fundamental biomechanics of sport and exercise*. Routledge.
- Weiss, S., & Parker, F. (1939). Pyelonephritis: Its relation to vascular lesions and to arterial hypertension. *Medicine*, 18.
- Wieczorek, S. A., Duarte, M., & Amadio, A. C. (1997). Estudo da força reação do solo no movimento básico de «step». *Revista Paulista de Educação Física*, 11(2), 103–115.

- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2001). Physical energy: fuel metabolism. *Nutrition reviews*, 59(1), S13–S16.
- World Health Organization (1995), Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneve, 453.
- Yanaguizawa, M., Taberner, S., Aihara, Y., Yamaguchi, K., Guimarães, C., Fernandes, A., Fernandes, J. (2008). Avaliação por imagem das lesões da placa de crescimento. *Radiol Bra*, 41(3), 199–204.
- Yung, P. (2005). Effects of weight bearing and non-weight bearing exercises on bone properties using calcaneal quantitative ultrasound. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 547–551. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.014621>.
- Zampiere, C & Almeida, G.(2003) Instabilidade Funcional do Tornozelo: controle motor e aplicação fisioterapêutica. *Rev Bras Fisioter*. 7:101-114.
- Zioupou, P., & Casinos, A. (1998). Cumulative damage and the response of human bone in two-step loading fatigue. *Journal of biomechanics*, 31(9), 825–833.

Anexos

ANEXOS 1. CONSENTIMENTO INFORMADO, ENCARREGADOS DE EDUCAÇÃO	80
ANEXOS 2. CONSENTIMENTO INFORMADO CLUBES E RESPONSÁVEIS.....	81
ANEXOS 3. UNIDADE DE TREINO	82
ANEXOS 4. PROTOCOLO DE COOPERAÇÃO	84
ANEXOS 5. FICHA DE DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	87
ANEXOS 6. ROTINA MATBAL, PARA TRATAMENTO DOS DADOS RECOLHIDOS NA PLATAFORMA DE FORÇAS.....	88

Anexos 1. Consentimento Informado, encarregados de educação**Consentimento Informado**

Caro(a) Encarregado de Educação,

A Escola Superior de Desporto de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém, através do mestrando Carlos Mata e os seus orientadores Prof. Dr. Pedro Sequeira e Prof. Dr. Marco Branco estão a desenvolver uma tese subordinada ao tema: **Efeitos da prática de Taekwondo, descalço com e sem tatami, na maturação óssea.**

Deste modo, venho por este meio solicitar o seu consentimento para a participação do seu filho(a) no estudo.

As recolhas serão efetuadas em dois momentos

1ª recolha – Radiografia ao punho e joelho dominante no Hospital Distrital de Santarém.

2ª recolha – Verificar e analisar os valores de impacto gerados pela plataforma de forças nas tarefas em rotação, giros, deslocamentos e saltos com e sem tatami.

Se tiver qualquer dúvida ou questão em relação ao estudo, por favor contacte para carlosgomesmata@gmail.com com ou 919266154 (Carlos Mata).

Agradecendo a sua disponibilidade, subscrevo-me com os melhores cumprimentos.

Carlos Mata (Mestrando)

Escola Superior de Desporto de Rio Maior - IPS

Prof. Dr. Pedro Sequeira

Prof. Dr. Marco Branco

Escola Superior de Desporto de Rio Maior - IPS

**Consentimento**

Eu, _____, li a informação e autorizo a participação do(a) meu/minha filho/filha no respetivo estudo.

Declaro ter lido e compreendido este documento. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste trabalho sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelos investigadores

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Anexos 2. Consentimento informado clubes e responsáveis**Consentimento Informado**

Clubes/Responsáveis Técnicos,

A Escola Superior de Desporto de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém, através do mestrando Carlos Mata e do seu orientador Prof. Dr. Pedro Sequeira e Prof. Dr. Marco Branco estão a desenvolver uma tese subordinada ao tema: **Efeitos da prática de Taekwondo, descalço com e sem tatami, na maturação óssea.**

Deste modo, venho por este meio solicitar o seu consentimento para a realização deste estudo com os vossos atletas

As recolhas serão efetuadas em dois momentos

1ª recolha – Radiografia ao punho e joelho dominante no Hospital Distrital de Santarém.

2ª recolha – Verificar e analisar os valores de impacto gerados pela plataforma de forças nas tarefas em rotação, giros, deslocamentos e saltos com e sem tatami.

Se tiver qualquer dúvida ou questão em relação ao estudo, por favor contacte para carlosgomesmata@gmail.com com ou 919266154 (Carlos Mata).

Em anexo, o resumo da tese de mestrado.

Agradecendo a sua disponibilidade, subscrevo-me com os melhores cumprimentos.

Carlos Mata (Mestrando)
Escola Superior de Desporto de Rio Maior - IPS

Prof. Dr. Pedro Sequeira
Prof. Dr. Marco Branco
Escola Superior de Desporto de Rio Maior - IPS

✂-----


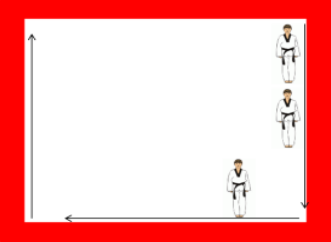
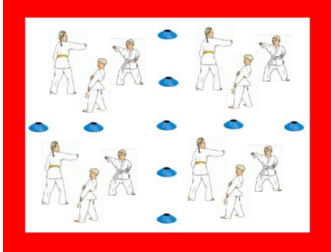
Consentimento

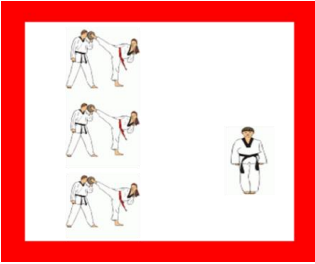
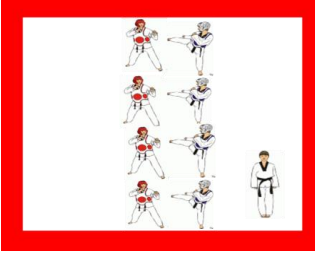

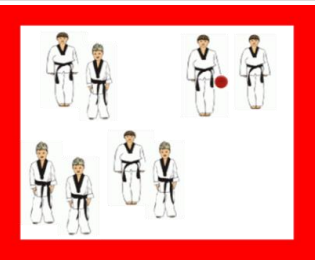
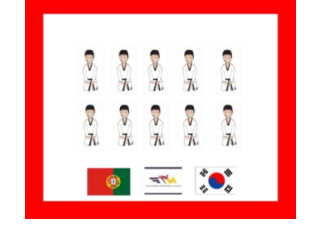
Eu, _____, li a informação e autorizo a realização do respetivo estudo neste Clube.

Declaro ter lido e compreendido este documento. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste trabalho sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelos investigadores

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Anexos 3. Unidade de treino

Escola Superior de Desporto de Rio Mior (PISantarém)		Mestrando em Desporto Escola Superior de Desporto de Rio Mior				Escola Superior de Desporto de Rio Mior (PISantarém)	
Mestrando	Carlos Mata	Local:	Santarém	Data:	Setembro	2016	
Tipo de Tarefa:	Treino	Magnitude da Car	Desenvolvimento				
Conteúdo:	Selectivo (Específica)	Organização:	Individual				
Objectivo Geral: Caracterizar a modalidade Taekwondo quanto ao impacto				Objectivo Especifico: Aferir os valores de impacto resultantes dos exercícios executados numa aula "tipo".			
Material: Telemovel smartfone, Aplicação pedometro, fita cola e folha d eregisto				Amostra	Arte Marcial		
				Género	Masculino e Feminino		
DESCRIÇÃO	ORGANIZAÇÃO/ESQUEMA	TEMPO	CRITÉRIOS EXITO				
Parte Inicial		28					
<ul style="list-style-type: none"> - Cerimónia de Inicio da Aula - Saudações (bandeiras e Treinador) - Leitura do Juramento - Momento de Meditação 		4	<ul style="list-style-type: none"> - Alinhar corretamente por graduações, ou antiguidade - Repetir os pasos da cerimonia - Saber o juramento 				
Aquecimento: Corrida em fila pelo tatami, 65/75% mantera cadência durante a corrida. Tarefas: <ul style="list-style-type: none"> - corrida lateral - costas - Multisaltos com os pé juntos - joelhos a cima - calcanhares - agachamento e salto - salto e agachamento - joelho dir. 1,2,3 troca esq 	Rep: 10' Sériés: 1 Pausa: Intensidade: 75% 	10	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência ao exercício - cumprir as tarefas com amplitude - joelhos para cima - calcanhares a tocar nos gluteos - agachamento fletindo bem as pernas 				
Aquecimento: Grupos de 3, cada gupo com areas iguais. Tarefas: <ol style="list-style-type: none"> 1- tocar nos pés com os pés 2- tocar com as mãos nos joelhos 3- tocar com as mão nas costas 4- tocar com as mãos nos ombros 5- tocar nos pés, joelhos, costas e ombros 6- em bandal tocar no tronco, coxa e gluteos No entrevalo de cada tarefa realizar 15 vezes (abdominais, flexões,	Rep: 2' Sériés: 6 Pausa: 45" 	14	<ul style="list-style-type: none"> - velocidade de execução - Tentar tocar nos colegas o maximo possivel - Tentar não ser tocado - concentração - Diversão - Competição 				
Parte Principal		40					
Exercicio: Em filas por graduação, fazer uma fila de cada vez. Executar a avançar e recuar Tarefas: <ol style="list-style-type: none"> 1- Guarda aberta 2- Guarda Fechada 3- Deslize 4- Step 5- Trocas 6- Troca + Bandal 7- Deslize frente+trás+ bandal 	Rep: 4 Sériés: 10 Pausa: 20" Intensidade: 80% 	10	<ul style="list-style-type: none"> - Noções de Guarda aberta e fechada - Saltitar - Step's com profundidade - Deslizes com profundidade - Capacidade de resposta - Concentração - Executar correctamente a acção pedida - Velocidade de reação 				

Exercício Flexibilidade ativa Fazer pares com um mitt, realizar 8 x com cada perna: - Ap chagui - Bakat - An - Olyo - Saltitar + Bandal - Mondolyo	Rep: 10m Séries: 1 Pausa: 1m 	10	- Maior amplitude possível - Resistência ao exercício - Flexibilidade
Exercício Kyrugie Formar pares e realizar combate. No final de cada 1,30" troca de par	Rep: 1,30" Séries: 10 Pausa: 20" Intensidade: 80% 	10	- Mobilidade - Amplitude nas técnicas - Velocidade de reação - Concentração - Movimentações em deslize, step e trocas
Exercício Poomsae Individualmente ou em grupos de graduações iguais, realizar 4 Taeguks ou poomsae diferentes 3 vezes cada uma.	Rep: 3 Séries: 4 Pausa: 30" Intensidade: 70% 	10	- Desenvolvimento da mecanização do diagrama - Volume de Taeguks ou poomsae - Amplitude nos movimentos
Parte Final			
Jogo do mata Um atleta inicia o jogo com uma bola, sendo o objetivo acertar nos colegas "matando" quem estiver morto afasta as pernas e os colegas vivos podem passar por baixo salvando. Condicionantes: colocar 2 jogadores ou diminuir o espaço	Rep: 8 Séries: 1 Pausa: 30" Intensidade: 70% 	8	- Contração - Diversão - Interrelação
- Cerimónia de encerramento da Aula - Saudações (bandeiras e Treinador) - Leitura do Juramento - Momento de Meditação e imagética.		4	- Alinhar corretamente por graduações, ou antiguidade - Seguir os passos da cerimónia de encerramento - Manter o Silêncio - Relaxar - Visualização e Retenção da aula
O Treinador: _____	Total final	80	

Anexos 4. Protocolo de cooperação

Exmo. Senhor

Diretor da Escola Superior de Desporto de Rio
Maior

Av.^a Dr. Mário Soares, 110

2040 - 413 RIO MAIOR

Sua Referência

Sua Comunicação

Nossa Referência

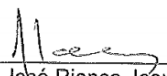
Data

Assunto: Protocolo de Cooperação.

Vimos pelo presente devolver 1 exemplar do Protocolo de Cooperação entre IPS/ESDRM e o Hospital Distrital de Santarém, devidamente assinado.

Com os melhores cumprimentos.

O Presidente do Conselho de Administração



Dr. José Rianço Josué



**PROTOCOLO DE COOPERAÇÃO
ENTRE A
HOSPITAL DISTRITAL DE SANTARÉM
E A
ESCOLA SUPERIOR DE DESPORTO DE RIO MAIOR DO
INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**

O presente protocolo visa o estabelecimento formal de condições para o desenvolvimento de relações de cooperação entre o Hospital Distrital de Santarém, pessoa coletiva n.º 506361462, adiante designado(a) por HDS, sediada na Avenida Bernardo Santareno, 2005-177 Santarém, representada pelo seu Presidente, José Rianço Josué, e a Escola Superior de Desporto de Rio Maior do Instituto Politécnico de Santarém, pessoa coletiva n.º 501 403 906, adiante designada por ESDRM, sediada na Avenida Dr. Mário Soares, 2040-413 Rio Maior, representada pelo seu Diretor, Professor Doutor João Moutão, que acordam entre si o seguinte:

CLÁUSULA PRIMEIRA

Âmbito da Cooperação

1. A ESDRM e o HDS comprometem-se a colaborar nos domínios da formação e da investigação.
2. A ESDRM reconhece o papel da HDS como entidade parceira, no desenvolvimento de recolhas, nomeadamente no âmbito das investigações que a instituição realiza e que concorrem para o bem-estar das populações.

CLÁUSULA SEGUNDA

Da Realização da Investigação

1. A ESDRM e o HDS reconhecem mutuamente o interesse pela investigação em causa, no âmbito da tese de mestrado com o título *“Efeitos da prática de Taekwondo, descalço com e sem tatami, na maturação óssea”*, bem como de outras que possam vir a ser realizadas e que sejam do interesse comum.
2. A ESDRM procederá para que todas as atividades dos mestrandos/investigadores, sejam devidamente enquadradas pelos seus orientadores, que terão que ser obrigatoriamente doutorados. Neste caso concreto a atividade do mestrando/investigador Carlos Mata será orientada pelo professor doutor Pedro Sequeira.



3. No caso concreto da presente projeto de tese de mestrado, para além das recolhas de 90 radiografias ao pulso e joelho no HDS, não advêm quaisquer encargos de índole financeira para esta entidade. Outros projetos futuros serão analisados posteriormente.

CLÁUSULA TERCEIRA

Da Atividade de Recolhas

1. Os sujeitos selecionados para as recolhas serão informados pelo mestrando/investigador através do consentimento informado que por sua vez será assinado pelos encarregados de educação por se tratar de menores.
2. As deslocações dos sujeitos serão da responsabilidade do Mestrando/investigador.
3. O HDS procederá no sentido de facultar um mapa com os dias, horário e número máximo de recolhas radiológicas.
4. As recolhas serão guardadas em formato digital e compiladas em pen.

CLÁUSULA QUARTA

Disposições Finais

1. O presente protocolo de colaboração tem a duração de um ano civil, e será prorrogado sucessivamente por igual período, salvo denúncia de qualquer das partes, até sessenta dias antes do seu termo.

Assim o outorgam e reciprocamente acordam.

Rio Maior, em 16 de março de 2016.

O Presidente do
Hospital Distrital de Santarém

(José Rianço Josué)

O Diretor da
Escola Superior de Desporto de Rio Maior,

(João Moutão)

Anexos 5. Ficha de descrição das tarefas

DESLOCAMENTOS		
		<p>Ap Kubi - O atleta está com os dois pés fora da PF em ap kubi, à voz de comando avança a perna e pé de trás ficando o pé no centro da PF.</p> <p>Step - Atleta irá saltitar com os dois pés fora da PF, à voz de comando avança em step (passo em frente com velocidade) ficando o pé de trás no centro da PF.</p>
Ap Kubi	Step	
SALTOS		
		<p>Tuio sem alvo - O atleta está com os dois pés em cima da PF, à voz de comando executa o Tuio bandal (pontapé em salto) sem alvo, caindo novamente com os dois pés na PF.</p> <p>Tuio com alvo - O atleta está com os dois pés em cima da PF, à voz de comando executa o Tuio bandal (pontapé em salto) com alvo, caindo novamente com os dois pés na PF.</p>
Tuio sem alvo	Tuio com alvo	
GIROS		
		<p>Giro sem alvo - O atleta coloca o pé de apoio no centro e em cima da PFe o pé de ataque fora da PF, após a voz de comando executa o mondolyo (pontapé com giro de 360º) sem alvo, iniciando e terminando no mesmo lugar.</p> <p>Giro com alvo - O atleta coloca o pé de apoio no centro e em cima da PFe o pé de ataque fora da PF, após a voz de comando executa o mondolyo (pontapé com giro de 360º) com alvo, iniciando e terminando no mesmo lugar.</p>
Giro sem Alvo	Giro com alvo	
ROTAÇÕES		
		<p>Bandal sem alvo - O atleta está com os dois pés em cima da PF, à voz de comando executa o Tuio bandal (pontapé em salto) sem alvo, caindo novamente com os dois pés na PF.</p> <p>Bandal com alvo - O atleta está com os dois pés em cima da PF, à voz de comando executa o Tuio bandal (pontapé em salto) com alvo, caindo novamente com os dois pés na PF.</p>
Bandal s/ alvo	Bandal c/ alvo	
TROCAS		
		<p>Trocas - O Atleta está com os dois pés em cima da PF a saltitar, após voz de comando executa a troca dos apoios em velocidade.</p>
Troca de guarda		

Anexos 6. Rotina *MatLab*, para tratamento dos dados recolhidos na plataforma de forças.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Program Name : Compute Vertical GRF from raw platform data      %
% Author : Marco Branco                                           %
% Projeto : Carga Externa em praticantes jovens de Taekwondo      %
% Data de Modification: 14 out 2016                               %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Compute Impact: The end of the action phase and start of recovery i.e. impact
between surfaces.
close all; clear; clc

%% Abrir lista de sujeitos
[num,txt,row] = xlsread('Recolhas_Taekwondo.xlsx','Tabela');
ID=row(2:end,2);
BD_Titles =
{'ID','Peso_N','Peso_Kg','Integral_S_Desl_Technique','Integral_S_Desl_Competition','Integral_T_Desl_Technique','Integral_T_Desl_Competition','Max_GRF_S_Desl_Technique','Max_GRF_S_Desl_Competition','Max_GRF_T_Desl_Technique','Max_GRF_T_Desl_Competition','Norm_Max_GRF_S_Desl_Technique','Norm_Max_GRF_S_Desl_Competition','Norm_Max_GRF_T_Desl_Technique','Norm_Max_GRF_T_Desl_Competition','Integral_S_Salto_Technique','Integral_S_Salto_Competition','Integral_T_Salto_Technique','Integral_T_Salto_Competition','Max_GRF_S_Salto_Technique','Max_GRF_S_Salto_Competition','Max_GRF_T_Salto_Technique','Max_GRF_T_Salto_Competition','Norm_Max_GRF_S_Salto_Technique','Norm_Max_GRF_S_Salto_Competition','Norm_Max_GRF_T_Salto_Technique','Norm_Max_GRF_T_Salto_Competition','Integral_S_Giros_Technique','Integral_S_Giros_Competition','Integral_T_Giros_Technique','Integral_T_Giros_Competition','Max_GRF_S_Giros_Technique','Max_GRF_S_Giros_Competition','Max_GRF_T_Giros_Technique','Max_GRF_T_Giros_Competition','Norm_Max_GRF_S_Giros_Technique','Norm_Max_GRF_S_Giros_Competition','Norm_Max_GRF_T_Giros_Technique','Norm_Max_GRF_T_Giros_Competition','Integral_S_Rotations','Integral_T_Rotations','Max_GRF_S_Rotations','Max_GRF_S_Rotations','Max_GRF_T_Rotations','Max_GRF_T_Rotations','Norm_Max_GRF_S_Rotations','Norm_Max_GRF_S_Rotations','Norm_Max_GRF_T_Rotations','Norm_Max_GRF_T_Rotations','Integral_S_Trocas','Integral_T_Trocas','Max_GRF_S_Trocas','Max_GRF_S_Trocas','Max_GRF_T_Trocas','Max_GRF_T_Trocas','Norm_Max_GRF_S_Trocas','Norm_Max_GRF_S_Trocas','Norm_Max_GRF_T_Trocas','Norm_Max_GRF_T_Trocas','Integral_S_Max_Jump','Integral_T_Max_Jump','Max_GRF_S_Max_Jump','Max_GRF_S_Max_Jump','Max_GRF_T_Max_Jump','Max_GRF_T_Max_Jump','Norm_Max_GRF_S_Max_Jump','Norm_Max_GRF_S_Max_Jump','Norm_Max_GRF_T_Max_Jump','Norm_Max_GRF_T_Max_Jump'};
%% Select files with measured weight
BD = zeros(1,2);
BD_ID = cell(1,1);
%% for all subjects
pathname=uigetdir(pwd,'Selecione a pasta com ficheiros de Peso');

for i = 25; % (coloca aqui a ordem do sujeito que queres analisar) : length(ID); %
identificar a ordem do sujeito
c = 3;
BD_ID = ID(i);
proc = char(strcat('*',ID(i), '*Peso*txt'));
pathname=[pathname '\'];
addpath(pathname)
files=dir([pathname, proc]);
if isempty(files)
    msgbox('Não tem o ficheiro de Peso nesta pasta!')
end

if isempty(files)
    proc = char(strcat('*',ID(i), '*s_salto maximo*txt'));

```

```

        pathname=[pathname '\\'];
        addpath(pathname)
        files=dir([pathname, proc]);
    end
%%
    if size(files.name,1)==1
        filename_or=files.name;
    elseif size(files.name,1)> 1
        BD_ID = lower(BD_ID);
        filename_or=files(i).name;
    end

    Filename = char(filename_or);
    File = char(strcat(pathname, filename_or));
    Clean_File=char(strcat(pathname(1:end-20), filename_or(1)));

    fid1=fopen(File,'rt');
    fid2=fopen(Clean_File,'wt');

    nSkip=3; % INTRODUIZIR O NÚMERO DE LINHAS A ELIMINAR

    for idx=1:nSkip
        l=fgetl(fid1);
    end

    % rest of file
    while ~feof(fid1)
        l=fgetl(fid1);
        fprintf(fid2,'%s\n', l);
    end

    fclose('all');

    % Load data and convert values to Volts
    Raw_Data = load(Clean_File);

    ADC = Raw_Data(:,3); % Value sampled from the channel
    VCC = 5; % Operating Voltage
    n = 12; % number of bits from the channel

    Force_Volts = (ADC * VCC) / ((2^n)-1);

    % Load data and convert values to force units (Newton)
    Force_Newtons = Force_Volts(:,1) * 1684; % 1684 is the number of Newtons per Volt
    Calibration_factor = mean(Force_Newtons(1:1000,1)); % Calcula a média dos
    valores plataforma durante o 1.º segundo

    Force_Newtons_Cal = Force_Newtons(:,1) - Calibration_factor; % Subtract the
    calibration factor

    % Data Filtering 4th order Butterworth low-pass filter
    freq = 8; % wanted frequency
    cutoff = (freq / (1000/2)); % compute cutoff frequency

```

```

[b,a] = butter(4,cutoff);

Force_Newtons_Fil = filter(b,a,Force_Newtons_Cal);

% Select weight interval from series
plot(Force_Newtons_Fil);
[x,y] = ginput(2);
close
select_data = round((x)');
Serie_Peso = Force_Newtons_Fil(select_data(1,1):select_data(1,2));

% Converter peso
BD (1,1) = mean(Serie_Peso); % Peso_N
BD (1,2) = (mean(Serie_Peso)) / 9.82; % Peso_Kg
BD_ID {1,1} = Filename(1:3);

%%%%% **** %%%%%
clearvars -except i ID BD BD_Titles BD_ID pathname c %Integral GRF GRF_BW BD1
BD2

%% %%%%% ANALYSE TASK FILES %%%%% %
for task = 1 : 6

    if task == 1
        disp('Analisar os ficheiros de Deslocamento!')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*Desl*.txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    elseif task == 2
        disp('Analisar os ficheiros de Saltos!')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*Saltos*.txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    elseif task == 3
        disp('Analisar os ficheiros de Giros! ')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*Giros*.txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    elseif task == 4
        disp('Analisar os ficheiros de Rotacoes! ')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*Rotations*.txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    elseif task == 5

```

```

        disp('Analisar os ficheiros de Trocas! ')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*_Trocas*txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    elseif task == 6
        disp('analisar os ficheiros de Salto Maximo! ')
        proc2 = char(strcat('*',ID(i), '*Salto maximo*txt'));
        files=dir([pathname, proc2]);
        if isempty(files)
            msgbox('No raw files in this directory')
        end
    end

    %% Prepare txt file, which consist to remove text from initial lines of the
file
    Impulse = NaN(4,6);
    Max_Ciclos = NaN(4,6);
    Max_Ciclos_Norm = NaN(4,6);
    Mean_Max = zeros(4,1);
    Mean_Impulse = zeros(4,1);
    Mean_GRF_BW = zeros();
    Integral = zeros(1,4);
    GRF = zeros(1,4);
    GRF_BW = zeros(1,4);
    clear File_Idx
    %% Analyse selected files
    Selected_Files = extractfield(files, 'name');
    Selected_Files = Selected_Files';
    Selected_Files = upper(Selected_Files);

    if task ==1
        %Index = strfind(Selected_Files, 'DESL_');
        File_Idx = NaN(4,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_DESL_TREINO'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_DESL_COMPETITION'))));
        File_Idx(3,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_DESL_TREINO'))));
        File_Idx(4,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_DESL_COMPETITION'))));

    elseif task ==2
        %Index = strfind(Selected_Files, 'SALTOS_');
        File_Idx = NaN(4,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_SALTOS_TREINO'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_SALTOS_COMPETITION'))));
        File_Idx(3,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_SALTOS_TREINO'))));

```

```

    File_Idx(4,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_SALTOS_COMPETITION'))));

    elseif task ==3
        %Index = strfind(Selected_Files, 'GIROS_');
        File_Idx = NaN(4,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_GIROS_TREINO'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_GIROS_COMPETITION'))));
        File_Idx(3,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_GIROS_TREINO'))));
        File_Idx(4,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_GIROS_COMPETITION'))));

    elseif task ==4
        %Index = strfind(Selected_Files, 'ROTAÃ#ÃfES_BANDAL');
        File_Idx = NaN(2,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_ROTATIONS_BANDAL'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_ROTATIONS_BANDAL'))));

    elseif task ==5
        %Index = strfind(Selected_Files, 'TROCAS');
        File_Idx = NaN(2,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'S_TROCAS'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files,
'T_TROCAS'))));

    elseif task ==6
        %Index = strfind(Selected_Files, 'SALTO Miç?XIMO');
        File_Idx = NaN(2,1);
        File_Idx(1,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files, 'S_SALTO
MAXIMO'))));
        File_Idx(2,1) = find(not(cellfun('isempty', strfind(Selected_Files, 'T_SALTO
MAXIMO'))));

    end

for f = 1:length(File_Idx)
    Filename = char(files(File_Idx(f)).name);
    File = char(strcat(pathname, Filename));
    Clean_File=char(strcat(pathname(1:end-20), Filename));

    fid1=fopen(File,'rt');
    fid2=fopen(Clean_File,'wt');

    nSkip=3; % INTRODUIZIR O NÍVEL MERO DE LINHAS A ELIMINAR

    for idx=1:nSkip

```

```

        l=fgetl(fid1);
    end

    % rest of file
    while ~feof(fid1)
        l=fgetl(fid1);
        fprintf(fid2,'%s\n', l);
    end

    fclose('all');

    % Load data and convert values to Volts
    Raw_Data = load(Clean_File);

    ADC = Raw_Data(:,3); % Value sampled from the channel
    VCC = 5; % Operating Voltage
    n = 12; % number of bits from the channel

    Force_Volts = (ADC * VCC) / ((2^n)-1);

    % Load data and convert values to force units (Newton)
    Force_Newtons = Force_Volts(:,1) * 1684; % 1684 is the number of Newtons per Volt
    Calibration_factor = mean(Force_Newtons(1:1000,1)); % Calcula a média dos
    valores plataforma durante o 1.º segundo

    Force_Newtons_Cal = Force_Newtons(:,1) - Calibration_factor; % Subtract the
    calibration factor

    % Data Filtering 4th order Butterworth low-pass filter
    freq = 8; % wanted frequency
    cutoff = (freq / (1000/2)); % compute cutoff frequency
    [b,a] = butter(4,cutoff);

    Force_Newtons_Fil = filter(b,a,Force_Newtons_Cal);

    % plot(Force_Newtons_Fil)
    % pause(2)
    % close

    % Plots

    % Define time in seconds
    dt = 1/1000;
    time = (0:dt:dt*length(Force_Volts));
    time = time(1:end-1);

    plot_1 = subplot(2,2,1);
    plot(time, Force_Volts);
    xlabel('time_(s_e_c_o_n_d_s)', 'FontSize', 8);
    ylabel('Volts', 'FontSize', 8);
    %     subplot(filename_or(1:end-4))
    title('Raw Data in Volts', 'FontSize', 9);

```

```

    plot_2 = subplot(2,2,2);
    plot(time, Force_Newtons);
    xlabel('time (_s_e_c_o_n_d_s_)', 'FontSize', 8);
    ylabel('Vertical GRF (_N_e_w_t_o_n_s_)', 'FontSize', 8);
%     subtitle(filename_or(1:end-4))
    title('Raw Data in Newtons', 'FontSize', 9);

    plot_3 = subplot(2,2,3);
    plot(time, Force_Newtons_Cal);
    xlabel('time (_s_e_c_o_n_d_s_)', 'FontSize', 8);
    ylabel('Vertical GRF (_N_e_w_t_o_n_s_)', 'FontSize', 8);
%     subtitle(FileName(1:end-4))
    title('Impact Forces Without Filter', 'FontSize', 9);

    plot_4 = subplot(2,2,4);
    plot(time, Force_Newtons_Fil);
    xlabel('time (_s_e_c_o_n_d_s_)', 'FontSize', 8);
    ylabel('Vertical GRF (_N_e_w_t_o_n_s_)', 'FontSize', 8);
%     subtitle(FileName(1:end-4))
    title('Filtered Impact Forces', 'FontSize', 9);

    Big_Title = strrep(upper(FileName(1:end-24)), '_', '\_');
    subtitle(Big_Title)

    savefig([Clean_File(1:end-24) '_Plots.fig'])
    close

% Select cycles for analysis
    plot(Force_Newtons_Fil);
    set(gcf, 'Position', get(0, 'Screensize'));
    [x,y] = ginput;
    close

if mod(length(x),2)==1

    waitfor(warndlg('Nãocompletou a seleçãodos ciclos. Por favor,
    repita...'));
    clear x y
    % Select cycles for analysis
    plot(Force_Newtons_Fil);
    set(gcf, 'Position', get(0, 'Screensize'));
    [x,y] = ginput;
    close
end

    select_data = zeros(length(x)/2,2);
    m = 1;

for l = 1: round(length(x)/2)

    select_data(l,1:2) = (x(m:m+1))';
    select_data = round(select_data);

```

```

    m = m+2;
end

% Analyse Cycles of data
% Separa as séries temporais numa matrix de strings, porque têm dimensões diferentes
Dados = cell(1,size(select_data,1));
for s = 1: size(select_data,1)
    Dados(:,s) = {Force_Newtons_Fil(select_data(s,1):select_data(s,2))};
end

% Select impulse curve
for r = 1: size(select_data,1) % for all curves
    Ciclos = cell2mat(Dados(r)); % passar para matrix numérica

    % Normalize GRF to Weight
    Ciclos_Norm = Ciclos(:,1)/ BD(1,1);

    % Selecionar intervalo de receção no solo
    plot(Ciclos);
    [xstep,ystep] = ginput(2);
    close
    xstep = round(xstep');

    % Calcular area debaixo da curva de GRFs
    Ciclos_Area = Ciclos(xstep(1):xstep(2));
    area(Ciclos_Area);
    pause(1);
    close

    Impulse(f,r) = trapz(time(1:length(Ciclos_Area)),Ciclos_Area);

    Max_Ciclos(f,r) = max(Ciclos);
    Max_Ciclos_Norm(f,r) = max(Ciclos_Norm);

end % end of curves

%% Normalize data in time
steps_t_norm = zeros(100,1);
BW = zeros(100,1);
time_Norm = (0:1:100);
for t = 1: length(Dados)
    a = cell2mat(Dados(t));
    steps_t_norm(:,t) = ScaleTime(a, 1, length(a), 100);
    BW(:,t) = (steps_t_norm(:,t))/ BD(1,1);
end
x = (1:1:100);

plot_10 = subplot(1,2,1);
plot(x, steps_t_norm);
xlabel('time_(%)', 'FontSize', 8);

```

```

        ylabel('Vertical GRF_(N_e_w_t_o_n_s)','FontSize', 8);
%       suptitle(filename_or(1:end-4))
        title('Absolute Values of GRF','FontSize', 9);

        plot_11 = subplot(1,2,2);
        plot(x, BW);
        xlabel('time_(%)', 'FontSize', 8);
        ylabel('Vertical GRF_(B_W)','FontSize', 8);
%       suptitle(filename_or(1:end-4))
        title('Relative Values of GRF','FontSize', 9);

        Big_Title = strrep(upper(Filename(1:end-24)), '_', '\_');
        suptitle(Big_Title)

        savefig([Clean_File(1:end-24) '_Norm_Plots.fig'])
        close

end % end of conditions

for mm = 1 : 4
    Mean_Impulse(mm,1) = nanmean(Impulse(mm,:));
    Mean_Max(mm,1) = nanmean(Max_Ciclos(mm,:));
    Mean_GRF_BW(mm,1) = nanmean(Max_Ciclos_Norm(mm,:));

end

    Integral(1,:) = Mean_Impulse';
    GRF(1,:) = Mean_Max';
    GRF_BW(1,:) = Mean_GRF_BW';

% Build General DataBase
    if task < 4

        BD(1,c:c+3) = Integral(1,:);
        BD(1,c+4:c+7) = GRF(1,:);
        BD(1,c+8:c+11) = GRF_BW(1,:);

        c = c + 12;
    elseif task > 3
        BD(1,c:c+1) = Integral(1,1:2);
        BD(1,c+2:c+3) = GRF(1,1:2);
        BD(1,c+4:c+5) = GRF_BW(1,1:2);

        c = c + 6;
    end

%% Save data to table and excel
    BD1 = cell2table(BD_ID);
    BD2 = array2table(BD);
    BD_TKW = [BD1 BD2];
    BD_TKW.Properties.VariableNames = BD_Titles(1:size(BD2,2)+size(BD1,2));
    writetable(BD_TKW, strcat('BD-Taekwondo_', char(BD_ID), '.xlsx'));

end

clearvars -except i ID BD BD_Titles pathname c %Integral GRF GRF_BW BD1 BD2

end

%%%%%%%%%%%% End of Rotine %%%%%%%%%%%%%%

```