

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA**

**Igor dos Reis Bones**

**AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO CALÇADO ESPORTIVO COM A  
SUPERFÍCIE DE CONTATO**

Porto Alegre

2023

**Igor dos Reis Bones**

AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO CALÇADO ESPORTIVO COM A  
SUPERFÍCIE DE CONTATO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Dr. Jefferson Fagundes Loss

Porto Alegre

2023

## CIP - Catalogação na Publicação

Bones, Igor dos Reis  
AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO CALÇADO ESPORTIVO COM A  
SUPERFÍCIE DE CONTATO / Igor dos Reis Bones. -- 2023.  
98 f.  
Orientador: Jefferson Fagundes Loss.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa  
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,  
Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Calçado Esportivo. 2. Atrito. 3. Fenômenos  
Biomecânicos. I. Loss, Jefferson Fagundes, orient.  
II. Título.

**Igor dos Reis Bones**

**AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO CALÇADO ESPORTIVO COM A  
SUPERFÍCIE DE CONTATO**

Aprovado em 18 de julho de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.<sup>a</sup> Graciele Sbruzzi**

---

**Prof. Luiz Carlos Gertz**

---

**Prof.<sup>a</sup> Adriana Moré Pacheco**

---

**Orientador – Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss - UFRGS**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de deixar claro que o desafio do mestrado talvez tenha sido o maior até aqui, em meus 30 anos de existência. Amadurecimento pessoal aliado ao conhecimento acadêmico criam uma combinação assustadora, mas muito satisfatória. Agradeço primeiramente a oportunidade de realizar este trabalho em uma instituição de tamanho renome como a UFRGS, juntamente com todos os professores que de certa maneira auxiliaram neste processo.

Em segundo lugar, mas não menos importante. Agradeço a minha família pela oportunidade de educação de qualidade em um país onde a educação não merece o reconhecimento necessário. Em especial a minha mãe, Rosni e ao meu pai, Euclides. Meus avós, Ilsa e Rubens que em todos os momentos me impulsionaram, certamente tudo que faço é para proporcionar um mínimo de orgulho em vocês.

Ao meu orientador, Jefferson. Que possui um coração gigantesco, mesmo as vezes não demonstrando em público com toda amplitude. Obrigado por todos os puxões de orelhas (que foram muitos), mas cada um serviu para levar adiante um Igor mais maduro e preparado para os desafios que estão por vir. Agradeço por toda paciência que tiveste, realmente acredito que a testei por muitas vezes e finalmente por nunca ter desistido de mim e deste trabalho. Gratidão.

Aos meus amigos, que não largaram minha mão mesmo quando eu havia largado. Escutaram meus prantos, manejaram minhas revoltas e com certeza sem vocês não chegaria tão longe. Um homem precisa de amigos, nas horas ruins, mas principalmente nas boas e com certeza vocês fazem parte deste trabalho.

Aos meus colegas de grupo, Eduardo, Lú, Willian, Edgar, Vanessa e Wagner. Eduardo, apenas obrigado é pouco, sei o quanto significa renunciar ao nosso tempo e tu meu amigo, renunciou muito do teu tempo para me ajudar nessa caminhada. Lú, tu sempre foste uma inspiração. Nos momentos mais escuros dessa trajetória ver teu entusiasmo e empenho nos dava energia. Ver tu mobilizar o grupo, nos unir e ganhar o troféu me motivou a não desistir quando talvez essa fosse a única saída. Muito obrigado.

Por fim, agradeço à Alana e sua família. Por terem aguentado ao meu lado esse desafio. Bia, obrigado pelo incentivo pela preocupação e carinho.

Alana, não existem palavras para expressar a tua importância nesta trajetória, mesmo sem obrigação tu sempre me ajudou e objetivou o meu crescimento. Em muitos momentos, tu foste meu porto seguro e ancora para permanecer. Agradeço muito nossas vidas terem se cruzado.

Muito obrigado a todos.

## NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Documento (dissertação): Orientações para a Normalização de Trabalhos Acadêmicos da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança - Porto Alegre, UFRGS, 2019.

Estudo 1: Normas da Revista *Journal of Footwear Science* (Anexo A).

Estudo 2: Normas da Revista *Journal of Biomechanics* (Anexo B).

## RESUMO

Existe uma variedade de calçados esportivos disponíveis no mercado, com design e materiais de solado específicos para determinadas modalidades e suas respectivas superfícies. A interação entre o calçado esportivo e a respectiva superfície de contato é um importante influenciador na performance e um agente no risco de lesões de membros inferiores. É necessário encontrar um equilíbrio entre as cargas provenientes da interação para calçados mais seguros e eficazes. Diversos métodos e variáveis para caracterizar esta interação são descritas na literatura. Esta dissertação propôs revisar diferentes métodos e variáveis utilizados na avaliação da interação do calçado esportivo com a superfície de contato além de implementar um teste em laboratório. A dissertação apresenta dois estudos. O Estudo 1 é uma revisão de escopo com 44 artigos incluídos. Os principais métodos encontrados na avaliação da interação calçado esportivo e superfície de contato foram caracterizados e divididos em quatro subgrupos: aparato mecânico; aparato mecânico e cadáveres, seres humanos, seres humanos e aparato mecânico. 738 calçados ou solados, 214 superfícies ou condições e 791 indivíduos representaram os dados. Trabalhos que envolviam esportes como futebol e futebol americano foram os mais recorrentes. Com base nestes estudos pode-se afirmar que uma análise completa deve considerar as forças translacionais e rotacionais, com os movimentos e cargas mais próximas da realidade possíveis. O Estudo 2 foi a implementação da análise para a interação de um calçado de futsal com superfície de cimento em nosso laboratório, visando descrever as características friccionais, como o pico de torque, a rigidez rotacional e o coeficiente de fricção. Também foi avaliado o efeito da carga compressiva e da velocidade angular na interação calçado esportivo superfície de contato. O estudo foi realizado em um único calçado submetido a cargas compressivas de 30kgf e 42kgf em diferentes velocidades angulares ( $325^{\circ}/s$  e  $360^{\circ}/s$ ). Há uma variabilidade de métodos de avaliação da interação calçado superfície, não sendo possível definir qual é superior. Cada metodologia apresenta variáveis específicas, destacando as forças horizontais e torque para uma análise completa. Menores cargas compressivas acarretam menor variabilidade do pico de torque e COF ao alterarmos a velocidade angular.

**Palavras-chave:** Calçado Esportivo, Atrito, Fenômenos Biomecânicos

## ABSTRACT

There is a variety of sports shoes available on the market, with design and sole materials specific to certain sports and their respective surfaces. The interaction between sports shoes and the respective contact surface is an important influencer on performance and an agent in the risk of lower limb injuries. It is necessary to find a balance between the loads arising from the interaction for safer and more effective shoes. Several methods and variables to characterize this interaction are described in the literature. This dissertation proposed to review different methods and variables used in the evaluation of the interaction of sports shoes with the contact surface, in addition to implementing a laboratory test. The dissertation presents two studies. Study 1 is a scope review with 44 articles included. The main methods found in the evaluation of the



interaction between sports footwear and contact surface were characterized and divided into four subgroups: mechanical apparatus; mechanical apparatus and corpses, human beings, human beings, and mechanical apparatus. 738 shoes or soles, 214 surfaces or conditions, and 791 individuals represented the data. Jobs involving sports such as football and American football were the most recurrent. Based on these studies, it can be stated that a complete analysis must consider translational and rotational forces, with movements and loads as close to reality as possible. Study 2 was the implementation of the analysis for the interaction of a futsal shoe with a cement surface in our laboratory, aiming to describe the frictional characteristics, such as peak torque, rotational stiffness, and coefficient of friction. The effect of compressive load and angular velocity on the contact surface interaction was also evaluated. The study was carried out on a single shoe subjected to compressive loads of 30Kgf and 42Kgf at different angular velocities ( $325^{\circ}/s$  and  $360^{\circ}/s$ ). There is a variety of methods for evaluating the interaction between shoes and the surface, and it is not possible to define which one is superior. Each methodology presents specific variables, highlighting horizontal forces and torque for a complete analysis. It seems that lower compressive loads lead to less variability in peak torque and COF when changing the angular velocity.

**Key words:** Sports Shoes, Friction, Biomechanical Phenomena

## LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS

<b>COI</b>	Comitê Olímpico Internacional
<b>FIFA</b>	Federação Internacional de Futebol
<b>MMD</b>	Manobra de mudança de direção
<b>n</b>	Número
<b>Hz</b>	Hertz
<b>3D</b>	Três dimensões
<b>kg</b>	Quilograma
<b>lb</b>	Libras
<b>N</b>	newton
<b>Kgf</b>	Quilograma força
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Nm</b>	newton metro
<b>min</b>	Minutos
<b>s</b>	Segundo
<b>°C</b>	Grau Celsius
<b>DCOF</b>	Coeficiente de fricção dinâmico
<b>COF</b>	Coeficiente de fricção
<b>GRF</b>	Força de reação com o solo
<b>V</b>	Volts

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### *Capítulo II*

Figura 1 – Diagrama de fluxo do processo de inclusão de artigos na Revisão de Escopo.....	30
Figura 2 – Dispositivos mecânicos de análise da interação calçado/superfície.....	34

### *Capítulo III*

Figura 1 - Solado da chuteira utilizado para os testes mecânicos.....	67
Figura 2 - Dispositivo mecânico utilizado para os testes.....	68
Figura 3 - Velocidade angular mensurada simultaneamente à força horizontal com carga compressiva 30 kgf.....	69

## LISTA DE TABELAS

### *Capítulo II*

<b>Tabela 1</b> – Critérios de Inclusão de acordo com o acrônimo PEOT.....	27
<b>Tabela 2</b> – Estratégia de busca para as bases de dados Scielo, Embase e Scopus.....	46
<b>Tabela 3</b> - Estratégia de busca para a base de dados PubMed.....	47
<b>Tabela 4</b> - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.....	48

### *Capítulo III*

<b>Tabela 1</b> - Média e desvio padrão do pico de torque, taxa de rigidez e coeficiente de fricção (COF) de um calçado de futsal com superfície de cimento separados por carga compressiva e velocidade angular.....	71
---	----

## ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi estruturada durante o período pandêmico de COVID-19, havendo incerteza quanto o uso em segurança das estruturas físicas do nosso laboratório. Inicialmente, nosso projeto seria buscar bases na literatura a fim de aprimorar nosso aparato mecânico de avaliação da interação calçado esportivo/gramados artificiais para os movimentos de rotação e tentar extrapolar para demais superfícies de contato e modalidades esportivas. Entretanto, percebemos que deveríamos recuar alguns passos e primeiramente esclarecer os conceitos básicos de tal interação, além de tentar implementar em nosso laboratório o que consideraríamos como uma metodologia a ser seguida para as avaliações da interação calçado esportivo/superfície de contato utilizando um aparato mecânico.

Diante da incerteza a respeito da possibilidade de coleta presencial e utilização de nossa estrutura, em decorrência das restrições referentes à pandemia, optou-se em um primeiro momento pela realização de um estudo exclusivamente teórico. Entretanto, por ocasião da qualificação do projeto, já estava tendo início a flexibilização das regras de convivência, restrição social e permissões do uso dos espaços comuns disponíveis em nossa universidade.

Neste contexto, esta dissertação de mestrado está dividida da seguinte forma: dois estudos originais (capítulos II e III) conduzidos sequencialmente, precedidos de uma introdução (capítulo I) que possui uma contextualização geral sobre o tema, estrutura e os objetivos da dissertação, sucedidos das considerações finais (capítulo IV).

O capítulo II apresenta uma revisão de escopo, com o objetivo de identificar as evidências disponíveis e seus métodos utilizados para caracterizar e medir as variáveis que expliquem a interação calçado esportivo com respectiva superfície de contato utilizando uma revisão de escopo.

O capítulo III descreve a interação calçado esportivo e superfície de cimento em um movimento rotacional, buscando identificar como a variação de carga compressivas influencia na magnitude torque através do índice de coeficiente de fricção, como a razão da força rotacional/força vertical.

Por fim, o capítulo IV apresenta as considerações finais sobre os artigos que compuseram esta dissertação.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 OBJETIVO GERAL: .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS – Capítulo I.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II - ESTUDO 1 .....</b>	<b>24</b>
<b>RESUMO:.....</b>	<b>25</b>
<b>ABSTRACT:.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 MÉTODO.....</b>	<b>28</b>
2.2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA .....	28
2.2.2 FONTE DE TRIAGEM E SELEÇÃO DE EVIDÊNCIAS .....	29
2.2.3 EXTRAÇÃO DOS DADOS .....	29
<b>2.3 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS INCLUÍDOS.....	30
2.3.2 MODALIDADE ESPORTIVA.....	32
2.3.3 CONDIÇÃO DE AVALIAÇÃO .....	32
2.3.4 VARIÁVEIS ANÁLISADAS.....	33
2.3.5 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	34
2.3.6 OUTROS ESTUDOS.....	36
<b>2.4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
2.4.1 INTERAÇÃO CALÇADO SUPERFÍCIE E MODALIDADES ESPORTIVAS.....	37
<b>2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS – Capítulo II.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A – ESTRATÉGIAS DE BUSCAS DETALHADAS.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE B – CARACTERÍSTICA DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS     INCLUÍDOS NA REVISÃO DE ESCOPO.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO III - ESTUDO 2.....</b>	<b>64</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>65</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>65</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2 METODOLOGIA .....</b>	<b>67</b>

3.2.1 PROCEDIMENTOS DE COLETAS DE DADOS .....	69
3.2.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE .....	70
3.2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	71
<b>3.3 RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
<b>3.4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS – Capítulo III.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA JOURNAL FOOTWEAR SCIENCE.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO B – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA JOURNAL OF BIOMECHANICS .....</b>	<b>89</b>

## **CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO**

Ao longo das últimas décadas os calçados esportivos ganharam destaque no âmbito acadêmico e comercial, acompanhando o desenvolvimento econômico e tecnológico relacionado às atividades físicas. (SUN et al., 2020; WANG et al., 2020). Os calçados esportivos estão presentes em diversas modalidades, sendo condutores importantes das forças envolvidas durante os gestos motores. Assim sendo, acabam como agentes influenciadores do desempenho e uma das fontes envolvidas nos riscos de lesões. (BELL; HIBBERT; DOMIRE, 2020; WANG et al., 2020).

Apesar da similaridade dos gestos motores em modalidades distintas, cada esporte exige uma configuração própria de calçados que proporcione segurança e performance, proporcionando uma pluralidade de modelos e marcas disponíveis para consumo. (FIRMINGER et al., 2019). A escolha dos modelos de calçados a serem utilizados, também ocorre conforme a modalidade esportiva e sua respectiva superfície. (STERZING; MÜLLER; MILANI, 2010).

As variações entre os calçados, com diversos designs e composições dos materiais envolvidos na confecção do solado, possuem a capacidade de alterar os gestos motores e conseqüentemente a performance final durante as atividades esportivas. (APPS et al., 2020a; WOROSETS; WANNOP, 2015). A interação entre as diferentes superfícies e solados dos calçados esportivos induzem a cargas e respostas distintas no tecido orgânico. As forças provenientes dos movimentos são dissipadas e absorvidas de maneira específica através do corpo humano, variando de acordo com o modelo do calçado escolhido e como efeito uma possível potencialização no aumento do risco de lesões de membros inferiores. (BARRY; MILBURN, 2013; BELL; HIBBERT; DOMIRE, 2020; FIRMINGER et al., 2019).

As lesões de membros inferiores consistem em mais da metade dos diagnósticos clínicos em atletas e praticantes de exercício físico, indo muito além das questões de performance e saúde, com impactos financeiros consideráveis para os esportistas, clubes e sistemas de saúde. As lesões de membros inferiores são consideradas algumas das principais causas dos afastamentos das atividades físicas na população em geral e aposentadorias precoces em



atletas de alto rendimento. (DOS'SANTOS et al., 2019; GOES et al., 2020; JUNGE; DVOŘÁK, 2015; KILIC et al., 2017; SALCES et al., 2014). Isto posto, é importante o embasamento e a elaboração de estratégias que sejam capazes de diminuir a incidência de lesões, focando na prevenção destas ocorrências.

Uma abordagem focada na prevenção não é simples, pelas características das lesões esportivas. (MEURER; SILVA; BARONI, 2017). Há um entendimento que as alterações a saúde física do atleta podem ser provenientes de três relações com a modalidade esportiva: Diretamente, durante ou oriundo da prática ou de suas capacidades físicas e gestos; Indiretamente, quando há uma ocorrência durante um período de competição ou treinamentos, mas fora do momento de exercício físico propriamente dito; Não vinculada a participação esportiva, fora do período de treinamento ou competitivo e sem relação direta com as habilidades envolvidas no esporte, por motivos externos o indivíduo precisa ausentar-se das suas atividades. (BAHR et al., 2020; WALDÉN et al., 2023).

Os mecanismos de como as lesões ocorrem são amplamente conhecidos (DELLA VILLA et al., 2020; KOGA et al., 2010) e podem ser classificadas em: contato direto, vinculado de maneira instantânea e proximal; contato indireto, carga não aplicada diretamente no segmento agredido, mas com potencial para desencadear uma cascata de situações que levará ao acometimento; e não contato, quando não ocorre nenhuma espécie de contato com agentes externos (BAHR et al., 2020).

Os mecanismos de lesões são provocados por dois conjuntos de fatores: os intrínsecos, aqueles relativos às características individuais do sujeito; e os extrínsecos, decorrentes de situações do contexto esportivo, como modalidade, ambiente e instrumentos indispensáveis para a prática desportiva, como os calçados. (EDOUARD et al., 2020; POL et al., 2019; SUN et al., 2020). A variabilidade da superfície onde uma mesma modalidade ocorre, por exemplo, também pode ser considerado um fator de risco extrínseco para lesões de membros inferiores. (VAN DER WORP et al., 2015).

Existe uma relação perigosa do aumento das cargas externas com o acréscimo da tensão em tecidos orgânicos dos membros inferiores. (BISESTI et al., 2015; CARDOSO et al., 2019; THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015; VILLWOCK et al., 2009a). Quando analisamos as cargas externas pela

perspectiva da interação calçado esportivo/superfícies de contato, se por um lado um solado que proporcione pouca resistência com o solo pode acarretar lesões proveniente do deslizamento, por outro lado, o excesso das forças na interação também pode elevar o risco de lesões através da intensa fixação do pé no solo. (APPS et al., 2020b; WANNOP; LUO; STEFANYSHYN, 2009). Portanto, mostra-se necessário encontrar um equilíbrio entre as cargas externas envolvidas na interação do calçado esportivo com o solo, objetivando a melhora do rendimento e a diminuição da exposição aos riscos de lesões nestes indivíduos.

Um dos fatores que reporta à carga envolvida na interação do calçado com a superfície, é a tração. Villwock et al. (2009b) trazem a definição do Comitê de Materiais e Equipamentos Esportivos da Sociedade Americana para Testes e Materiais onde a tração pode ser considerada como a intenção de aceleração ou frenagem de determinada manobra sobre uma superfície estática, estando obrigatoriamente em paralelo ao plano e antagônico ao movimento. Há uma divisão da tração entre um componente linear translacional e outro rotacional, um está relacionado com a razão da força horizontal e força perpendicular ao solo, enquanto o outro refere-se ao torque sobre o eixo. (BARRY; MILBURN, 2013; WANNOP; LUO; STEFANYSHYN, 2009). A tração depende diretamente das superfícies de contato envolvidas, portanto o terreno onde o esporte é praticado adjunto com a composição do solado tem grande influência no comportamento das forças. (PLUIM; CLARSEN; VERHAGEN, 2018; SILVA et al., 2017).

Apesar de existirem divergências entre os autores quanto a nomenclatura e o método apresentado para avaliar a interação calçado esportivo e superfície existem normas internacionais que ditam as avaliações de calçados, principalmente para aqueles utilizados como equipamento de proteção individual em indústrias e demais atividades laborais. (BESCHORNER et al., 2020). Entretanto, tais normas apresentam algumas barreiras a serem superadas quando pensamos em calçados esportivos, não sendo indicadas para aplicação em calçados com travas ou demais adornos na sola, excluindo por exemplo as chuteiras (com travas) e outros calçados com estas características. (ISO13287:2019E; 24267:2020E; SATRA TM144: 2021).

Outro importante obstáculo é o método de avaliação detalhado nas normas técnicas, que ocorre dentro do movimento específico de marcha em linha reta (ISO 24267:2020E; SATRA TM144: 2021). Já os movimentos esportivos são mais complexos, com mudanças de direções, frenagens e acelerações repentinas. Ainda, são referidas apenas questões relacionadas a abrasão dos componentes do solado (ISO13287:2019E) ou ao deslizamento em superfícies limpas ou contaminadas com detergentes, substâncias oleosas ou água (ISO13287:2019E; SATRA TM144: 2021), não abordando os aspectos relacionados a resistência rotacional. Deve-se levar em consideração também que muitas vezes há necessidade de um aparato mecânico caro e complexo para a aplicabilidade de tais avaliações descritas nas normas internacionais. (ISO13287:2019E; 24267:2020E; SATRA TM144: 2021).

Diversas estratégias alternativas para mensuração da interação calçado/superfície são descritas na literatura. Alguns utilizaram algum modelo de aparato mecânico (LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006a; TORG; QUEDENFELD; LANDAU, 1974; VILLWOCK et al., 2009b; WANNOP et al., 2019), outros que se propuseram a fazer tal análise com indivíduos (BROCK et al., 2014; WANNOP, John W.; LUO; STEFANYSHYN, 2013) e ainda alguns que mesclaram ambas as metodologias (MORIO et al., 2017; WOROSETS; WANNOP, 2015). As variáveis analisadas também são diferentes entre os pesquisadores que se propuseram a avaliar a interação calçado/superfície. (LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006b; VIDAL et al., 2019; WANNOP; STEFANYSHYN, 2016a).

Considerando que a interação calçado/superfície é um importante fator, tanto na performance quanto na incidência de lesões de membros inferiores, demonstrando a necessidade de uma relação harmônica entre fixação e deslizamento (BELL; HIBBERT; DOMIRE, 2020; WANG et al., 2020), é importante fornecermos uma relação das possibilidades de mensurações desta interação na perspectiva das forças externas. Visando, no futuro, a criação de uma classificação nacional e internacional focada na interação calçado/superfície que seja robusta e confiável, para o nicho dos calçados esportivos. Entretanto, para tais avanços precisamos primeiramente elencar os métodos e termos descritos na literatura para então pensar na padronização de tais avaliações.

Essas discrepâncias acabam dificultando (i) o papel da indústria na confecção de calçados esportivos capazes de suprir as demandas do mercado; (ii) o papel dos profissionais de saúde envolvidos no cuidado da saúde e performance que acabam tendo dificuldade em prescrever o melhor calçado para a demanda do seu esportista; e (iii) também a escolha, por parte do consumidor final, por um equipamento mais seguro e eficaz compatível com as suas necessidades. Portanto, esta dissertação propôs revisar diferentes métodos e variáveis utilizados na avaliação da interação do calçado esportivo com a superfície de contato além de implementar um teste em laboratório.

### **1.1 OBJETIVO GERAL:**

Revisar na literatura os métodos e as variáveis utilizadas na interação calçado esportivo com a superfície de contato.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Elaborar uma revisão de escopo com a finalidade de identificar as evidências disponíveis;

Descrever os métodos utilizados para analisar a interação calçado esportivo superfície de contato;

Descrever as variáveis utilizadas na interação calçado esportivo superfície de contato;

Descrever as características friccionais de um calçado esportivo através de um teste implementado em laboratório.

**REFERÊNCIAS – Capítulo I**

APPS, C. et al. Footwear insoles with higher frictional properties enhance performance by reducing in-shoe sliding during rapid changes of direction. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 2, p. 206–213, 2020a.

BAHR, R. et al. International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 7, p. 372–389, 1 abr. 2020.

BARRY, B.; MILBURN, P. Tribology, friction and traction: understanding shoe-surface interaction. **Footwear Science**, v. 5, n. 3, p. 137–145, 2013.

BELL, E. A.; HIBBERT, J. E.; DOMIRE, Z. J. Measurement of intrinsic foot stiffness in minimally and traditionally shod runners using ultrasound elastography: A pilot study. **Journal of Sports Sciences**, p. 1–8, 2020.

BESCHORNER, K. E. et al. Influence of averaging time-interval on shoe-floor-contaminant available coefficient of friction measurements. **Applied ergonomics**, v. 82, p. 102959, jan. 2020.

BISESTI, B. A. et al. Comparison of knee moments and landing patterns during a lateral cutting maneuver: Shod vs. Barefoot. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 11, p. 3075–3078, 2015.

BITTENCOURT, N. F. N. et al. Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 21, p. 1309–1314, 2016.

BROCK, E. et al. Effects of two football stud configurations on biomechanical characteristics of single-leg landing and cutting movements on infilled synthetic turf. **Sports biomechanics**, v. 13, n. 4, p. 362–379, nov. 2014.

CARDOSO, C. A. F. et al. Soccer cleats with blade-shaped studs and mechanical overload in soccer: A systematic review. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 3, p. 252–257, 2019.

DELLA VILLA, F. et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): Injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. **British Journal of Sports Medicine**, p. 1423–1432, 2020.

DOS SANTOS, T. et al. The effect of limb dominance on change of direction biomechanics: A systematic review of its importance for injury risk. **Physical Therapy in Sport**, v. 37, p. 179–189, 2019.

EDOUARD, P. et al. Injury frequency and characteristics (location, type, cause and severity) differed significantly among athletics ('track and field') disciplines during 14 international championships (2007-2018): Implications for medical service planning. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 3, p. 159–167, 2020.

FIRMINGER, C. R. et al. Effect of Shoe and Surface Stiffness on Lower Limb Tendon Strain in Jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 9, p. 1895–1903, 2019.

GOES, R. A. et al. Musculoskeletal injuries in athletes from five modalities: A cross-sectional study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 21, n. 1, p. 1–9, 2020.

JUNGE, A.; DVOŘÁK, J. Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 9, p. 599–602, 2015.

KILIC, O. et al. Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. **Eur J Sport Sci.**, v. 17, n. 6, p. 765–793, 2017.

KOGA, H. et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: Knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. **American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 11, p. 2218–2225, 2010.

LIVESAY, G. A.; REDA, D. R.; NAUMAN, E. A. Peak torque and rotational stiffness developed at the shoe-surface interface: the effect of shoe type and playing surface. **The American journal of sports medicine**, v. 34, n. 3, p. 415–422, mar. 2006a.

MEURER, M. C.; SILVA, M. F.; BARONI, B. M. Strategies for injury prevention in Brazilian football: Perceptions of physiotherapists and practices of premier league teams. **Physical Therapy in Sport**, v. 28, p. 1–8, 2017.

MORIO, C. et al. Perceiving slipperiness and grip: A meaningful relationship of the shoe-ground interface. **Gait & posture**, v. 51, p. 58–63, jan. 2017.

PLUIM, B. M.; CLARSEN, B.; VERHAGEN, E. Injury rates in recreational tennis players do not differ between different playing surfaces. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 9, p. 611–615, 2018.

POL, R. et al. From microscopic to macroscopic sports injuries. Applying the complex dynamic systems approach to sports medicine: a narrative review. **British journal of sports medicine**, v. 53, n. 19, p. 1214–1220, 2019.

SALCES, J. N. et al. Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. **J Sports Sci.**, v. 32, n. 13, p. 1263–1270, 2014.

SILVA, D. C. F. et al. Influence of Cleats-Surface Interaction on the Performance and Risk of Injury in Soccer: A Systematic Review. **Applied Bionics and Biomechanics**, v. 2017, 2017.

STERZING, T.; MÜLLER, C.; MILANI, T. L. Traction on artificial turf: Development of a soccer shoe outsole. **Footwear Science**, v. 2, n. 1, p. 37–49, 2010.

- SUN, X. et al. Systematic review of the role of footwear constructions in running biomechanics: Implications for running-related injury and performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 19, n. 1, p. 20–37, 2020.
- THOMSON, A.; WHITELEY, R.; BLEAKLEY, C. Higher shoe-surface interaction is associated with doubling of lower extremity injury risk in football codes: a systematic review and meta-analysis. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 19, p. 1245–1252, out. 2015.
- TORG, J. S.; QUEDENFELD, T. C.; LANDAU, S. The shoe-surface interface and its relationship to football knee injuries. **The Journal of sports medicine**, v. 2, n. 5, p. 261–269, 1974.
- VAN DER WORP, M. P. et al. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2, p. 1–18, 2015.
- VIDAL, A. B. et al. Analysis of required coefficient of friction in running and walking. **Sports Biomechanics**, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2019.
- VILLWOCK, M. R. et al. Football playing surface and shoe design affect rotational traction. **American Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 518–525, 2009a.
- WALDÉN, M. et al. Football-specific extension of the IOC consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020. **British Journal of Sports Medicine**, p. bjsports-2022-106405, 6 jan. 2023.
- WANG, I. L. et al. Biomechanical analysis of running foot strike in shoes of different mass. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 19, n. 1, p. 130–137, 2020.
- WANNOP, J. W. et al. Influence of the composition of artificial turf on rotational traction and athlete biomechanics. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 16, p. 1849–1856, ago. 2019.
- WANNOP, J. W.; LUO, G.; STEFANYSHYN, D. Wear influences footwear traction properties in canadian high school football. **Footwear Science**, v. 1, n. 3, p. 121–127, 2009.
- WANNOP, J. W.; LUO, G.; STEFANYSHYN, D. J. Footwear traction and lower extremity noncontact injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 11, p. 2137–2143, 2013.
- WANNOP, J. W.; STEFANYSHYN, D. J. The effect of translational and rotational traction on lower extremity joint loading. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 7, p. 613–620, 2016.
- WOROBETS, J.; WANNOP, J. W. Influence of basketball shoe mass, outsole traction, and forefoot bending stiffness on three athletic movements. **Sports Biomechanics**, v. 14, n. 3, p. 351–360, 2015.

**CAPÍTULO II - ESTUDO 1****MÉTODOS E VARIÁVEIS UTILIZADAS NA MENSURAÇÃO DA INTERAÇÃO CALÇADO ESPORTIVO E SUPERFÍCIE: Uma Revisão de Escopo.****METHODS AND VARIABLES USED IN THE MEASUREMENT OF THE INTERACTION SPORTS FOOTWEAR AND SURFACE: A Scope Review.**

Estruturado sob forma de artigo, segundo as normas da Journal of Footwear Science (Anexo A).



## **CAPÍTULO II - ESTUDO 1**

### **MÉTODOS E VARIÁVEIS UTILIZADAS NA MENSURAÇÃO DA INTERAÇÃO CALÇADO ESPORTIVO E SUPERFÍCIE:**

Uma Revisão de Escopo.

### **METHODS AND VARIABLES USED IN THE MEASUREMENT OF THE INTERACTION SPORTS FOOTWEAR AND SURFACE:**

A Scope Review.

#### **RESUMO:**

**Introdução:** As forças de interação entre calçado esportivo e superfície de contato são associadas com risco de lesões de membros inferiores e com a melhora na performance. Entretanto, há uma divergência a respeito de quais cargas e métodos seriam melhores para explicar esta interação. A ausência de uma padronização dificulta a confecção de calçados mais seguros e eficazes. **Objetivos:** Identificar os modelos de evidências disponíveis e seus métodos utilizados para caracterizar e medir as variáveis que expliquem a interação calçado esportivo com sua respectiva superfície de contato através de uma revisão de escopo. **Métodos:** Os estudos incluídos foram provenientes de quatro bases de dados online. Como critérios de inclusão: estudos experimentais, que contemplem calçados esportivos e os métodos de avaliação da interação entre seu respectivo tipo de superfície, sem restrição de idioma, data e localização. Os dados foram extraídos de todos os artigos incluídos e tabulados em uma planilha. **Resultados:** 44 estudos foram incluídos. Os métodos utilizados foram divididos em subgrupos: aqueles que utilizaram apenas um aparato mecânico; aparato mecânico e cadáveres, seres humanos, seres humanos com aparato mecânico. Representando dados de 738 calçados ou solados, 214 superfícies ou condições e 791 indivíduos, prevalentemente específicos para o Futebol e para Futebol Americano. Para as avaliações das cargas rotacionais o Torque e o Pico de Torque foram utilizados, enquanto para as translacionais Componentes Horizontais e Verticais e Força de Reação com o Solo prevaleceram. **Conclusões:** A consideração das singularidades esportivas adjunto de aspectos relacionados as cargas translacionais e rotacionais devem ser temáticas indispensável para uma abordagem consistente na avaliação dos calçados esportivos e suas superfícies.

**Palavras-chave:** Calçado Esportivo, Atrito, Fenômenos Biomecânicos

#### **ABSTRACT:**

**Introduction:** The interaction forces between sports shoes and the contact surface are associated with the risk of lower limb injuries and with improved performance. However, there is disagreement about which loads, and methods would be better to explain this interaction. The absence of standardization makes it difficult to make safer and more effective shoes, in addition to not helping the consumer to choose the model. **Objectives:** Identify the available evidence models and their methods used to characterize and measure the variables that explain the interaction between sports shoes and their respective contact surface through a scoping review. **Methods:** The included studies came from four online databases. As inclusion criteria: experimental studies, which include sports shoes and methods of evaluating the interaction between their respective type of surface, without restriction of language, date and location. Data were extracted from all included articles and tabulated in a spreadsheet. **Results:** 44 studies were included. The

methods used were divided into subgroups: those that used only a mechanical device; mechanical apparatus and corpses, human beings, human beings with mechanical apparatus. Representing data from 738 shoes or soles, 214 surfaces or conditions and 791 individuals, prevalently specific to Football and American Football. For the evaluation of rotational loads, Torque and Peak Torque were used, while for translational, Horizontal and Vertical Components and Ground Reaction Force prevailed. Conclusions: The consideration of sports singularities together with aspects related to translational and rotational loads must be essential themes for a consistent approach in the evaluation of sports shoes and their surfaces.

Key words: Sports Shoes, Friction, Biomechanical Phenomena

## 2.1 INTRODUÇÃO

A interação entre calçado esportivo e suas respectivas superfícies de contato com a capacidade de alterar a biomecânica de membros inferiores vêm sendo foco de estudo há décadas (1–4). Com o avançar dos anos, novas tecnologias foram aplicadas no desenvolvimento e construção das superfícies esportivas, concomitando na migração de diversas modalidades dos pisos naturais, como a grama e a madeira, para superfícies sintéticas, como os gramados sintéticos modernos e as superfícies emborrachadas. (5–8) O progresso também foi acompanhado pelos calçados, com designs e materiais cada vez mais modernos confeccionados para suprir o alto nível de exigência na performance ao mesmo tempo que busca diminuir os riscos de lesões de membros inferiores em atletas. (4,9–11)

As lesões esportivas são uma das principais preocupações de todos envolvidos com os esportes, sejam estes atletas, profissionais técnicos, sistemas de saúde, marcas ou instituições. Exemplos do Comitê Olímpico Internacional (COI) e da Federação Internacional de Futebol (FIFA), instituições responsáveis pela organização de dois dos mais populares eventos esportivos no mundo, realizam acompanhamentos epidemiológicos dos atletas envolvidos ao longo de suas edições. (12,13). Segundo a declaração de consenso do COI em 2020: Lesão é o dano tecidual ou outro distúrbio da função física normal devido à participação em esportes, resultante de uma transferência rápida ou repetitiva de energia cinética. (14) Os mecanismos de lesão podem ser classificados como contato direto, contato indireto e não contato (14,15) e são provenientes de um conjunto de fatores intrínsecos e extrínsecos. (8,16,17). Apesar das causas das lesões esportivas em geral serem resultantes de sistemas complexos não lineares (18), as forças da interação calçado esportivo e superfície são considerados um fator de risco de lesões extrínseco. (8,10,19,20). Altos índices de tração rotacional durante

os gestos esportivos podem estar relacionados a ocorrência de lesões de contato indireto e não contato em membros inferiores (10).

As forças da interação calçado esportivo e superfície de contato estão relacionadas não apenas com o fator de risco de lesões (10,19), mas também é amplamente debatido a sua influência sobre a performance em diferentes gestos motores e modalidades esportivas (21–24). Em virtude da pluralidade das exigências de cada esporte há múltiplos modelos e marcas de calçados disponíveis no mercado com combinações próprias de materiais e designs (4,8,9,22,23,25,26). Em relação ao desempenho, alguns movimentos inerentes a prática dos exercícios físicos, como saltos (21,25), corridas (19,24), movimentos laterais (27) e manobras de mudança de direção (MMD) (9,28), já foram analisados sob a perspectiva da interação calçado superfície. As forças provenientes da interação calçado superfície são capazes de alterar variáveis cinemáticas dos membros inferiores e a estratégia motora adotada pelo atleta no gesto esportivo impactando diretamente no seu desempenho (9,23,24,26–28).

Entretanto, há discordância a respeito de quais cargas envolvidas e métodos aplicados para obtenção destas forças seriam melhores para explicar esta interação calçado superfície (8,28,29). A literatura diverge quanto a avaliações apenas com aparatos mecânicos (1,26,30,31), com seres humanos (19,21,27) ou que meschem ambos os modelos (3,11,22,23,28). Conseqüentemente, as variáveis analisadas também são distintas tanto em relação a nomenclatura das grandezas físicas quanto sua aplicabilidade (1,3,10,21,23,24,30). Independentemente de como são denominadas, sabe-se que as forças verticais e horizontais atuam de maneira direta durante os deslocamentos e conseqüentemente na interação calçado e superfície (19,29). Porém, a magnitude das cargas rotacionais resultantes reportadas na literatura parece ser influenciada pelos métodos utilizados para sua obtenção (10).

Apesar do conforto e gosto pessoal serem fatores importantes (4,8), a lacuna de informações acessíveis relativas à interação calçado e superfície quanto ao risco de lesões e performance também atrapalha na escolha do calçado por parte do consumidor final. A falta de padronização e consenso quanto ao processo de comparação entre os métodos e variáveis também dificulta a confecção de calçados mais seguros e eficazes. Ao realizar busca preliminar por revisões sistemáticas ou de escopo existentes, não se encontrou estudos que sintetizem os métodos e variáveis disponíveis na literatura. Portanto, o objetivo do presente estudo identificar os modelos de evidências disponíveis e seus métodos utilizados para caracterizar e medir as variáveis que expliquem a interação

calçado esportivo com sua respectiva superfície de contato utilizando uma revisão de escopo.

## 2.2 MÉTODO

O presente estudo trata-se uma revisão de escopo, seguiu a metodologia JBI (32) e os itens indicados pelo *Checklist* PRISMA-ScR (33). Diferente dos demais modelos, as revisões de escopo não possuem o propósito de responder a uma pergunta específica, não reportando um resultado sintetizado de múltiplas referências decorrente de um processo metodológico bem estabelecido. Estas revisões são preconizadas quando queremos mapear conceitos e/ou palavras chaves, verificar a amplitude do conhecimento sobre determinado tema na literatura ou orientar futuros projetos de pesquisa (32). Neste sentido, nossa intenção inicialmente foi mapear os métodos utilizados para caracterizar e medir as variáveis que expliquem a interação calçado esportivo com sua respectiva superfície de contato, para que, no futuro seja possível apontar possíveis padronizações que auxiliem as obtenções das informações nesta área.

### 2.2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Foi utilizado o acrônimo PEOT (Tabela 01) para elaboração dos critérios de elegibilidade. Foram selecionados os estudos experimentais sem design específico, que contemplem os métodos de avaliação de calçados esportivos e tenham propostos avaliar a interação entre seu respectivo tipo de superfície publicados nas bases de dados online, sem restrição de idioma, data e localização geográfica até junho de 2023. Foram excluídos aqueles estudos que envolvam apenas seres humanos sem mencionarem a utilização de calçados esportivos e que não apresentaram dados das variáveis envolvidas na interação calçado/superfície.

Tabela 1 – Critérios de Inclusão de acordo com o acrônimo PEOT.

PEOT	
População	Calçados Esportivos
Exposição	Métodos de Avaliação
Desfecho (outcome)	Interação calçado esportivo/superfície
Tipo de Estudo	Observacionais ou de intervenção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os artigos foram captados em quatro bases de dados eletrônicas: PubMed, Embase, Scopus, e Scielo no mês junho de 2022 e atualizado em julho de 2023. Também foram realizadas buscas a partir das referências dos artigos incluídos na fase de extração dos dados.

As chaves para a estratégia de busca foram definidas com base nos critérios de elegibilidade anteriormente citados, relacionadas com a população e a exposição, uma vez que identificar os desfechos descritos na literatura foi um de nossos objetivos. As palavras foram definidas através dos Termos MeSH (PubMed), suas redes e seus sinônimos, além de palavras chaves de artigos previamente pesquisados pertinentes ao tema, alternados com os operadores booleanos “AND” e “OR”. Os seguintes termos foram usados como palavras chaves: “*Shoes*”, “*Friction*”, “*Floor and Floorcoverings*” e “*Surface Properties*”. As estratégias de busca para todas as bases de dados estão disponíveis no APÊNDICE A.

### 2.2.2 FONTE DE TRIAGEM E SELEÇÃO DE EVIDÊNCIAS

O software “*Mendeley Reference Manager*®” (Mendeley Ltd, 2023) versão 2.82.0 foi utilizado para o gerenciamento dos estudos e referências. Dois revisores com experiência clínica e no tema avaliaram de maneira independente os títulos e resumos de todos os artigos identificados nas buscas. Foram lidos na íntegra aqueles que não apresentaram informações suficientes no título ou resumo para serem ponderados. Os artigos duplicados foram excluídos. Quando não houve concordância entre os revisores, o caso foi resolvido por consenso ou por um terceiro revisor experiente. Somente os estudos selecionados na etapa de triagem tiveram o download de suas versões completas realizados, para posterior leitura na íntegra e extração dos dados.

### 2.2.3 EXTRAÇÃO DOS DADOS

Os dados foram extraídos de todos os artigos incluídos na revisão de escopo e tabulados manualmente em uma planilha do software “Microsoft® Excel” (Microsoft, 2022) versão 16.66.1 em formato de gráfico de dados. Os gráficos de dados são comumente utilizados em revisões de escopo em sua fase de extração dos dados, oferecendo ao leitor um compilado descritivo dos resultados de acordo com o objetivo proposto e visando responder à pergunta da revisão (32). Em caso de dados incompletos

ou não claros, tentaram-se contato via e-mail com os autores, objetivando esclarecer e complementar as informações, entretanto não obteve-se retorno. As informações extraídas foram: Estudo (1º Autor e ano); Nome do Estudo (Título); Tamanho da Amostra (n); Modalidade do Calçado Esportivo; Método de avaliação; Objetivo; Condições testadas; Tentativas efetuadas/analizadas (n); Variáveis Analisadas; Resultados; Conclusão; Lacunas no estudo. A análise das evidências aconteceu através de contagens de frequências simples. Os resultados foram apresentados em formato de mapa conceitual de quadro.

## 2.3 RESULTADOS

Após as buscas nas bases de dados oriundo das estratégias de buscas, foram encontrados 3042 estudos de potencial interesse, destes 1736 provenientes da EMBASE, 642 na PubMed, 654 na Scopus e 2 trabalhos provenientes de suas referências, totalizando 3044 artigos. Após a exclusão de 344 trabalhos duplicados, todos os 2700 títulos e resumos restantes foram lidos e deste universo 79 foram lidos na integra com 44 sendo incluídos para a análise desta revisão de escopo. O diagrama de fluxo (Figura 1) apresenta um panorama completo do processo de seleção destes artigos com seus motivos de exclusão.

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

Os trabalhos incluídos nesta revisão compreenderam um período de 1974 até 2019, todos em língua inglesa, disponíveis on-line. Destes, 40 foram caracterizados como estudos experimentais (1,3,5-7,11,19,21-23,26-28,30,31,34-58); 2 revisões sistemáticas sendo uma com meta-análise (10,24) e 2 notas técnicas (2,59). De modo geral, os trabalhos objetivaram analisar a interação calçado superfície através de métodos biomecânicos variando os calçados e/ou as superfícies ou suas condições, aplicando substâncias que modifiquem a aderência ou que aumente a umidade do piso.

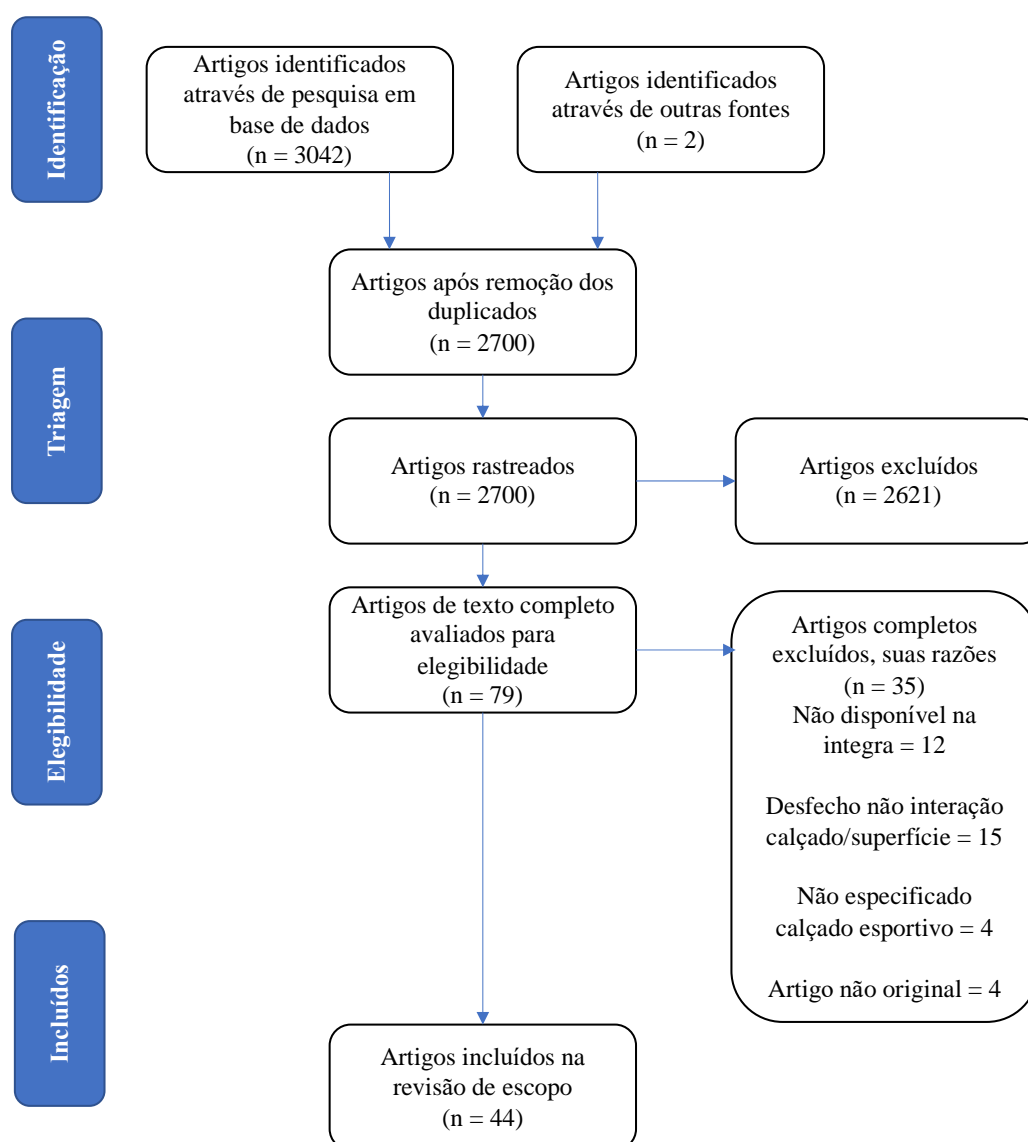


Figura 1: Diagrama de fluxo do processo de inclusão de artigos na Revisão de Escopo.

Os métodos utilizados para avaliar a interação calçado superfície nos 40 estudos experimentais foram divididos em subgrupos, aqueles que utilizaram apenas um aparato mecânico (1,7,22,26,30,31,34–50); aqueles que optaram por aparato mecânico e cadáveres (51,54), aqueles que preferiram apenas seres humanos (6,19,21,23,55,58) e por fim os que mesclaram seres humanos com um aparato mecânico (3,5,11,27,28,52,53,56,57). Os estudos experimentais representam dados de 738 calçados ou solados, 214 superfícies ou condições e 791 indivíduos, sendo que em apenas um artigo foram analisados 555 indivíduos com seus respectivos calçados (11). As características resumidas dos estudos são apresentadas no APÊNDICE B.

### 2.3.2 MODALIDADE ESPORTIVA

Predominantemente os estudos experimentais analisados incluíram como seu foco de avaliação os calçados esportivos das modalidades que possuem as MMD como características inerentes de sua prática. Conceitualmente, MMD são decompostas em uma fase de rotação interna com adução de quadril adjunto a uma abdução de joelho com o pé fixo ao solo (60) e quando realizadas com variações de velocidade são fundamentais para as práticas como o futebol, futsal, basquetebol e handebol (60,61). Ao todo, 15 estudos utilizam calçados específicos para o Futebol (34%) (5,6,11,28,34,39,41,43–45,48–51,54), 10 para Futebol Americano (23%) (1,26,31,36,37,43,46,51,52,62), 7 para o Tênis (16%) (7,23,30,40,42,56), 3 para Basquete (7%) (27,35,48), 3 para Corrida (7%) (19,21,50), 1 para Esqui no Gelo (2%) (22), 1 para o Boliche (2%) (57), 1 para Golf (2%) (55), 1 para Luta Livre (2%) (47), 1 para Squash (2%) (3), 1 para Rugby (2%) (38) e 1 que caracteriza o calçado como atlético sem especificações (2%) (53).

### 2.3.3 CONDIÇÃO DE AVALIAÇÃO

Ao analisar a interação calçado/superfície, os trabalhos que utilizaram um aparato mecânico e aqueles que analisaram seres humanos também fizeram uso de um ou mais sensores de força como células de carga ou plataformas de força, ou até mesmo uma mescla de tais instrumentos para captação de dados. Ainda, 7 estudos (23,27,28,53–55,58) usaram métodos de cinemetria, com câmeras de captação de movimento 3D, associadas a dinamometria pensando em uma estratégia mais completa de análise da interação calçado/superfície. Apenas um autor (7) analisou aspectos relacionado a temperatura do solado durante a interação utilizando termopares. A frequência de aquisição dos dados variou de 50Hz até 10000Hz para as células de carga e de 120Hz a 240Hz para as câmeras de captação de movimento.

Aqueles estudos que optaram por utilizar um dispositivo mecânico de testes, fizeram uso de cargas de compressão. Tais cargas foram nomeadas de maneiras distintas, sendo descritas como carga normal, carga de compressão ou carga vertical, independentemente de como foram chamadas todas envolviam uma carga perpendicular ao solo que efetuavam a compressão do calçado na superfície e foram expressas ou em Newtons (n) no intervalo entre 67n e 2000n (5,7,11,26,28,30,31,34–47,50,51,53,54), ou em Quilogramas (kg) entre 11,35kg e 72,4kg (3,27,48), ou em Libras (lbs) entre 25lbs e 150lbs (1,52).



Em relação ao posicionamento do molde pé nos dispositivos mecânicos para as avaliações, algumas pesquisas utilizaram a angulação de 20° de flexão plantar justificando que este posicionamento se assemelhava aos padrões fisiológicos (11,28,34,53). Os testes que envolveram seres humanos foram realizados respeitando as características antropométricas e individuais de cada indivíduo (6,19,21,23,55,58). Demais aspectos como deslocamento máximo do molde ou do indivíduo, cargas máximas, velocidade e janela de aquisição estão descritas no APÊNDICE B.

### 2.3.4 VARIÁVEIS ANÁLISADAS

A análise da interação calçado esportivo/superfície, predominantemente, foi expressa através das forças envolvidas. Independente da metodologia, as forças mensuradas em situações rotacionais e/ou translacionais foram aferidas tanto nos testes com dispositivos mecânicos quanto com aqueles que utilizaram seres humanos. Para as avaliações das cargas nas situações rotacionais o Torque (nm) e o Pico de Torque (nm) foram mensurados. Seja através de uma medição direta fazendo uso do produto da força por sua distância do eixo de rotação (1,11,19,26–28,30,31,34,35,37–41,44–46,48–51,53–55) ou então de forma indireta utilizando regressões lineares para mensurações através de aspectos cinemáticos (23,27,28,53,55,58). As seguintes forças translacionais foram mensuradas isoladamente ou em conjunto com os seus picos: nos dispositivos mecânicos os componentes horizontais e verticais (n) (3,5,27,30,31,34,36,37,40,46,48,51,56,57) e nas avaliações com seres humanos a Força de Reação com o Solo (massa corporal; n; n/kg) (3,5,19,21,23,27,56–58).

Além das forças e suas componentes, a interação entre o calçado e a superfície também foi expressa através de coeficientes de tração ou de rotação que envolviam, respectivamente, a razão da força horizontal pela vertical ou do torque pela força vertical. (1,3,5,11,19,22,23,27,34,42,43,47–49,52,53,56,57). Também são estabelecidas relações entre as forças/torques e suas respectivas variáveis cinemáticas. A rigidez rotacional é obtida a partir da razão entre os valores de torque e deslocamento angular (nm/°) (38,39,44,45,54) de cisalhamento é obtida a partir da razão entre os valores de força e deslocamento linear (n/mm) (30).

Algumas variáveis como deslocamento (mm; °) (30,31,37,40,42–44), velocidade (m/s) (5,19,31,37,43,53), tempo (s) (7,31,52,57), impulso (nm/s; n/s) (5,28,31), ângulos

articulares (°) (23) e temperatura (°C) (7) também foram utilizados, porém em menos estudos.

### 2.3.5 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Alguns autores desenvolveram os dispositivos mecânicos (26,30,31,41,44,45,48–50) posteriormente utilizados em seus estudos, enquanto outros optaram por aparatos comerciais (34,38,39,43), independente da escolha os dispositivos utilizados apresentavam um padrão estrutural semelhante. Todos são compostos por uma armação externa de metal resistente com um haste presa ao centro, considerado o eixo de rotação, onde um molde de pé é fixado uma de suas extremidades, de forma que o calçado, adaptado ao molde, fique em contato com a amostra da superfície. Já na outra extremidade da haste uma carga perpendicular ao solo efetua a compressão do calçado na superfície desejada, através de anilhas de ferro ou de compressores elétricos ou hidráulicos. Uma ou mais células de carga captam os valores de força em uma distância pré-estabelecida do eixo de rotação, ao mesmo tempo que o movimento de rotação ou translação são realizados.

A Figura 2 apresenta a imagem de todos os dispositivos mecânicos de análise da interação calçado superfície encontrados nesta revisão. Dois modos de disparar o movimento foram encontrados na literatura, aqueles automatizados de maneira robótica ou os manuais com influência dos pesquisadores. Tanto análises de movimento de translação quando de rotação foram realizados com os dispositivos, alguns possuíam um sistema de travas que permitia ou não determinado movimento ao longo do eixo ou demais mudanças na configuração para permitir ou bloquear determinado movimento. As análises de translação também foram realizadas arrastando o calçado através da superfície, enquanto a captação da força era registrada (47). Ainda, alguns dispositivos (31,34,36,37,43) possuíam rodas para serem levados até a superfície de testes, objetivando análises “in loco”, possibilitando que diversos pontos fossem avaliados evitando o desgaste da superfície, enquanto os demais necessitavam de uma amostra da superfície fixa a uma estrutura rígida em formato de caixa ou disco e então acoplada ao aparato (1,7,28,30,35,38,39,46,48,50,51,53,54).

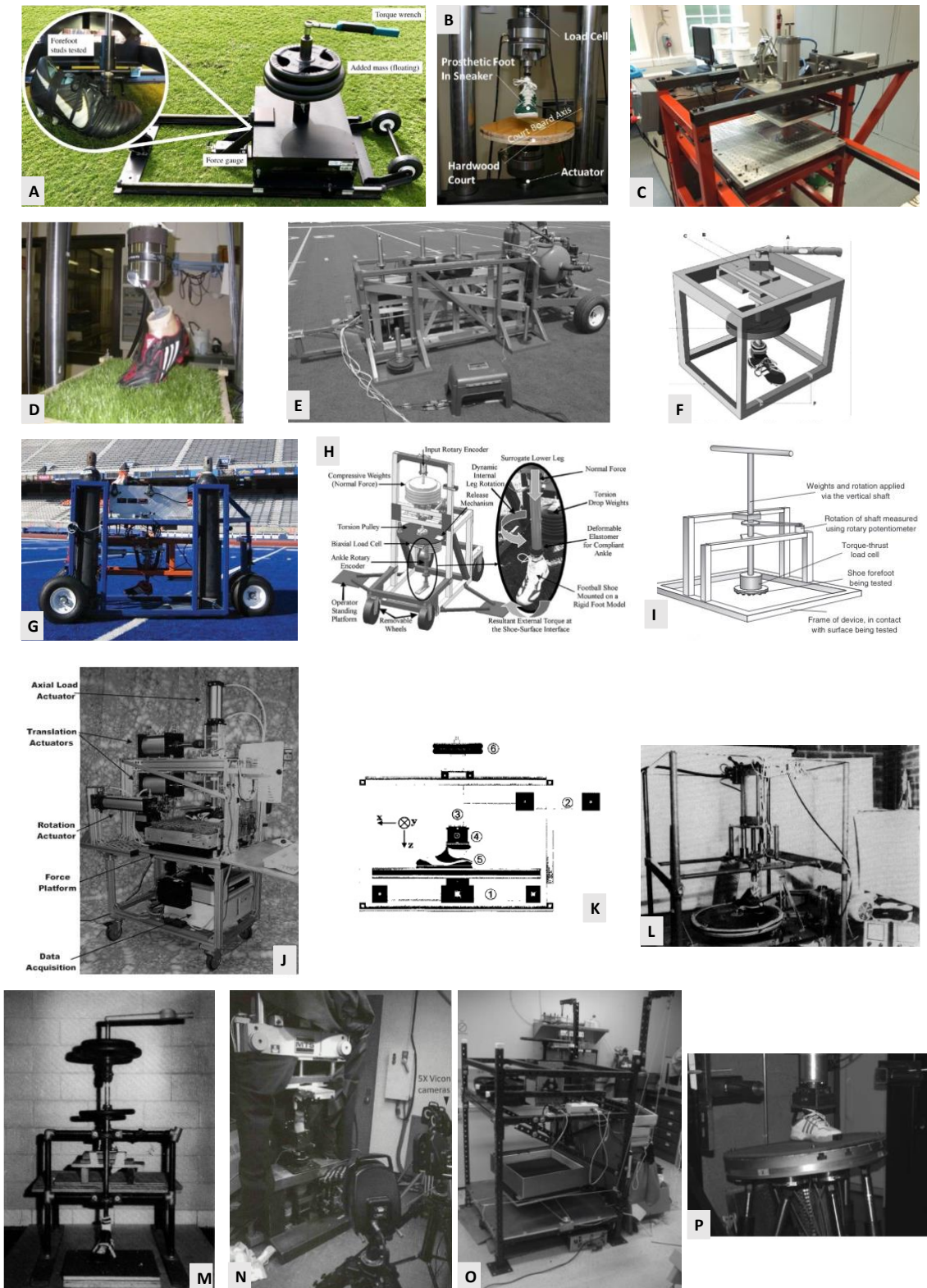


Figura 2: Dispositivos mecânicos de análise da interação calçado/superfície. (A) S2T2, Exeter Research USA (34); (B) Equipamento Morse et al. (35); (C) UoS Shoe Traction Rig (7,30,56); (D) MTS 858 Bionix servo hydraulic testing machine, MTS USA. (28,38,39); (E) BEAST (31,36,37); (F) Equipamento Smeets et al. (41); (G) Boise State University TurfBuster (43); (H) Equipamento Villwock et al. (26,44); (I) Equipamento Livesay; Reda; Nauman (45); (J) Equipamento Cawley et al. (48); (K) Equipamento Heidt et al. (48); (L) Equipamento Andreasson et al. (50); (M) Equipamento Torg; Quedenfeld; Landau (1); (N) Equipamento Wei et al. (54); (O) Equipamento Drakos et al. (51); (P) Equipamento Wannop et al. (53)

As avaliações que abrangeram os seres humanos envolviam uma ou duas plataformas de força cobertas pela superfície da respectiva modalidade analisada, apenas 7 estudos (23,27,28,53–55,58) fizeram uso de sistemas de cinemetria para captação de movimentos em duas ou três dimensões. Os indivíduos tiveram entre 5-10min de aquecimento e familiarização das tarefas. Os movimentos solicitados foram descritos como mudança de direção entre 30, 45, 90 e 180°, envolvendo desaceleração brusca, em velocidades auto selecionadas ou submáximas. Saltos também foram explorados, tanto de maneira unipodal quanto saltos máximos. Um compilado descritivo das metodologias experimentais dos autores incluídos está descrito no APÊNDICE B.

### 2.3.6 OUTROS ESTUDOS

Apenas 4 estudos não descritos como experimental foram incluídos na atual revisão de escopo, destes 2 foram classificados como notas técnicas (2,59), 1 revisão sistemática (24) e 1 revisão sistemática com meta-análise (10).

Nigg (2) e Valiant (59), em suas notas técnicas, explicam que o atrito pode ser subdividido em translacional e rotacional e devem idealmente ser avaliados juntos para descrever as características mecânicas da interação calçado superfície. O coeficiente de atrito translacional pode ser encontrado na razão entre a força tangente ao plano e a força perpendicular ao plano, com procedimentos de teste utilizando pêndulos concomitante com um pé protético e outros que envolviam deslizar um calçado esportivo sob uma superfície. Já o atrito rotacional pode ser mensurado através do torque em relação a um eixo de rotação definido, utilizando equipamentos com os calçados esportivos específicos para os determinados pisos. Ainda, tanto para translação quanto para rotação, sugeriu que envolvessem sujeitos realizando as atividades motoras da modalidade em questão. Os testes devem ser realizados com o calçado e material apropriado para a interação desejada, próximo aos valores reais das forças envolvidas. Apesar das avaliações com os sujeitos serem imprescindíveis, elas podem ser influenciadas pela maneira única que os indivíduos interagem com a superfície.

Ambas as revisões analisadas tiveram como população os calçados específicos para Futebol (24) e Rugby (10,24), caracterizados com pinos de diferentes materiais, quantidades e disposição no solado. Como desfecho, apresentavam avaliar o risco de lesão e performance além de fatores que podem alterar a tração da interação calçado superfície. Ao total os estudos abrangeram 23 e 9 estudos entre os anos de 2000 à 2016 e

1946 à 2014, respectivamente, experimentais, publicados em inglês, resumindo as variáveis e metodologias encontradas. Entretanto, o foco destas revisões foi analisar a relação do tipo de calçado e suas propriedades com a incidência e prevalência de lesões ou então com performance esportiva, não se atendo a explicar como tal interação poderia ser mensurada ou qual a melhor maneira para tais avaliações.

## **2.4 DISCUSSÃO**

Esta revisão de escopo dedica-se a descrever os diferentes métodos de avaliação da interação calçado esportivo e sua respectiva superfície de contato, além das principais variáveis envolvidas. Nós identificamos 4 métodos para a avaliação da interação calçado esportivo superfície nas variadas modalidades esportivas: aparato mecânico, aparato mecânico e cadáveres, seres humanos e aparato mecânico e seres humanos. Os principais achados nos levam a crer que para uma avaliação completa deve-se contemplar não apenas os aspectos relacionados a tração rotacional quanto também aqueles sobre a tração translacional. Ainda, parece que os coeficientes, compreendidos como a razão entre forças ou entre torque e força, são a melhor maneira de expressar o resultado desta interação. A literatura sugere utilizar durante as avaliações força de compressão e velocidade do movimento próximas as experimentadas pelos atletas em suas atividades funcionais (2,5,34). Para simulações em laboratório, com aparatos mecânicos, é imprescindível ter conhecimento destas cargas fisiológicas. Aspectos ambientais como temperatura, humidade e compactação do solo, quando aplicável, devem também ser considerados nestas avaliações.

### **2.4.1 INTERAÇÃO CALÇADO SUPERFÍCIE E MODALIDADES ESPORTIVAS**

As análises dos estudos encontrados priorizaram esportes aonde a mudança de direção e conseqüentemente uma tração rotacional é parte imprescindível da respectiva prática como o futebol americano (1,26,31,36,37,43,46,51,52,62) e futebol (34,39,41,43–45,49). Demais esportes onde estes movimentos também são habituais como o Rugby (10,24,38) e basquetebol (27,35,48) também foram analisadas pela perspectiva da interação calçado superfície, entretanto não encontramos nenhum estudo que envolvesse calçados específicos para o handebol, tendo em vista que esta modalidade também apresenta tipicamente tal ação em sua prática (60).

As manobras de mudança de direção, quando associadas a uma propensão de fatores intrínsecos ou extrínsecos de aumento das cargas nas articulações (53), podem ocasionar lesões de não contato de ligamento cruzado anterior em diversos esportes (35,60). Há uma relação importante entre uma alta tração rotacional com a incidências de lesões de membros inferiores (1,10,35,41), indicando uma maior tensão no ligamento cruzado anterior (51) e uma probabilidade maior de até 2,5 vezes desses atletas apresentarem alguma injúria (10). Há relatos na literatura que os atletas não consideram aspectos relacionados a prevenção de lesões no momento de escolha do calçado priorizando o conforto e características relacionadas a performance e desempenho como estabilidade e tração translacional em sua decisão (4,8,10).

Entretanto, não somente as manobras de mudança de direção foram alvo de pesquisas, mas os gestos motores envolvidos na prática do tênis também foram examinados (7,23,30,40,42,56). O tênis tem como uma de suas características a mudança de piso com a manutenção de suas regras sendo tradicional a prática em grama, saibro e quadras rápidas de cimento recobertas por tinta emborrachadas em nível profissional (23,56). Enquanto alguns estudos envolvendo esta modalidade simularam ou testaram diretamente o movimento de deslizamento (7,30,40,42) outros preferiram analisar os gestos específicos do jogo (23,56).

Evidentemente, as cargas provenientes da interação calçado superfície também dependem do piso escolhido e suas propriedades. Os gramados empregados nos campos de futebol e futebol americano podem ser divididos em natural e sintéticos, variando o preenchimento, altura e o modelo de fibra (26,36,45). Além dos campos, os demais pisos também sofrem influência da temperatura e humidade (42,56), fatores associados a compactação e rugosidade (7,40,42,56) ou ainda de produtos que aumentem a resistência ao deslizamento para melhor performance (49). As intensidades das cargas reflexas da interação poderão ser diferentes para cada combinação de calçado e superfície e consequentemente suas variações quanto as condições ambientais e estruturais entre os momentos testados.

Outro espectro da interação, os calçados com diferentes designs e combinações de materiais afetam diretamente as trações rotacional e translacional. (22,24,34,37,38,41,44,46,55,58). Alguns autores (7,31,37,40,45) optaram por utilizar apenas o solado ou uma porção do mesmo fixo em seus dispositivos, alegando a tentativa de isolar as interações mecânicas e os possíveis movimentos entre o calçado e a forma protética. Porém, é imprescindível que a simulação do movimento para avaliação da

interação calçado superfície seja realizada dentro do mais semelhante possível as condições reais, tanto de cargas quanto de materiais e condições ambientais envolvidas (2,10,34,37,46). Neste sentido diversos trabalhos preferiram utilizar o calçado inteiro, sem deformações para evitar que qualquer possível alteração estrutural possa refletir nos resultados de seus achados (1,26,35,38,39,41,43–47,49,50). De forma análoga, os trabalhos com a amostra envolvendo seres humanos também fizeram uso do calçado integro. (3,5,6,11,27,28,52,53,55,57,58).

## **2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A atual revisão de escopo destacou a diversidade metodologia ao avaliar a interação calçado superfície de contato, evidenciando técnicas que envolveram dispositivos mecânicos, seres humanos, cadáveres ou ainda uma mistura de tais procedimentos. A importância de uma análise envolvendo os aspectos translacionais e rotacionais se mostram imprescindível para a explicação completa das cargas envolvidas, mostrando que tanto as forças horizontais como o torque são importantes para descrição da interação.

A aplicação de condições próximas às realidades esportivas específicas são fundamentais para as análises. Embora sejam necessárias pesquisas de alta qualidade neste campo, parece haver evidências consistentes que o modo como a interação é aferida pode impactar nos resultados das cargas. A consideração das particularidades e demandas de cada modalidade esportiva simultaneamente às cargas existentes em situações translacionais e rotacionais devem ser fatores indispensável para uma abordagem consistente na avaliação dos calçados esportivos e suas respectivas superfícies.

**REFERÊNCIAS** – Capítulo II

1. Torg JS, Quedenfeld TC, Landau S. The shoe-surface interface and its relationship to football knee injuries. *J Sports Med* [Internet]. 23 de setembro de 1974;2(5):261–9. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354657400200502>
2. NIGG BM. The validity and relevance of tests used for the assessment of sports surfaces. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. fevereiro de 1990;22(1):131–139. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-199002000-00021>
3. Chapman AE, Leyland AJ, Ross SM, Ryall M. Effect of floor conditions upon frictional characteristics of squash court shoes. *J Sports Sci* [Internet]. março de 1991;9(1):33–41. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640419108729853>
4. Sun X, Lam WK, Zhang X, Wang J, Fu W. Systematic review of the role of footwear constructions in running biomechanics: Implications for running-related injury and performance. *J Sports Sci Med*. 2020;19(1):20–37.
5. Müller C, Sterzing T, Lange J, Milani TL. Comprehensive evaluation of player-surface interaction on artificial soccer turf. *Sports Biomech* [Internet]. 27 de setembro de 2010;9(3):193–205. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2010.511679>
6. McGhie D, Ettema G. Biomechanical analysis of surface-athlete impacts on third-generation artificial turf. *Am J Sports Med* [Internet]. 2013;41(1):177–85. Disponível em: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L369161159&from=export>
7. Ura D, Conway J, Booth J, Carré Matt J. Tennis Shoe Outsole Temperature Changes During Hard Court Sliding and Their Effects on Friction Behaviour. *Procedia Eng* [Internet]. 2015;112:290–5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705815015118>
8. Winson DMG, Miller DLH, Winson IG. Foot injuries, playing surface and shoe design: Should we be thinking more about injury prevention. *Foot and Ankle Surgery* [Internet]. agosto de 2020;26(6):597–600. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1268773118304417>
9. Apps C, Rodrigues P, Isherwood J, Lake M. Footwear insoles with higher frictional properties enhance performance by reducing in-shoe sliding during rapid changes of direction. *J Sports Sci* [Internet]. 2020;38(2):206–13. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1690618>
10. Thomson A, Whiteley R, Bleakley C. Higher shoe-surface interaction is associated with doubling of lower extremity injury risk in football codes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. outubro de 2015;49(19):1245–52.



11. Wannop JW, Luo G, Stefanyshyn DJ. Footwear Traction and Lower Extremity Noncontact Injury. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. novembro de 2013;45(11):2137–43. Disponível em: <https://journals.lww.com/00005768-201311000-00015>
12. Soligard T, Steffen K, Palmer D, Alonso JM, Bahr R, Lopes AD, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med*. 2017;51(17):1265–71.
13. Junge A, Dvořák J. Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. *Br J Sports Med*. 2015;49(9):599–602.
14. Bahr R, Clarsen B, Derman W, Dvorak J, Emery CA, Finch CF, et al. International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Br J Sports Med* [Internet]. 1º de abril de 2020;54(7):372–89. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2019-101969>
15. Waldén M, Mountjoy M, McCall A, Serner A, Massey A, Tol JL, et al. Football-specific extension of the IOC consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020. *Br J Sports Med* [Internet]. 6 de janeiro de 2023;bjsports-2022-106405. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2022-106405>
16. Goes RA, Lopes LR, Cossich VRA, de Miranda VAR, Coelho ON, do Carmo Bastos R, et al. Musculoskeletal injuries in athletes from five modalities: A cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):1–9.
17. Beijsterveldt AMC, Stubbe JH, Schmikli SL, van de Port IGL, Backx FJG. Differences in injury risk and characteristics between Dutch amateur and professional soccer players. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2015;18(2):145–9. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.02.004>
18. Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, Nettel-Aguirre A, Ocarino JM, Fonseca ST. Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. *Br J Sports Med*. 2016;50(21):1309–14.
19. Vidal AB, Monezi LA, Sarro KJ, Barros RML De. Analysis of required coefficient of friction in running and walking. *Sports Biomech* [Internet]. 2019;00(00):1–13. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1601251>
20. van der Worp MP, ten Haaf DSM, van Cingel R, de Wijer A, Nijhuis-Van Der Sanden MWG, Bart Staal J. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One*. 2015;10(2):1–18.
21. Malisoux L, Gette P, Urhausen A, Bomfim J, Theisen D. Influence of sports flooring and shoes on impact forces and performance during jump tasks. Gard SA, organizador. *PLoS One* [Internet]. 11 de outubro de 2017;12(10):e0186297. Disponível em: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0186297>

22. Moncalero M, Signetti S, Mazzanti B, Bruzzi P, Pugno NM, Colonna M. Effect of material elastic properties and surface roughness on grip performances of ski boot soles under wet and icy conditions. *Int J Ind Ergon* [Internet]. 2017;61:62–70. Disponível em: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L616521415&from=export>
23. Damm L, Low D, Richardson A, Clarke J, Carré M, Dixon S. The effects of surface traction characteristics on frictional demand and kinematics in tennis. *Sports Biomech* [Internet]. novembro de 2013;12(4):389–402. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14763141.2013.784799>
24. Silva DCF, Santos R, Vilas-Boas JP, Macedo R, Montes AM, Sousa ASP. Influence of Cleats-Surface Interaction on the Performance and Risk of Injury in Soccer: A Systematic Review. *Appl Bionics Biomech*. 2017;2017.
25. Firminger CR, Bruce OL, Wannop JW, Stefanyshyn DJ, Edwards WB. Effect of Shoe and Surface Stiffness on Lower Limb Tendon Strain in Jumping. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(9):1895–903.
26. Villwock MR, Meyer EG, Powell JW, Fouty AJ, Haut RC. The effects of various infills, fibre structures, and shoe designs on generating rotational traction on an artificial surface. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol* [Internet]. 1º de março de 2008;223(1):11–9. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1243/17543371JSET26>
27. Nigg BM, Stefanyshyn DJ, Rozitis AI, Mündermann A. Resultant knee joint moments for lateral movement tasks on sliding and non-sliding sport surfaces. *J Sports Sci* [Internet]. março de 2009;27(5):427–35. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640410802669161>
28. Wannop JW, Foreman T, Madden R, Stefanyshyn D. Influence of the composition of artificial turf on rotational traction and athlete biomechanics. *J Sports Sci* [Internet]. 2019;37(16):1849–56. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1598923>
29. Barry B, Milburn P. Tribology, friction and traction: understanding shoe-surface interaction. *Footwear Sci* [Internet]. 2013;5(3):137–45. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19424280.2013.797030?scroll=top&needAccess=true>
30. Clarke J, Carré MJ, Damm L, Dixon S. The development of an apparatus to understand the traction developed at the shoe–surface interface in tennis. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol* [Internet]. 29 de setembro de 2013;227(3):149–60. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1754337112469500>
31. Kent R, Crandall J, Forman J, Lessley D, Lau A, Garson C. Development and assessment of a device and method for studying the mechanical interactions between shoes and playing surfaces in situ at loads and rates generated by elite athletes. *Sports Biomech* [Internet]. setembro de 2012;11(3):414–29. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14763141.2011.650188>

32. Aromataris E, Munn Z. JBI Manual for Evidence Synthesis [Internet]. JBI; 2020. Disponível em: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL>
33. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med* [Internet]. 2 de outubro de 2018;169(7):467–73. Disponível em: <https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M18-0850>
34. Thomson A, Whiteley R, Wilson M, Bleakley C. Six different football shoes, one playing surface and the weather; Assessing variation in shoe-surface traction over one season of elite football. *PLoS One*. 1º de abril de 2019;14(4).
35. Morse A, Mansfield MM, Alley RM, Kerr HA, Bucinell RB. Traction Enhancing Products Affect Maximum Torque at the Shoe-Floor Interface: A Potential Increased Risk of ACL Injury. *American Journal of Engineering and Applied Sciences* [Internet]. 1º de abril de 2016;9(4):889–93. Disponível em: <http://thescipub.com/abstract/10.3844/ajeassp.2016.889.893>
36. Kent R, Forman JL, Lessley D, Crandall J. The mechanics of American football cleats on natural grass and infill-type artificial playing surfaces with loads relevant to elite athletes. *Sports Biomech* [Internet]. 3 de abril de 2015;14(2):246–57. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2015.1052749>
37. Kent R, Forman JL, Crandall J, Lessley D. The mechanical interactions between an American football cleat and playing surfaces in-situ at loads and rates generated by elite athletes: a comparison of playing surfaces. *Sports Biomech* [Internet]. 2 de janeiro de 2015;14(1):1–17. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2015.1024277>
38. Ballal MS, Usuelli FG, Montrasio UA, Molloy A, la Barbera L, Villa T, et al. Rotational and peak torque stiffness of rugby shoes. *The Foot* [Internet]. setembro de 2014;24(3):107–10. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958259214000649>
39. Galbusera F, Tornese DZ, Anasetti F, Bersini S, Volpi P, Barbera L la, et al. Does soccer cleat design influence the rotational interaction with the playing surface? *Sports Biomech* [Internet]. setembro de 2013;12(3):293–301. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14763141.2013.769277>
40. Clarke J, Dixon SJ, Damm L, Carré MJ. The effect of normal load force and roughness on the dynamic traction developed at the shoe–surface interface in tennis. *Sports Engineering* [Internet]. 9 de setembro de 2013;16(3):165–71. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12283-013-0121-3>
41. Smeets K, Jacobs P, Hertogs R, Luyckx JP, Innocenti B, Corten K, et al. Torsional injuries of the lower limb: an analysis of the frictional torque between different types of football turf and the shoe outsole. *Br J Sports Med* [Internet]. dezembro de 2012;46(15):1078–83. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2012-090938>

42. Clarke J, Carré M, Richardson A, Yang Z, Damm L, Dixon S. Understanding the traction of tennis surfaces. *Procedia Eng* [Internet]. 2011;13:402–8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705811010198>
43. Kuhlman S, Sabick M, Pfeiffer R, Cooper B, Forhan J. Effect of loading condition on the traction coefficient between shoes and artificial turf surfaces. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol* [Internet]. 1º de junho de 2009;224(2):155–65. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1243/17543371JSET56>
44. Villwock MR, Meyer EG, Powell JW, Fouty AJ, Haut RC. Football Playing Surface and Shoe Design Affect Rotational Traction. *Am J Sports Med* [Internet]. 23 de março de 2009;37(3):518–25. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546508328108>
45. Livesay GA, Reda DR, Nauman EA. Peak Torque and Rotational Stiffness Developed at the Shoe-Surface Interface. *Am J Sports Med* [Internet]. 30 de março de 2006;34(3):415–22. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546505284182>
46. Cawley PW, Heidt RS, Scranton PE, Losse GM, Howard ME. Physiologic Axial Load, Frictional Resistance, and the Football Shoe—Surface Interface. *Foot Ankle Int* [Internet]. 1º de julho de 2003;24(7):551–6. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/107110070302400705>
47. Newton R, Doan B, Meese M, Conroy B, Black K, Sebastianelli W, et al. Interaction of Wrestling Shoe and Competition Surface: Effects on Coefficient of Friction with Implications for Injury. *Sports Biomech* [Internet]. julho de 2002;1(2):157–66. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14763140208522794>
48. Heidt RSJ, Dormer SG, Cawley PW, Scranton PEJ, Losse G, Howard M, et al. Differences in friction and torsional resistance in athletic shoe-turf surface interfaces. *Am J Sports Med* [Internet]. 1996;24(6):834–42. Disponível em: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L26394172&from=export>
49. Torg JS, Stilwell G, Rogers K. The Effect of Ambient Temperature on the Shoe-Surface interface Release Coefficient. *Am J Sports Med* [Internet]. 23 de janeiro de 1996;24(1):79–82. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354659602400114>
50. Andreasson G, Lindenberger U, Renström P, Peterson L. Torque developed at simulated sliding between sport shoes and an artificial turf. *Am J Sports Med* [Internet]. 23 de maio de 1986;14(3):225–30. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354658601400308>
51. Drakos MC, Hillstrom H, Voos JE, Miller AN, Kraszewski AP, Wickiewicz TL, et al. The Effect of the Shoe-Surface Interface in the Development of Anterior Cruciate Ligament Strain. *J Biomech Eng* [Internet]. 1º de janeiro de 2010;132(1):11003. Disponível em:

<https://asmedigitalcollection.asme.org/biomechanical/article/doi/10.1115/1.4000118/456034/The-Effect-of-the-ShoeSurface-Interface-in-the>

52. Stanitski CL, McMaster JH, Ferguson RJ. Synthetic turf and grass: A comparative study. *J Sports Med* [Internet]. 23 de janeiro de 1974;2(1):22–6. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354657400200103>
53. Wannop JW, Worobets JT, Stefanyshyn DJ. Footwear Traction and Lower Extremity Joint Loading. *Am J Sports Med* [Internet]. 26 de junho de 2010;38(6):1221–8. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546509359065>
54. Wei F, Meyer EG, Braman JE, Powell JW, Haut RC. Rotational Stiffness of Football Shoes Influences Talus Motion during External Rotation of the Foot. *J Biomech Eng* [Internet]. 1º de abril de 2012;134(4):41002. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/biomechanical/article/doi/10.1115/1.4005695/455586/Rotational-Stiffness-of-Football-Shoes-Influences>
55. Worsfold P, Smith NA, Dyson RJ. Low handicap golfers generate more torque at the shoe-natural grass interface when using a driver. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2008;7(3):408–14. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149910>
56. Carré MJ, Clarke JD, Damm L, Dixon SJ. Friction at the Tennis Shoe-court Interface: How Biomechanically Informed Lab-based Testing can Enhance Understanding. *Procedia Eng* [Internet]. 2014;72:883–8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705814006675>
57. Pedroza A, Fernandez S, Heidt R, Kaeding C. Evaluation of the Shoe-Surface Interaction Using an Agility Maneuver. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. setembro de 2010;42(9):1754–9. Disponível em: <https://journals.lww.com/00005768-201009000-00018>
58. Bennett HJ, Brock E, Brosnan JT, Sorochan JC, Zhang S. Effects of Two Football Stud Types on Knee and Ankle Kinetics of Single-Leg Land-Cut and 180° Cut Movements on Infilled Synthetic Turf. *J Appl Biomech* [Internet]. outubro de 2015;31(5):309–17. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/31/5/article-p309.xml>
59. Valiant GA. Friction - Slipping - Traction. *Sportverletzung · Sportschaden* [Internet]. 12 de dezembro de 1993;7(04):171–8. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2007-993502>
60. Dos'Santos T, Bishop C, Thomas C, Comfort P, Jones PA. The effect of limb dominance on change of direction biomechanics: A systematic review of its importance for injury risk. *Physical Therapy in Sport* [Internet]. 2019;37:179–89. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.04.005>
61. Bisesti BA, Lawrence MA, Koch AJ, Carlson LA. Comparison of knee moments and landing patterns during a lateral cutting maneuver: Shod vs. Barefoot. *J Strength Cond Res*. 2015;29(11):3075–8.

62. Brock E, Zhang S, Milner C, Liu X, Brosnan JT, Soroachan JC. Effects of two football stud configurations on biomechanical characteristics of single-leg landing and cutting movements on infilled synthetic turf. *Sports Biomech.* julho de 2014;13(4):362–79.

## APÊNDICE A – ESTRATÉGIAS DE BUSCAS DETALHADAS

**TABELA 1** - Estratégia de busca para as bases de dados Scielo, Embase e Scopus.

PEOT	Descritores
<b>POPULAÇÃO</b> (Calçados Esportivos)	Shoes <b>OR</b> Shoe <b>OR</b> “Sports Shoe” <b>OR</b> “Sports Shoes” <b>OR</b> “Sport Shoes” <b>OR</b> “Sport Shoes” <b>OR</b> “Athletic Shoe” <b>OR</b> “Athletic Shoes” <b>OR</b> footwear <b>OR</b> “athletic shoewear” <b>OR</b> “cleated shoe” <b>OR</b> shoewear <b>OR</b> cleats <b>OR</b> “soccer shoes” <b>OR</b> “soccer boots” <b>OR</b> “soccer cleats”
<b>AND</b>	
<b>EXPOSIÇÃO</b> (Tipo de superfícies)	Friction <b>OR</b> Floor and Floorcoverings <b>OR</b> Surface Properties <b>OR</b> Rotation <b>OR</b> “Floor and Floorcoverings” <b>OR</b> “Floorcoverings and Floors” <b>OR</b> Floorcoverings <b>OR</b> Floorcovering <b>OR</b> Carpets <b>OR</b> Carpet <b>OR</b> Floors <b>OR</b> Floor <b>OR</b> “Properties, Surface” <b>OR</b> “Property, Surface” <b>OR</b> “Surface Property” <b>OR</b> “Playing Surface” <b>OR</b> “Surface type”.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**TABELA 2** – Estratégia de busca para a base de dados PubMed.

<b>PEOT</b>	<b>Temas MeSH</b>	<b>Descritores não controlados</b>
<b>POPULAÇÃO</b> (Calçados Esportivos)	Shoes [MeSH]	<b>OR Shoes OR Shoe OR “Sports Shoe” OR “Sports Shoes” OR “Sport Shoes” OR “Sport Shoes” OR “Athletic Shoe” OR “Athletic Shoes” OR footwear OR “athletic shoewear” OR “cleated shoe” OR shoewear OR cleats OR “soccer shoes” OR “soccer boots” OR “soccer cleats”</b>
<b>AND</b>		
<b>EXPOSIÇÃO</b> (Tipo de superfícies)	Friction [MeSH] <b>OR</b> Floor and Floorcoverings [MeSH] <b>OR</b> Surface Properties [MeSH]	<b>OR “Floor and Floorcoverings” OR “Floorcoverings and Floors” OR Floorcoverings OR Floorcovering OR Carpets OR Carpet OR Floors OR Floor OR “Properties, Surface” OR “Property, Surface” OR “Surface Property” OR “Playing Surface” OR “Surface type”</b>

Fonte: Elaborado pelos autor.



**APÊNDICE B – CARACTERÍSTICA DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS INCLUÍDOS NA REVISÃO DE ESCOPO**

**Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.**

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Tamanho da Amostra</b>	<b>Modalidad e esportiva</b>	<b>Método</b>	<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>
<b>Aparato Mecânico</b>						
Thomson et al. (34)	2019	6 calçados; 5 superfícies	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: Torção 500Hz; BiAxial 7000Hz Carga Normal: Rotação 580n; Translação 300n Velocidade: Angular 90°/s; linear 200mm/s Deslocamento: Angular 90° Posição: 20° de flexão plantar	Pico de força horizontal (n) Coeficiente de tração translacional Torque (nm) Pico de Torque (nm)	Testes de superfície repetido em 5 locais de um campo de grama natural, testado em 5 momentos. Os calçados foram agrupados conforme o tipo de solado. A interação foi medida usando um dispositivo de teste portátil S2T2. Apenas as travas da porção ante pé do calçado em contato com a superfície, que possibilitava a rotação ou então travado em posição linear ao eixo para testes de translação.
Moncalero et al. (22)	2017	6 calçados; 3 superfícies; 3 indivíduos	Esqui no Gelo	Instrumento: Célula de carga	Coeficiente de atrito	Foi utilizado um dispositivo no modelo de treno automatizado, onde o piso é percorrido sobe a própria força a uma velocidade constante com amostras padronizadas. O dispositivo é capaz de calcular automaticamente as variáveis de interesse.
Morse et al. (35)	2016	1 calçado; 2 superfícies	Basquetebo 1	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 100Hz Carga Normal: 445n, 667n e 890n Velocidade: 1°/s, 5°/s e 10°/s Deslocamento: Angular 20° Posição de teste: 0°, 45° e 90°	Torque (nm)	A interação foi medida usando um dispositivo de teste instalado no quadro de reação servo-hidráulico biaxial, projetado para que todo o solado estivesse em contato com a superfície (uma porção de quadra de madeira com um produto que aumenta a aderência da superfície e sem). Primeiro, foi aplicada a carga axial desejada, após a superfície foi girada.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
Kent et al. (36)	2015	19 calçados; 2 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 10000Hz Carga Normal: 2800n Velocidade: 1,5m/s Torque máximo: 200nm Janela de aquisição: Translação 200ms; Drop Test + Translação 100ms Drop Test: Massa 42kg; Altura de queda 67mm	Pico de força horizontal (kn)  Pico de Torque (nm)  Pico das forças verticais e horizontais no teste combinado de queda e translação (kn)	A interação foi medida usando um dispositivo de teste (BEAST), uma forma de pé conectada a um eixo que pode se mover horizontal e verticalmente ao longo de uma estrutura de suporte interna. A estrutura interna é capaz de movimentar-se dentro da pesada estrutura externa. O eixo permite movimento de rotação, vertical e horizontal. Apto a medir a tração translacional, rotacional e a combinação do teste translacional + drop test. Foi utilizado apenas as travas da porção ante pé dos calçados. Os testes foram realizados no local da instalação da grama natural e sintética, a cada repetição foi deslocada para uma nova porção dentro do gramado. Para cada superfície uma análise de regressão linear foi realizada para testar uma relação entre as forças.
Kent et al.(37)	2015	1 calçado; 8 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 10000Hz Carga Normal: 2800n Velocidade: 1,5m/s Torque máximo: 200nm Janela de aquisição: Translação 200ms; Drop Test + Translação 100ms Drop Test: Massa 42kg; Altura de queda 67mm	Deslocamento (mm) (°) Velocidade horizontal (mm/s) e angular (°/s) Pico de força horizontal (kn)  Pico de Torque (nm)  Pico das forças verticais e horizontais no teste combinado de queda e translação (kn)	A interação foi medida usando um dispositivo de teste (BEAST), uma forma de pé conectada a um eixo que pode se mover horizontal e verticalmente ao longo de uma estrutura de suporte interna. A estrutura interna é capaz de movimentar-se dentro da pesada estrutura externa. O eixo permite movimento de rotação, vertical e horizontal. Apto a medir a tração translacional, rotacional e a combinação do teste translacional + drop test. Foi utilizado apenas as travas da porção ante pé dos calçados. Os testes foram realizados no local das instalações da grama natural e sintética, cada repetição foi deslocada para uma nova porção dentro do gramado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
Ura et al. (7)	2015	1 calçado; 3 superfícies	Tênis	Instrumento: Termopares e Célula de carga Carga Normal: 500n, 600n, 800n, 1100n, 1200n, 1400n, 1700n, 1800n e 2000n Janela de aquisição: 3000ms	Temperatura (°C) Tempo (s) Variação de temperatura (°C) / tempo (s)  DCOF	Foi utilizado um dispositivo de teste (Universidade de Sheffield), para determinar o comportamento da distribuição de temperatura da sola sob diferentes condições durante um movimento de deslizamento simulado foram aplicados sensores na sola do calçado, além da interação calçado superfície. A segunda parte envolveu a simulação de um deslizamento repetido e a medição de como a temperatura mudou após vários deslizamentos. A terceira etapa envolveu um deslizamento repetido sobre a superfície por 15 min.
Ballal et al. (38)	2014	5 calçados; 1 superfície	Rugby	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 500Hz Carga Normal: 1000n Velocidade: Angular 45°/s Deslocamento: Angular 140° Posição de teste: 45°	Pico de Torque (nm) Ângulo de rotação (°) Rigidez Rotacional (nm/°)	Foi utilizado um dispositivo de teste (MTS 858 Bionix). A superfície foi fixada ao equipamento através de uma base de madeira. Os testes foram realizados aplicando uma força vertical no pé, realizado sob controle angular até atingir uma rotação angular máxima nos dois sentidos de rotação.
Galbusera et al. (39)	2013	3 calçados; 2 superfícies	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 500Hz Carga Normal: 1000n Velocidade: Angular 45°/s Deslocamento: Angular 140° Posição de teste: 0° e 45°	Pico de Torque (nm) Ângulo de rotação (°) Rigidez Rotacional (nm/°)	Foi utilizado um dispositivo de teste (MTS 858 Bionix). A superfície foi fixada ao equipamento através de uma base de madeira. Os testes foram realizados aplicando uma força vertical no pé, realizado sob controle angular até atingir uma rotação angular máxima nos dois sentidos de rotação e nas duas posições da forma de teste.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
Clarke et al. (40)	2013	9 calçados; 1 superfície	Tênis	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 2000Hz Carga Normal: 400-1000n Posição de teste: 7° de eversão na direção do movimento	Força de tração (n) Deslocamento horizontal (m) Torque (nm) Tração dinâmica (n)	Foi utilizado um dispositivo de teste (Universidade de Sheffield), controlado por força. Porção antepé da sola do calçado utilizado. Aplicação de uma força normal fixada, permitiu apenas o movimento vertical. À medida que a força normal alvo foi alcançada foi aplicada uma força horizontal crescente e controlada. Cada teste foi realizado em uma porção diferente da superfície, simulando o movimento de deslizamento.
Clarke et al (30)	2013	1 calçado; 5 superfícies	Tênis	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 2000Hz Carga Normal: 1000n Deslocamento: Linear 250mm Posição de teste: 7° de eversão na direção do movimento; 90° da região do antepé na direção do movimento.	Força de tração (n) Deslocamento horizontal (m) Torque (nm) Pico de força de tração (n) Tração dinâmica (n) Rigidez de inicial (n/m)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste (Universidade de Sheffield), controlado por força. Para analisar a tração desenvolvida em quanto uma força de cisalhamento aumenta gradualmente. Aplicação de uma força normal fixada, permitiu apenas o movimento vertical. À medida que a força normal alvo foi alcançada foi aplicada uma força horizontal crescente e controlada até que o deslizamento seja iniciado. Porção antepé da sola do calçado utilizado. Cada teste foi realizado em uma porção diferente da superfície, simulando o movimento de deslizamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Kent et al (31)	2012	1 calçado; 5 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 10000Hz Carga Normal: 2800n Velocidade: 1,5m/s Torque máximo: 200nm Janela de aquisição: Translação 200ms; Drop Test + Translação 100ms	Deslocamento horizontal (mm) e angular (°) Tempo do pico de deslocamento horizontal e angular (s) Velocidade (mm/s) (°/s) Força Horizontal (n) Força Vertical (n) Pico de força horizontal e vertical (n) Impulso (n/s) (nm/s) Torque (nm) Pico de Torque (nm)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste (BEAST), que consiste em uma forma de pé conectada a um eixo que pode se mover horizontal e verticalmente ao longo de uma estrutura de suporte interna. A estrutura interna é capaz de movimentar-se dentro da pesada estrutura externa. O eixo permite movimento de rotação, vertical e horizontal. Apto a medir a tração translacional, rotacional e a combinação do teste translacional + drop test. Foi utilizado apenas as travas da porção ante pé dos calçados. Os testes foram realizados no local das instalações da grama natural e sintética, cada repetição foi deslocada para uma nova porção dentro do gramado.
Smeets et al. (41)	2012	2 calçados; 4 superfícies	Futebol	Instrumento: Célula de carga Carga Normal: 200n, 300n e 400n Deslocamento: Angular 30° bidirecional Teste de Impacto: 200n; Altura de queda 120mm	Torque (nm) Pico de Torque (nm)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste móvel para medir a interação durante um movimento de rotação controlado. Uma armação de madeira foi utilizada para apoiar a perna na posição vertical. No topo foi anexado um dispositivo de fixação permitindo a aplicação de um torque medido com uma chave de torque digital. Um torque crescente foi aplicado, movimento em rotação o modelo. Todo o solado do calçado esteve em contato com a superfície. Os testes foram realizados em ambos os sentidos de rotação. Para cada avaliação o dispositivo foi deslocado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Clarke et al. (42)	2011	1 calçado; 7 superfícies	Tênis	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 200Hz Carga Normal: 100-800n Velocidade: 0,1m/s	Coefficiente de tração translacional Deslocamento horizontal (mm) Rigidez (n/mm x 10.5)	Foi utilizado um dispositivo de teste (Universidade de Sheffield), controlado pela força. Aplicação de uma força normal fixada, permitiu apenas o movimento vertical. À medida que a força normal alvo foi alcançada foi aplicada uma força horizontal crescente e controlada até que o deslizamento seja iniciado. Porção da sola do calçado colado ao dispositivo.
Kuhlman et al. (43)	2009	4 calçados; 1 superfície	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 250Hz Carga Normal: 222n, 444n, 666n, 888n, 1110n, 1332n, 1554n, 1776n. Velocidade: Max 0,1m/s Deslocamento: Angular 45° bidirecional; linear 20cm Posição de teste: 0° em todos os movimentos	Coefficiente de tração estática Coefficiente de tração dinâmica Pico de coeficiente de tração Deslocamento horizontal (cm) Velocidade horizontal (cm/s)	Foi utilizado um dispositivo de teste móvel (Boise State TurfBuster), automatizado, que controla o movimento de translação e rotação com o mínimo de interferência do operador. Caracterizada com um quadro externo, um interno e um de movimento dinâmico com motriz através de gás comprimido, permitindo um movimento vertical e de rotação em quando aplicava as cargas normais a fim de simular movimentos de corte lateral. Dispositivo permitia ajustes angulares da forma do pé 90° de rotação interna e externa; 0-90° flexão plantar; 0-20° dorsiflexão; 0-30° inversão e eversão; com ajustes possíveis em intervalo de 15°. Para cada avaliação o dispositivo foi deslocado.
Villwock et al. (26)	2008	10 calçados; 9 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 1000Hz Carga Normal: 1000n Velocidade: 180°/s Janela de aquisição: 100-900ms após 3nm. Posição de teste: eixo médio pé 14cm do calcanhar	Pico de Torque (nm)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste móvel para medir a interação durante um movimento de rotação controlado em conformidade com a ASTM. Caracterizada com uma estrutura de alumínio que podia ser elevada ou baixada até o solo. A estrutura sustentava o membro inferior, um peso suspenso preso a uma engrenagem de 0,25 m de raio foi usado para produzir um torque, com o centro de rotação ajustável.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Villwock et al. (44)	2009	10 calçados; 4 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 1000Hz Carga Normal: 1000n Velocidade: 180°/s Janela de aquisição: 100-900ms após alcance 3nm. Posição de teste: eixo fixado no médio pé 14cm do calcanhar	Torque (nm) Pico de Torque (nm) Deslocamento angular (°) Rígidez Rotacional (nm/°)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste móvel para medir a interação durante um movimento de rotação controlado em conformidade com a ASTM. Caracterizada com uma estrutura de alumínio que podia ser elevada ou baixada até o solo. A estrutura sustentava o membro inferior, um peso suspenso preso a uma engrenagem de 0,25 m de raio foi usado para produzir um torque, com o centro de rotação ajustável.
Livesay et al. (45)	2006	2 calçados; 5 superfícies	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 500Hz Carga Normal: 67n, 111n, 200n, 333n, 511n Deslocamento: Angular mínimo 75°	Pico de Torque (nm) Rígidez Rotacional (nm/°)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste móvel para medir a interação durante um movimento de rotação. Caracterizada com um eixo vertical rigidamente conectado ao antepé do calçado e então usado para gerar uma rotação, a carga compressiva foi aplicada pendurando pesos no topo do eixo vertical. Para cada avaliação o dispositivo foi deslocado.
Cawley et al. (46)	2003	9 calçados; 2 superfícies	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Carga Normal: 178n; 978n Posição de teste: 0° em todos os movimentos	Força de translação (lbs) Torque (polegadas/libras)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste móvel para medir a interação durante um movimento de translação e rotação com um movimento de trilhos interno que permitia a translação e rotação ao longo do eixo. Dispositivo permitia ajustes angulares da forma do pé 90° de rotação interna e externa; 0-60° flexão plantar; 0-10° dorsiflexão; 0-25° inversão e eversão. Foi fixado uma caixa aonde a superfície de teste foi afixada em cima da plataforma de força dentro do dispositivo de teste.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
Newton et al. (47)	2002	3 calçados; 4 superfícies	Luta Livre	Instrumento: Célula de carga Carga Normal: 100n	Coefficiente de tração estática Coefficiente de tração dinâmica	Foi utilizado um dispositivo (Biodex) que arrastou gradualmente o calçado com peso sobre a superfície do tatame de luta livre, uma plataforma de força mediu as forças verticais e horizontais produzidas.
Heidt et al. (48)	1996	15 calçados; 2 superfícies	Futebol Americano; Basquetebo 1	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 50Hz Carga Normal: 11,35kg	Força de translação (n) Torque (nm) Pico de força de translação (n) Pico de Torque (nm) Coefficiente de tração translacional	Foi desenvolvido um dispositivo de teste para medir a interação durante um movimento de rotação e translação. Caracterizada com um eixo vertical rigidamente conectado a forma do calçado e então usado para gerar uma rotação, a carga compressiva foi aplicada pendurando pesos no topo do eixo vertical. Foi fixado uma caixa aonde a superfície de teste foi afixada dentro do dispositivo de teste.
Torg; Stilwell; Rogers (49)	1996	5 calçados; 5 superfícies	Futebol Americano; Basquetebo 1	Carga Normal: 100 Libras Deslocamento: Angular 60° Temperatura da superfície: 52°, 60°, 78°, 92°, 110°F	Coefficiente de tração translacional Torque (nm)	Foi utilizado um dispositivo de teste para medir a interação durante um movimento de rotação controlado. Uma haste de metal fixada ao calçado, uma chave de torque foi a responsável da rotação. Todo o solado do calçado esteve em contato com a superfície. Os testes foram realizados em ambos os sentidos de rotação. Para cada avaliação o dispositivo foi deslocado.
Andreasson et al. (50)	1986	25 calçados; 1 superfície	Corrida; Tênis; Futebol	Instrumento: Célula de carga Carga Normal: 241n Velocidade: 1-5m/s	Torque (nm)	Foi desenvolvido um dispositivo de teste para medir simultaneamente as forças de atrito e o torque, aonde a superfície fixada em um disco que girava bidirecionalmente através de um motor elétrico fixos em uma estrutura externa com um molde de pé posicionado suspenso no disco.

Fonte: Elaborado pelos autores.



Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Torg; Quedenfeld; Landau (1)	1974	12 calçados; 8 superfícies	Futebol Americano	Carga Normal: 25lbs a 150lbs Deslocamento: Angular 60° e 90°	Coefficiente de tração translacional Torque (nm)	Foi utilizado um dispositivo de teste para medir a interação durante um movimento de rotação controlado. Uma haste de metal fixada ao calçado, uma chave de torque foi a responsável da rotação. Todo o solado do calçado esteve em contato com a superfície. Os testes foram realizados em ambos os sentidos de rotação. Para cada avaliação o dispositivo foi deslocado.
<b>Aparato Mecânico e Cadáveres</b>						
Wei et al. (54)	2012	4 calçados; 12 membros inferiores	Futebol	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Carga Normal: 1500n Pré-torque: 2Nm rotação interna Torque inicial: 60nm a 1 Hz Deslocamento: Angular 30° Pré-torque: 2nm rotação interna	Rigidez Rotacional (nm/°) Translação e rotação do Tálus (°) Torque (nm) Angulação de interseção das curvas de torque/°	Foi utilizado um dispositivo de teste para medir a interação durante um movimento de rotação externa de pé controlado. Para cada par do calçado, um pé estava utilizando um modelo rígido e outro flexível fixado em uma forma. O membro é posicionado virado 180°, com o pé para cima e a extremidade da tíbia para baixo e a rotação acionada por mecanismos automatizados.
Drakos et al. (51)	2010	2 calçados; 8 membros inferiores	Futebol; Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga Carga Normal: 500n Torque inicial: 1,5nm Deslocamento: Angular 90°	Força Vertical (n) Torque (nm) Pico de força (n) Pico de Torque (nm)	Foi utilizado um dispositivo de teste para medir a interação durante um movimento de rotação bilateral controlado. Cada membro inferior cadavérico foi envasado e testado. O dispositivo incluía uma estrutura externa de metal com um cubo de metal preso superiormente ao centro para fixação dos membros inferiores e aplicação das cargas nos testes de tração e translação. Na poção inferior, central, havia uma caixa aonde a superfície desejada para teste foi fixada., sobe uma plataforma de força. Com um sistema de polias foi preso um peso, externamente a máquina que ao soltar gerava o movimento de rotação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
<b>Humanos</b>						
Vidal et al. (19)	2019	1 calçado; 1 superfície; 20 indivíduos	Corrida	Instrumento: Célula de carga  Frequência de aquisição: 500Hz	Força de reação com o solo Força Horizontal (n) Força Vertical (n) Pico Coeficiente de atrito requerido Velocidade (m/s) Comprimento do passo (m) Duração do passo (s)	Cada participante pode aquecer por 5min. Solicitado uma corrida com cadência auto selecionável, corrida imposta a 180bpm e uma caminhada imposta a 140bpm primeiro em condições descalças e após com o calçado. Todos foram instruídos a pisar com o pé direito na primeira plataforma de força e com pé esquerdo na segunda, estas plataformas estavam recobertas com uma superfície própria para corrida.
Malisoux et al. (21)	2017	2 calçados; 4 superfícies; 21 indivíduos	Corrida	Instrumento: Célula de carga  Frequência de aquisição: 1000Hz	Força de reação com o solo Força Horizontal (n.kg-1) Força Vertical (n.kg-1) Taxa de carregamento média vertical (n.s-1.kg-1) Taxa de carregamento instantânea vertical (n.s-1.kg-1)	Foi permitido um aquecimento de 5-10min. Investigado movimentos de saltos máximos com movimentação de tornozelo e joelho estendidos com o menor tempo de contato possível, e saltos múltiplos com dois saltos consecutivos precedido por uma flexão de joelho de aproximadamente 90°. Cada participante teve um período de treino. O salto considerado válido se cada pé aterrissasse em uma das plataformas de força recobertos por superfícies esportivas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Bennett et al. (58)	2015	3 calçados; 1 superfície; 14 indivíduos	Futebol Americano	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Frequência de aquisição: 120Hz Deslocamento: 7,6-8,2m	Pico da força Vertical (n) Pico do ângulo de joelho (°) Torque (nm/kg) Força de reação com o solo	Foi permitido aquecimento de 5min. Investigado um movimento de mudança de direção a 90° com apoio em uma perna seguido de uma aceleração máxima por 3m e outro vindo de uma corrida e uma mudança brusca de direção a 180° em cima de uma plataforma de força recoberta por grama sintética dentro do laboratório.
Damm et al. (23)	2013	2 calçados; 2 superfícies; 8 indivíduos	Tênis	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Frequência de aquisição: 960Hz e 120Hz Velocidade: Corrida 4m/s;	Força de reação com o solo Pico da taxa de carregamento vertical (Peso corporal/s) Força Horizontal (n) Força Vertical (n) Coeficiente de atrito Ângulos articulares (°)	O movimento de salto lateral com o pé direito no chão e um forehand em corrida livre a uma distância de 6m da plataforma de força foram analisados. Os atletas foram instruídos a realizar a manobra sobe a plataforma de força. Incentivando o movimento de deslizamento no saibro.
McGhie; Ettema(6)	2013	3 calçados; 3 superfícies; 22 indivíduos	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 1000Hz	Força Vertical (n) Pico da força Vertical (n) Força de reação com o solo Absorção de impacto (n/kg)	Foi permitido um aquecimento de 10min. Investigado um movimento de corrida em linha reta com desaceleração rápida em até dois passos ao tocar a plataforma de força e uma corrida com mudança de direção de 90° para esquerda, devendo atingir a área demarcada com o pé direito.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Worsfold; Smith; Dyson (55)	2008	3 calçados; 1 superfície; 24 indivíduos	Golf	Instrumento: Célula de carga; Câmera de vídeo analógica Frequência de aquisição: 1000Hz e 200Hz	Torque (nm) Pico de Torque (nm)	Os testes foram realizados em um campo ao ar livre. Os jogadores foram solicitados a jogar tacadas retas, em seu gesto motor próprio. As plataformas de força foram cobertas por grama natural, semelhante à do campo.
<b>Humanos e Aparato Mecânico</b>						
Wannop et al. (28)	2019	1 calçado; 12 superfícies; 16 indivíduos	Futebol	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Frequência de aquisição: 1000Hz e 2400Hz; 240Hz Carga Normal: 650n Deslocamento: Angular 25° Velocidade: 75%/s Posição de teste: 20° de flexão plantar de tornozelo	Torque (nm) Pico de Torque (nm) Impulso (N/s) (nm/s)	Foi utilizado um dispositivo robótico que consistia em uma plataforma móvel alocada dentro de uma estrutura de aço. As porções das superfícies testadas foram fixadas nesta plataforma móvel para teste com um molde de pé fixo por uma haste e rotado pelo dispositivo a fim de simular o movimento de mudança de direção. Para cada teste foi utilizado um local diferente da superfície. Após os testes mecânicos foram selecionadas três superfícies e solicitado para os atletas realizarem um movimento de mudança de direção a 90° sobre a plataforma de força e com esforço máximo em um ambiente de laboratório.
Carré et al. (56)	2014	1 calçado; 3 superfícies; 12 indivíduos	Tênis	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 960Hz e 2000Hz Deslocamento: 250mm	Força de reação com o solo Força Horizontal (n) Força Vertical (n) Coeficiente de atrito utilizado	Os atletas foram solicitados a realizar os gestos esportivos sobre uma plataforma de força. Após foi desenvolvido um dispositivo de teste (Universidade de Sheffield), controlado por força. Para analisar a tração desenvolvida em quanto uma força de cisalhamento aumenta gradualmente. Aplicação de uma força normal fixada, permitiu apenas o movimento vertical. À medida que a força normal alvo foi alcançada foi aplicada uma força horizontal crescente e controlada até que o deslizamento seja iniciado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Wannop et al. (11)	2013	555 calçados; 3 superfícies; 555 indivíduos	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 2000Hz Carga Normal: 580n Velocidade: Linear 0,2m/s; angular 90°/s  Posição de teste: 20° de flexão plantar de tornozelo	Pico de Torque (nm)  Coeficiente de tração translacional	O dispositivo mecânico de avaliação consistia em um pé montado sob uma plataforma móvel com uma célula de carga usada para medir a resistência à força movimento da plataforma. Para os testes de translação o calçado foi arrastado pelo gramado por um motor. Para os testes de rotação, os demais movimentos foram travados permitindo a rotação sobre o eixo do ante pé do calçado. Os calçados de todos os indivíduos foram recolhidos após uma sessão de treinamento e submetido a bateria de testes mecânicos, após foram coletados dados epidemiológicos de lesões e realizado uma correlação.
Wannop et al. (53)	2010	2 calçados; 1 superfície; 13 indivíduos	Não especificado	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Frequência de aquisição (Hz): 240; 1000; 2400 Carga normal: 750n Velocidade: Linear 0,1m/s; angular 75°/s Deslocamento: Indivíduos 30m  Posição de teste: 20° de flexão plantar	Coeficiente de tração translacional Torque (nm) Impulso (nm/s)  Velocidade (m/s)	Foi utilizado um dispositivo robótico que consistia em uma plataforma móvel com uma amostra de superfície alocada dentro de uma estrutura de aço para medir a interação durante um movimento de rotação de pé controlado. Os atletas foram solicitados a realizarem um movimento de corte em V (corrida para frente e mudança de direção 45°) com pé direito e com uma plataforma de força instalada no centro de uma pista
Muller et al. (5)	2010	4 calçados; 1 superfície; 25 indivíduos	Futebol	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 1000Hz Carga normal: 750n Deslocamento: Indivíduos 26m e 6m  Velocidade: 0,3m/s	Força de reação com o solo Força Horizontal (n) Força Vertical (n) Coeficiente de atrito dinâmico  Velocidade (m/s)	Os atletas foram solicitados a realizar os movimentos de corrida em direções alternadas (zigue-zague) e em linha reta com a maior velocidade possível. Ainda os indivíduos foram solicitados a realizarem atividades específicas da modalidade, como aceleração, mudança de direção a 45° para ambos lados e mudança de direção a 180° sobre uma plataforma de força recoberta por um gramado. As análises mecânicas foram quantificadas por um dispositivo de testes em um sistema de treno horizontal móvel com o solado em total contato com o solo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidad e esportiva	Método	Variável	Descrição
Pedroza et al. (57)	2010	5 calçados; 1 superfície; 30 indivíduos	Boliche	Instrumento: Célula de carga	Coeficiente de atrito Coeficiente de atrito estática Força Horizontal (% do peso corporal) Força Vertical (% do peso corporal) Tempo (s)	Os atletas foram solicitados a realizar movimentos de mudança de direção que se assemelhassem ao movimento de mudança de direção após o toque na plataforma de força com o pé direito em três passos, mudança de direção lateral após o contato com a plataforma de força e uma mistura dos movimentos anteriores em diferentes superfícies. As análises mecânicas foram realizadas com um pequeno dispositivo (TORTUS) que rolava sobre a superfície enquanto captava os dados.
Nigg et al. (27)	2009	1 calçado; 5 superfícies; 21 indivíduos	Basquetebo 1	Instrumento: Célula de carga; Câmeras de captação de movimento 3D Frequência de aquisição: 2400Hz; 120fps Carga Normal: 12,5kg	Torque (nm) Coeficiente de atrito estática Coeficiente de atrito dinâmica Força Vertical (n) Força Horizontal (n)	Investigado dois movimentos: aproximação pelo lado esquerdo da área de análise, salto, aterrizando com o pé direito e imediatamente retornava para a posição inicial; entrava na área de teste e mudava de direção a 45° com o pé direito de apoio em esforço submáximo. O dispositivo de teste, consistiu em um treno pesado fixo a um sapato esportivo com as amostras anexadas a uma plataforma de força, a medida que o treno era puxado o tênis era arrastado pela superfície. Para o atrito de rotação foi solicitado para um participante ficar apoiado em ante pé e realizar um giro de 180° sobre a superfície na plataforma de força.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Continuação Tabela 3 - Característica dos estudos experimentais incluídos na Revisão de Escopo.

Autor	Ano	Tamanho da Amostra	Modalidade e esportiva	Método	Variável	Descrição
Chapman et al. (3)	1991	4 calçados; 6 superfícies; 1 indivíduo	Squash	Instrumento: Célula de carga Frequência de aquisição: 200Hz Carga Normal: 28kg; 50,5kg; 72,4kg  Tempo de análise: 2s	Força Vertical (n) Força Horizontal (n)  Coeficiente de atrito	Uma plataforma de madeira foi fixada a um pé de gesso para aplicação da carga vertical e foi aplicada manualmente uma força horizontal crescente por um cabo ao redor do calcanhar do molde que deslocava o dispositivo horizontalmente sobre o piso que estava em cima de uma plataforma de força. Um atleta foi solicitado a realizar movimentos específicos da modalidade em todas as condições de solo sobre uma plataforma de força usando o sapato do teste mecânico.
Stanitski; McMaster; Ferguson (52)	1974	4 calçados; 1 superfície; 6 indivíduos	Futebol Americano	Carga Normal: 25lbs  Deslocamento: Indivíduos 40yd e 30yd	Tempo (s)  Coeficiente de atrito	Os atletas foram solicitados a realizarem movimentos em linha reta e em zigue-zague. Para a análise da interação calçado-superfície foi utilizado um teste de arrasto, com a aplicação de uma carga vertical uniformemente distribuído em um calçado com uma escala de mola pré calibrada para medir a quantidade de força necessária para deslocar o calçado, testados em áreas diferentes do campo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### **CAPÍTULO III - ESTUDO 2**

#### **AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DE UM CALÇADO DE FUTSAL COM SUPERFÍCIE DE CIMENTO DURANTE O MOVIMENTO ROTACIONAL.**

*EVALUATION OF THE INTERACTION OF FUTSAL FOOTWEAR WITH CEMENT  
SURFACE DURING ROTATIONAL MOVEMENT.*

Estruturado sob forma de artigo,  
segundo as normas da revista *Journal  
of Biomechanics* (Anexo B).



## AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DE UM CALÇADO DE FUTSAL COM SUPERFÍCIE DE CIMENTO DURANTE O MOVIMENTO ROTACIONAL.

### *EVALUATION OF THE INTERACTION OF FUTSAL FOOTWEAR WITH CEMENT SURFACE DURING ROTATIONAL MOVEMENT.*

#### RESUMO

**Introdução:** As cargas envolvidas na interação calçado esportivo/superfície estão relacionadas ao aumento da incidência de lesões nos membros inferiores e performance. O futsal está dentre as modalidades esportivas populares no Brasil. A biomecânica dos gestos motores envolvidos na prática do futsal pode sofrer influência da interação chuteira/superfície de contato. **Objetivos:** Descrever as características friccionais de um calçado específico de futsal em uma superfície de cimento e avaliar a interação da variabilidade da carga compressiva e velocidade angular na interação calçado esportivo superfície de contato. **Métodos:** Estudo descritivo, com abordagem quantitativa, transversal. A amostra constituída por uma chuteira e uma superfície de cimento. As cargas compressivas de 30kgf e 42kgf foram utilizadas, com as velocidades angulares de 325°/s e 360°/s. Os testes foram realizados através de um dispositivo mecânico equipado com célula de carga. Para descrição da interação calçado/superfície foi utilizado o pico de torque, a taxa de rigidez rotacional e o coeficiente de fricção. **Resultados:** O pico de torque foi maior nos testes com carga compressiva de 42 kgf quando comparadas a carga compressiva de 30 kgf, independente da velocidade angular. Os valores do coeficiente de fricção foram bastante similares nas diferentes situações avaliadas. A rigidez apresentou diferenças significativas entre todas as situações avaliadas, se mostrando dependente tanto da carga compressiva quanto da velocidade angular **Conclusão:** Foi possível identificar que tanto a variabilidade das cargas de compressão quanto as velocidades angulares de rotação do teste podem ser agentes de efeito no pico de torque, taxa de rigidez e coeficiente de fricção em um calçado de futsal.

Palavras-chave: Calçado Esportivo; Fricção; Fenômeno Biomecânico

#### ABSTRACT

**Introduction:** The loads involved in the sports footwear/surface interaction are related to the increased incidence of lower limb injuries and performance. Futsal is among the popular sports in Brazil. The biomechanics of motor gestures involved in futsal practice may be influenced by the boot/contact surface interaction. **Objectives:** To describe the frictional characteristics of a specific futsal shoe on a cement surface and to evaluate the interaction of compressive load variability and angular velocity in the contact surface interaction of sports shoes. **Methods:** Descriptive study, with a quantitative, cross-sectional approach. The sample consisted of a football boot and a cement surface. Compressive loads of 30Kgf and 42Kgf were used, with angular velocities of 325°/s and 360°/s. The tests were performed using a mechanical device equipped with a load cell. To describe the footwear/surface interaction, peak torque, rotational stiffness rate and coefficient of friction were used. **Results:** The peak torque was higher in tests with a compressive load of 42 kgf when compared to a compressive load of 30 kgf, regardless of the angular velocity. The coefficient of friction values was quite similar in the different situations evaluated. Stiffness showed significant differences between all evaluated situations, showing to be dependent on both the compressive load and the angular velocity **Conclusion:** It

was possible to identify that both the variability of the compressive loads and the angular rotational velocities of the test can be agents of effect in the peak of torque, stiffness rate and coefficient of friction in a futsal shoe.

Key words: Sports Shoes, Friction, Biomechanical Phenomena

### 3.1 INTRODUÇÃO

A importância dos aspectos relacionados à interação calçado esportivo e superfície de contato vem ganhando destaque nos últimos anos, no que se refere a prevenção de lesões ou desempenho. (SUN et al., 2020; THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015). Independente da modalidade abordada, o calçado é a interface de contato entre membro inferior e a superfície esportiva, sendo importante na performance esportiva. (APPS et al., 2020; SUN et al., 2020). Mesmo considerando a complexidade dos fatores de risco de lesões (BITTENCOURT et al., 2016), cargas elevadas na interação calçado-superfície parecem estar relacionadas ao aumento de injúrias em membros inferiores. (MORSE et al., 2016; THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015).

O futebol e o futsal são modalidades esportivas populares no Brasil. (QUEMELO et al., 2012). Os calçados de futsal são utilizados tanto em pisos de madeira flutuante, específicos para o esporte em alto rendimento, quanto em quadras de cimento disponíveis em condomínios, praças públicas ou clubes sociais. Estes calçados, ou chuteiras, se diferenciam das de futebol tradicional por não possuírem travas, apresentando um solado de borracha com estrias para proporcionar resistência aos movimentos de mudança de direção, além de serem de menor custo que outras chuteiras.

O futsal é caracterizado como um esporte que possui movimentos que abrangem acelerações, desacelerações, mudança de direção, saltos, chutes e desarmes (TEYMOURI et al., 2017). A biomecânica desses gestos motores pode ser afetada pela interação chuteira-superfície de contato. (SUN et al., 2020). Além disto, em alto nível o futsal apresenta aproximadamente 195 lesões para cada 1000 horas jogadas, com incidência de cerca de 1 lesão por partida. (JUNGE; DVORAK, 2010). Embora o nível técnico seja um fator que influencia nas lesões, também é importante entender o potencial das altas forças de interação calçado-superfície sobre o risco de lesões (SILVA et al., 2017; THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015; WANNOP; LUO; STEFANYSHYN, 2013), mesmo em praticantes amadores.

A medição direta da interação calçado esportivo-superfície pode auxiliar a entender o risco de lesões e melhorar o desempenho. (MALISOUX et al., 2017; SILVA et al., 2017;

THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015). Um calçado esportivo deve ter a resistência ideal para evitar escorregamentos e consequentemente lesões de tecidos moles, mas também não deve ter uma resistência excessiva que poderia aumentar o risco de lesões ligamentares pela fixação do pé no solo. (FIRMINGER et al., 2019). Neste contexto, Clarke et al. (2011) e Thomson et al. (2019), sugerem o Coeficiente de Fricção (COF) como a melhor alternativa para descrever as cargas de interação calçado-superfície, pois o resultado é um índice da razão da força rotacional pela força vertical. Este índice objetiva resolver o problema de comparação entre os calçados quando aplicadas diferentes cargas compressivas, que reflete a realidade onde a variação do perfil antropométrico dificultaria a comparação do mesmo calçado em indivíduos diferentes.

O conforto e gosto pessoal são fatores importantes na tomada de decisão por parte do consumidor (SUN et al., 2020; WINSON; MILLER; WINSON, 2020), mas a falta de informações acessíveis relativas à interação calçado/superfície quanto ao risco de lesões e performance dificulta esta escolha. O grande desafio da indústria é projetar calçados que sejam considerados seguros, minimizando os fatores de riscos das lesões e potencializando o desempenho atlético dos indivíduos. (APPS et al., 2020; SUN et al., 2020; THOMSON; WHITELEY; BLEAKLEY, 2015; WANNOP; LUO; STEFANYSHYN, 2013). Não foram encontrados estudos que tenham abordado a interação chuteira de futsal e cimento. Portanto, o objetivo deste estudo foi descrever as características friccionais de um calçado específico de futsal em uma superfície de cimento e avaliar a interação da variabilidade da carga compressiva e velocidade angular na interação calçado esportivo superfície de contato.

### **3.2 METODOLOGIA**

Este estudo é experimental, com abordagem quantitativa e transversal. Uma chuteira, com solado específico para o Futsal (Figura 1) teve suas características friccionais avaliadas em uma superfície cimento. As medições foram realizadas com auxílio de um aparato mecânico, descrito por Oliveira (2020) Ao fixar o calçado em uma forma que mimetiza o pé humano, é possível simular diferentes cargas compressivas entre o calçado e a superfície, com auxílio de anilhas colocadas no eixo de rotação do sistema. O movimento de rotação ocorre em um disco-base que contém a superfície de contato, podendo ter velocidade angular alterada também com auxílio de anilhas.

Os aspectos de confiabilidade, como reprodutibilidade e repetibilidade, foram descritos por Oliveira (2020). Para a captação dos sinais de força horizontal, o dispositivo de testes é equipado com uma célula de carga tipo I LBS 250 (LIBRACON, BRA) instalada a 0,045m de

distância do eixo de rotação com frequência de aquisição de 100 Hz. Concomitante com a análise de dinamometria, foi realizada a captação de dados cinemáticos através de um sistema de análise de movimento tridimensional *BTS Smart-DX* (*BTS Bioengineering*, ITA) com oito câmeras infravermelhas, através do *software Smart-Capture*, com uma taxa de amostragem de 100 Hz. Foram utilizados 6 marcadores reflexivos posicionados: no eixo de central do dispositivo; no calçado região de 2º metatarso; no calçado lateralmente no retro pé; medialmente no retro pé; no disco-base alinhado com o ponto do 2º metatarso em repouso; e no gancho com as anilhas de tração. (OLIVEIRA, 2020).



**Figura 1:** Solado da chuteira utilizado para os testes mecânicos.

Fonte: Acervo particular do autor.



**Figura 2:** Aparato mecânico ilustrando a chuteira avaliada contra um piso de cimento. As anilhas no topo simulam a carga compressiva, enquanto as anilhas na lateral definem a velocidade de rotação do disco-base  
Fonte: Acervo particular do autor.

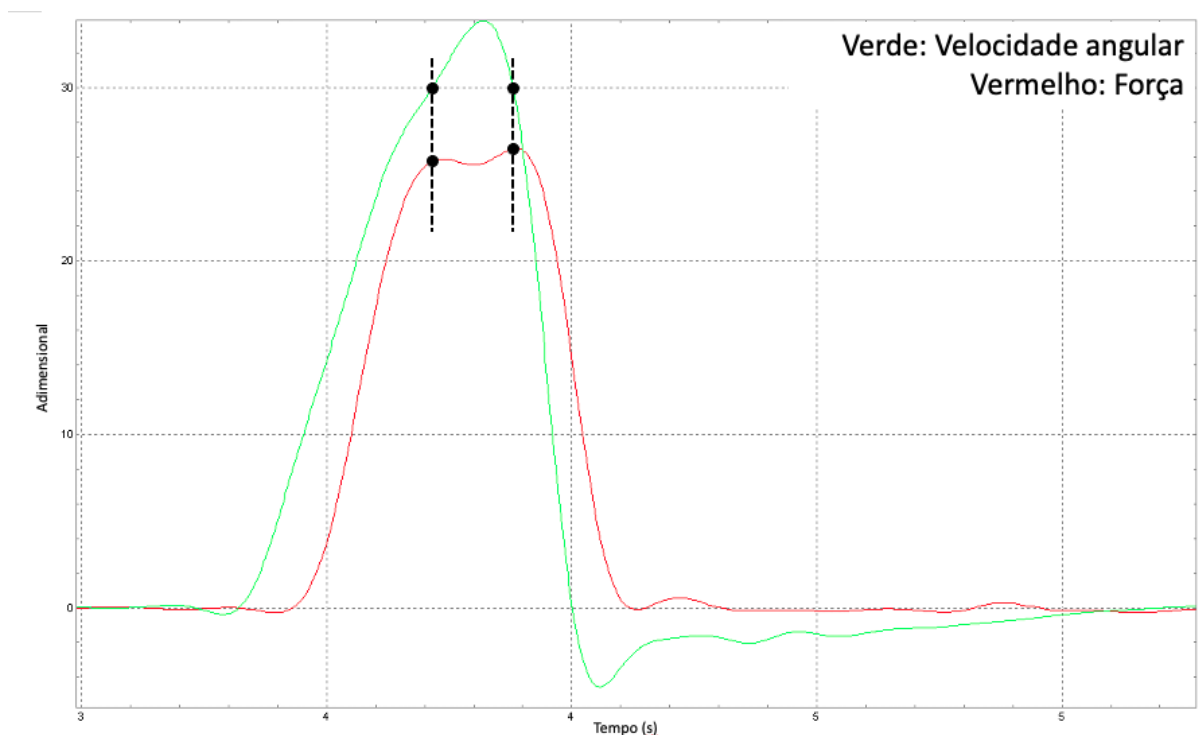
### 3.2.1 PROCEDIMENTOS DE COLETAS DE DADOS

O procedimento de coleta de dados foi realizado no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) na Escola de Fisioterapia, Educação Física e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no mês de maio de 2023, em três diferentes momentos.

Objetivando analisar a interação calçado-superfície com variação da carga compressiva, foram escolhidas duas magnitudes: 30 kgf (294,30 N) e 42 kgf (412,02 N). A carga de 30 kgf foi determinada por ser o mínimo necessário para avaliar tal interação em um dispositivo mecânico (CLARKE et al., 2011; KUHLMAN et al., 2009; LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006), enquanto a carga de 42 kgf foi determinada por ser um incremento de 40% sobre a carga mínima. Foram realizadas 12 tentativas para cada condição, sendo a média de todas as tentativas consideradas representativas para cada situação de teste.

Devido a forma como o aparato mecânico foi construído, com a velocidade de rotação definida por uma combinação entre a carga compressiva do calçado e outra carga que traciona

o disco-base, o comportamento da velocidade angular não é constante durante o movimento. Portanto, optamos por utilizar a velocidade angular média ( $^{\circ}/s$ ) no trecho de força horizontal mais estável (Figura 3). As velocidades angulares utilizadas foram  $325^{\circ}/s$  e  $360^{\circ}/s$ .



**Figura 3:** Velocidade angular mensurada simultaneamente à força horizontal com carga compressiva 30 kgf.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

As características friccionais da chuteira foram descritas a partir do pico de torque, da rigidez e do coeficiente de fricção. O pico de torque foi obtido através do produto da medição direta do pico de força pela distância do ponto de aplicação da força ao eixo (0,045 m). (OLIVEIRA, 2020). A rigidez foi analisada através do quociente das medidas diretas de força no intervalo de  $0^{\circ}$  e  $30^{\circ}$  (BALLAL et al., 2014; LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006; VILLWOCK et al., 2009). O coeficiente de fricção (COF) foi determinado através da razão do pico de torque pela força compressiva. (CLARKE et al., 2011; DAMM et al., 2013; THOMSON et al., 2019).

### 3.2.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Para a filtragem e processamento dos dados, foi utilizado o *software Smart Analyser* (BTS *Engineering*). Os sinais provenientes da célula de carga foram filtrados através do filtro passa-baixa *Butterworth*, quarta ordem, com frequência de corte de 5 Hz. As informações

cinemáticas foram utilizadas exclusivamente para as definições dos intervalos angulares avaliados.

### 3.2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados, foi utilizado o software SPSS 26.05. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. O Teste de Levene foi utilizado para verificar a homogeneidade das variâncias. Para comparar as médias do pico de torque, taxa de rigidez e coeficiente de fricção foi realizada uma ANOVA de Medidas Repetidas, sendo os fatores as cargas de compressão e velocidade. O nível de significância adotado foi de  $\alpha < 0,05$ . O tamanho de efeito foi calculado conforme sugerido por Field, (2011) para ANOVA de Medidas Repetidas.

### 3.3 RESULTADOS

O pico de torque foi maior nos testes com carga compressiva de 42 kgf quando comparadas a carga compressiva de 30 kgf, independente da velocidade angular. Embora a análise estatística tenha indicado algumas diferenças significativas, os valores de COF foram bastante similares nas diferentes situações avaliadas. A rigidez apresentou diferenças significativas entre todas as situações avaliadas, se mostrando dependente tanto da carga compressiva quanto da velocidade angular (Tabela 1).

**TABELA 1** – Média e desvio padrão do pico de torque, taxa de rigidez e coeficiente de fricção (COF) de um calçado de futsal com superfície de cimento separados por carga compressiva e velocidade angular.

		Carga compressiva		P	Tamanho de Efeito
		30kgf	42kgf		
<b>Pico de Torque [Nm]</b>	<b>325°/s</b>	12,1 ± 0,3	17,4 ± 0,9	<0,001*	0,98
	<b>360°/s</b>	12,2 ± 0,6	18,3 ± 0,4	<0,001*	0,99
	<b>p</b>	0,677	0,006*		
	<b>Tamanho de Efeito</b>	-	0,71		
<b>COF [m]</b>	<b>325°/s</b>	0,041 ± 0,001	0,042 ± 0,002	0,208	-
	<b>360°/s</b>	0,041 ± 0,002	0,044 ± 0,001	0,001*	0,82
	<b>p</b>	0,677	0,006*		
	<b>Tamanho de Efeito</b>	-	0,71		
<b>Rigidez [Nm/deg]</b>	<b>325°/s</b>	0,21 ± 0,02	0,35 ± 0,05	<0,001*	0,93
	<b>360°/s</b>	0,25 ± 0,05	0,41 ± 0,03	<0,001*	0,93
	<b>P</b>	0,044*	0,005*		
	<b>Tamanho de Efeito</b>	0,56	0,72		

COF = Coeficiente de fricção; \* =  $p < 0,05$ , diferença significativa; Os valores de p e de tamanho de efeito apresentados na coluna da direita linhas referem-se as diferenças entre as cargas compressivas para uma mesma velocidade, já os valores de p e tamanho de efeito descritos nas linhas de cada variável referem-se as diferenças entre as velocidades para uma mesma carga compressiva.

### 3.4 DISCUSSÃO

Ao analisar pico de torque, COF e rigidez, identificou-se valores maiores de média quando analisados com maior carga compressiva e maior velocidade angular. A exceção foi o COF, com resultados semelhantes ao variar a carga compressiva; e a rigidez, com diferenças ao mudar a velocidade angular. A definição da velocidade angular alvo e carga compressiva para os testes envolvendo calçados esportivos e superfícies com dispositivos mecânicos mostrou-se importante.

Uma alternativa é utilizar cargas e velocidades próximas das condições fisiológicas (CAWLEY et al., 2003; VILLWOCK et al., 2008). O atleta utiliza diversos padrões de movimento durante a prática esportiva, adaptáveis a demanda instantânea da atividade física. (BARRY; MILBURN, 2013; VIDAL et al., 2019). Por esse motivo, a carga compressiva e



velocidade angular são de difícil definição, além de constituir um elevado custo. Independentemente, não foi possível replicar as cargas compressivas próximas as fisiológicas por conta da estrutura de disposição das cargas no dispositivo mecânico somado a quantidade de anilhas disponíveis em laboratório, limitando às cargas e velocidades utilizadas em nossas análises.

As cargas compressivas no presente estudo foram de 30 kgf e 42 kgf, apesar de equivaler ao peso corporal de um praticante infantil ainda é muito distante das cargas fisiológicas aplicadas em adultos. Contudo, a literatura diverge quanto a magnitude destas cargas em dispositivos mecânicos, com autores aplicando cargas menores (CAWLEY et al., 2003; KUHLMAN et al., 2009; LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006; SMEETS et al., 2012) ou maiores (CAWLEY et al., 2003; KENT et al., 2012; KUHLMAN et al., 2009; LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006; VILLWOCK et al., 2008) das utilizadas neste trabalho. Parece haver uma concordância de quanto maior a carga compressiva maior será o pico de torque e a taxa de rigidez (CAWLEY et al., 2003; KUHLMAN et al., 2009; LIVESAY; REDA; NAUMAN, 2006), corroborando com os nossos resultados, onde a compressão se mostrou um fator significativo para tais variáveis.

Ao ponderar as velocidades angulares, 325°/s e 360°/s, possivelmente foi superestimada quando comparada a simulação dos valores aplicados na realidade esportiva. Entretanto, a literatura diverge quanto a velocidade estabelecida para os testes utilizando dispositivos mecânicos. Alguns autores em seus testes mecânicos utilizaram velocidades angulares diferentes, como 45°/s (BALLAL et al., 2014; GALBUSERA et al., 2013), 90°/s (THOMSON et al., 2019) e 180°/s (VILLWOCK et al., 2008), sem explicitar qual foi o intervalo de deslocamento angular para definição considerado, já que o seu comportamento não é constante durante o movimento. A escolha da velocidade angular para as avaliações deve ser considerado um aspecto relevante, uma vez que ao aumentar a velocidade angular com carga compressiva de 42 kgf resultou em maiores médias do Pico de toque, COF e rigidez.

Ainda não há um consenso sobre quais as melhores variáveis devem ser utilizadas a fim de explicar a interação calçado-superfície, contudo parece que tanto as forças rotacionais quanto as translacionais necessitam ser consideradas. (KENT et al., 2015a, 2015b; THOMSON et al., 2019). Duas notas técnicas (NIGG, 1990; VALIANT, 1993), descrevem que as forças de fricção na interação calçado esportivo-superfície podem ser subdividas em translacional e rotacional e idealmente devem ser avaliadas juntas para descrever as características mecânicas da interação calçado-superfície. Ainda, recomendam que tais análises devem ser feitas concomitantes em

seres humanos, realizando os gestos motores específicos de determinada modalidade, e em aparatos mecânicos.

A fim de minimizar os efeitos das diferentes cargas compressivas sobre os valores de força provenientes da interação calçado esportivo-superfície, utilizamos o COF, um coeficiente expresso através da razão do pico de torque em newtons metro pela força compressiva em newtons. (CLARKE et al., 2011; THOMSON et al., 2019). Todavia, a mecânica da interação calçado esportivo-superfície expresso por coeficientes pode ser um pretexto para camuflar o comportamento dos dados encontrados (KENT et al., 2012). Há divergências quanto a forma de relatar os dados, se em coeficientes ou valores vetoriais absolutos de forças. Optamos por descrever as características friccionais em ambas as formas, seja através do coeficiente ou valores absolutos de força.

O COF é utilizado em estudos envolvendo diferentes calçados ou porções a fim de facilitar a comparação entre os diferentes modelos. (CLARKE et al., 2011; KUHLMAN et al., 2009; THOMSON et al., 2019). Entretanto, a elaboração destes coeficientes é divergente na literatura, um estudo (CLARKE et al., 2011) utilizou na composição do coeficiente duas constantes matemáticas específicas para cada superfície, além da força compressiva, alcançado estabilidade ao variar a carga de compressão. Já outros autores (KUHLMAN et al., 2009), em análise com diferentes calçados, cargas compressivas e em superfície de gramado sintético encontraram que conforme a carga compressiva é alterada o comportamento do coeficiente também é modificado, indo ao encontro dos nossos achados.

Grande parte da produção científica relacionada a interação calçado esportivo/superfície remete-se a esporte com características motoras semelhantes as do futsal como o futebol (CAWLEY et al., 2003; THOMSON et al., 2019; VILLWOCK et al., 2008, 2009), ou em superfícies semelhantes á prática oficial como o basquete (CARRÉ et al., 2014) em pisos de madeira flutuante. Entretanto a superfície de jogo em análise, o cimento, não foram encontrados estudos disponíveis que possibilitem alguma espécie de comparação dos nossos resultados.

### **3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível identificar que a carga compressiva de 30 kgf apresentou maior estabilidade para as variáveis Pico de torque e COF entre as velocidades de 325°/s e 360°/s quando comparada a carga de 42 kgf. Porém, a variação da carga compressiva e velocidade angular parecem interferir na resposta da rigidez. A chuteira de futsal avaliada parece ter um comportamento específico, sofrendo alteração conforme a superfície, velocidade angular e magnitudes de cargas. A impossibilidade de avaliar os aspectos relacionados as forças

translacionais, tal como a opção por não utilizarmos cargas próximas da realidade esportiva, podem ser potenciais limitações do modelo utilizado em nosso estudo.

## REFERÊNCIAS – Capítulo III

- APPS, C. et al. Footwear insoles with higher frictional properties enhance performance by reducing in-shoe sliding during rapid changes of direction. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 2, p. 206–213, 17 jan. 2020.
- BALLAL, M. S. et al. Rotational and peak torque stiffness of rugby shoes. **The Foot**, v. 24, n. 3, p. 107–110, set. 2014.
- BARRY, B.; MILBURN, P. Tribology, friction and traction: understanding shoe-surface interaction. **Footwear Science**, v. 5, n. 3, p. 137–145, 2013.
- BITTENCOURT, N. F. N. et al. Complex systems approach for sports injuries: Moving from risk factor identification to injury pattern recognition - Narrative review and new concept. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 21, p. 1309–1314, 2016.
- CARRÉ, M. J. et al. Friction at the Tennis Shoe-court Interface: How Biomechanically Informed Lab-based Testing can Enhance Understanding. **Procedia Engineering**, v. 72, p. 883–888, 2014.
- CAWLEY, P. W. et al. Physiologic Axial Load, Frictional Resistance, and the Football Shoe—Surface Interface. **Foot & Ankle International**, v. 24, n. 7, p. 551–556, 1 jul. 2003.
- CLARKE, J. et al. Understanding the traction of tennis surfaces. **Procedia Engineering**, v. 13, p. 402–408, 2011.
- DAMM, L. L. et al. The effects of surface traction characteristics on frictional demand and kinematics in tennis. **Sports Biomechanics**, v. 12, n. 4, p. 389–402, nov. 2013.
- FIRMINGER, C. R. et al. Effect of Shoe and Surface Stiffness on Lower Limb Tendon Strain in Jumping. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 9, p. 1895–1903, 2019.
- GALBUSERA, F. et al. Does soccer cleat design influence the rotational interaction with the playing surface? **Sports Biomechanics**, v. 12, n. 3, p. 293–301, set. 2013.
- JUNGE, A.; DVORAK, J. Injury risk of playing football in Futsal World Cups. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 15, p. 1089–1092, dez. 2010.
- KENT, R. et al. Development and assessment of a device and method for studying the mechanical interactions between shoes and playing surfaces in situ at loads and rates generated by elite athletes. **Sports Biomechanics**, v. 11, n. 3, p. 414–429, set. 2012.
- KENT, R. et al. The mechanical interactions between an American football cleat and playing surfaces in-situ at loads and rates generated by elite athletes: a comparison of playing surfaces. **Sports Biomechanics**, v. 14, n. 1, p. 1–17, 2 jan. 2015a.

KENT, R. et al. The mechanics of American football cleats on natural grass and infill-type artificial playing surfaces with loads relevant to elite athletes. **Sports Biomechanics**, v. 14, n. 2, p. 246–257, 3 abr. 2015b.

KUHLMAN, S. et al. Effect of loading condition on the traction coefficient between shoes and artificial turf surfaces. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology**, v. 224, n. 2, p. 155–165, 1 jun. 2009.

LIVESAY, G. A.; REDA, D. R.; NAUMAN, E. A. Peak Torque and Rotational Stiffness Developed at the Shoe-Surface Interface. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 3, p. 415–422, 30 mar. 2006.

MALISOUX, L. et al. Influence of sports flooring and shoes on impact forces and performance during jump tasks. **PLOS ONE**, v. 12, n. 10, p. e0186297, 11 out. 2017.

MORSE, A. et al. Traction Enhancing Products Affect Maximum Torque at the Shoe-Floor Interface: A Potential Increased Risk of ACL Injury. **American Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 9, n. 4, p. 889–893, 1 abr. 2016.

NIGG, B. M. The validity and relevance of tests used for the assessment of sports surfaces. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 22, n. 1, p. 131–139, fev. 1990.

OLIVEIRA, W. R. DE. **Proposta de um equipamento para medir a resistência gerada na interação de diferentes solados de calçados de futebol com a superfície de contato**. Porto Alegre: [s.n.].

QUEMELO, P. R. V. et al. Prevalence of sport injuries during the 53th Regional Games in Franca (SP), Brazil. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 256–260, 2012.

SILVA, D. C. F. et al. Influence of Cleats-Surface Interaction on the Performance and Risk of Injury in Soccer: A Systematic Review. **Applied Bionics and Biomechanics**, v. 2017, p. 1–15, 2017.

SMEETS, K. et al. Torsional injuries of the lower limb: an analysis of the frictional torque between different types of football turf and the shoe outsole. **British Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 15, p. 1078–1083, dez. 2012.

SUN, X. et al. Systematic review of the role of footwear constructions in running biomechanics: Implications for running-related injury and performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 19, n. 1, p. 20–37, 2020.

TEYMOURI, M. et al. Comparison of plantar pressure distribution between three different shoes and three common movements in futsal. **PLOS ONE**, v. 12, n. 10, p. e0187359, 31 out. 2017.

THOMSON, A. et al. Six different football shoes, one playing surface and the weather; Assessing variation in shoe-surface traction over one season of elite football. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, 1 abr. 2019.

THOMSON, A.; WHITELEY, R.; BLEAKLEY, C. Higher shoe-surface interaction is associated with doubling of lower extremity injury risk in football codes: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 19, p. 1245–1252, out. 2015.

VALIANT, G. A. Friction - Slipping - Traction. **Sportverletzung · Sportschaden**, v. 7, n. 04, p. 171–178, 12 dez. 1993.

VIDAL, A. B. et al. Analysis of required coefficient of friction in running and walking. **Sports Biomechanics**, v. 20, n. 6, p. 768–780, 18 ago. 2019.

VILLWOCK, M. R. et al. The effects of various infills, fibre structures, and shoe designs on generating rotational traction on an artificial surface. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology**, v. 223, n. 1, p. 11–19, 1 mar. 2008.

VILLWOCK, M. R. et al. Football Playing Surface and Shoe Design Affect Rotational Traction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 518–525, 23 mar. 2009.

WANNOP, J. W.; LUO, G.; STEFANYSHYN, D. J. Footwear Traction and Lower Extremity Noncontact Injury. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 45, n. 11, p. 2137–2143, nov. 2013.

WINSON, D. M. G.; MILLER, D. L. H.; WINSON, I. G. Foot injuries, playing surface and shoe design: Should we be thinking more about injury prevention. **Foot and Ankle Surgery**, v. 26, n. 6, p. 597–600, ago. 2020.

## CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na revisão de escopo, foi possível elencar a variabilidade dos métodos disponíveis para avaliar a interação calçado esportivo/superfície de contato. Identificou-se avaliações com dispositivos mecânicos, seres humanos, cadáveres ou ainda uma combinação de tais metodologias. Entretanto, não foi possível encontrar evidências que apontem para uma técnica de avaliação considerada ideal com baixo custo financeiro.

Em relação as variáveis, cada metodologia possui variáveis específicas. Contudo, a análise dos aspectos translacionais e rotacionais são indispensáveis para um ensaio completo. Tanto as forças horizontais como o torque devem ser analisadas objetivando representar a interação calçado esportivo/superfície. Ao implementar uma variável para a avaliação da interação calçado esportivo e superfície, optou-se por utilizar um dispositivo mecânico já disponível no laboratório e com confiabilidade estabelecida anteriormente. Esta escolha limitou a avaliação apenas aos aspectos relacionados as cargas rotacionais, uma vez que o dispositivo não é capaz de realizar testes envolvendo as forças translacionais.

Durante as análises envolvendo o aparato mecânico, encontrou-se desafios relacionados a velocidade angular, que não se mostrou constante e sofreu influência da variação nas cargas compressivas, inerente ao equipamento. A fim de manter as condições de testes para as duas cargas compressivas, definimos que a velocidade replicada nos demais testes seria a velocidade média em um trecho de menor variabilidade, concomitante com o período estável identificado na curva de força.

Os coeficientes de fricção surgem na literatura como uma maneira de diminuir a influência das variações das cargas compressivas, naturais quando analisadas em seres humanos e em sua aplicabilidade, uma vez que existem uma versatilidade de perfis antropométricos na população. Ainda, parece que a velocidade angular influencia nos valores destes coeficientes, uma vez que não foram encontradas diferenças entre os coeficientes de fricção com a menor velocidade no estudo experimental. Entretanto, não foi o mesmo comportamento em maiores velocidades, com os coeficientes de fricção variando conforme a alteração da carga compressiva.

Finalmente, parece que o Pico de torque e COF relacionados a interação calçado/superfície com cargas menores de compressão, como 30 kgf, são menos suscetíveis a mudança da velocidade angular, no intervalo analisado de 325°/s e 360°/s. A manutenção da estabilidade quando analisada pela perspectiva do Pico de torque e COF podem auxiliar a esclarecer uma lacuna, pensando em uma futura padronização de avaliação utilizando aparatos mecânicos.

## ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA *JOURNAL FOOTWEAR SCIENCE*

Instructions for authors

Thank you for choosing to submit your paper to us. These instructions will ensure we have everything required so your paper can move through peer review, production and publication smoothly. Please take the time to read and follow them as closely as possible, as doing so will ensure your paper matches the journal's requirements.

### AUTHOR SERVICES Supporting Taylor & Francis authors

For general guidance on every stage of the publication process, please visit our [Author Services website](#).

### EDITING SERVICES Supporting Taylor & Francis authors

For editing support, including translation and language polishing, explore our [Editing Services website](#)

#### Contents

[About the Journal](#)

[Open Access](#)

[Peer Review and Ethics](#)

[Preparing Your Paper](#)

[Structure](#)

[Word Limits](#)

[Style Guidelines](#)

[Formatting and Templates](#)

[References](#)

[Taylor & Francis Editing Services](#)

[Checklist: What to Include](#)

[Using Third-Party Material](#)

[Disclosure Statement](#)

[Clinical Trials Registry](#)

[Complying with Ethics of Experimentation](#)

[Consent](#)

[Health and Safety](#)

[Submitting Your Paper](#)

[Data Sharing Policy](#)

[Publication Charges](#)

[Copyright Options](#)



[Complying with Funding Agencies](#)

[My Authored Works](#)

## About the Journal

*Footwear Science* is an international, peer-reviewed journal publishing high-quality, original research. Please see the journal's [Aims & Scope](#) for information about its focus and peer-review policy.

Please note that this journal only publishes manuscripts in English.

*Footwear Science* accepts the following types of article: Original Articles.

## Open Access

You have the option to publish open access in this journal via our Open Select publishing program. Publishing open access means that your article will be free to access online immediately on publication, increasing the visibility, readership and impact of your research. Articles published Open Select with Taylor & Francis typically receive 95% more citations\* and over 7 times as many downloads\*\* compared to those that are not published Open Select.

Your research funder or your institution may require you to publish your article open access. Visit our [Author Services](#) website to find out more about open access policies and how you can comply with these.

You will be asked to pay an article publishing charge (APC) to make your article open access and this cost can often be covered by your institution or funder. Use our [APC finder](#) to view the APC for this journal.

Please visit our [Author Services website](#) if you would like more information about our Open Select Program.

\*Citations received up to 9th June 2021 for articles published in 2016-2020 in journals listed in Web of Science®. Data obtained on 9th June 2021, from Digital Science's Dimensions platform, available at <https://app.dimensions.ai>

\*\*Usage in 2018-2020 for articles published in 2016-2020.

## Peer Review and Ethics

Taylor & Francis is committed to peer-review integrity and upholding the highest standards of review. Once your paper has been assessed for suitability by the editor, it will then be double blind peer reviewed by independent, anonymous expert referees, each delivering at least one report. If you have shared an earlier version of your Author's Original Manuscript on a preprint server, please be aware that anonymity cannot be guaranteed. Further information on our preprints policy and citation requirements can be found on our [Preprints Author Services page](#). Find out more about [what to expect during peer review](#) and read our guidance on [publishing ethics](#).

## Preparing Your Paper

All authors submitting to medicine, biomedicine, health sciences, allied and public health journals should conform to the [Uniform Requirements for](#)

[Manuscripts Submitted to Biomedical Journals](#), prepared by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE).

### Structure

Your paper should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text introduction, materials and methods, results, discussion; acknowledgments; declaration of interest statement; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figures; figure captions (as a list).

### Word Limits

Please include a word count for your paper. There are no word limits for papers in this journal.

### Style Guidelines

Please refer to these [quick style guidelines](#) when preparing your paper, rather than any published articles or a sample copy.

Please use British (-ize) spelling style consistently throughout your manuscript. Please use single quotation marks, except where 'a quotation is "within" a quotation'.

Please note that long quotations should be indented without quotation marks.

### Formatting and Templates

Papers may be submitted in Word or LaTeX formats. Figures should be saved separately from the text. To assist you in preparing your paper, we provide formatting template(s).

[Word templates](#) are available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use.

A [LaTeX template](#) is available for this journal. Please save the LaTeX template to your hard drive and open it, ready for use, by clicking on the icon in Windows Explorer.

If you are not able to use the template via the links (or if you have any other template queries) please contact us [here](#).

### References

Please use this [reference style when preparing your paper. An EndNote output style](#) is also available to assist you.

### Taylor & Francis Editing Services

To help you improve your manuscript and prepare it for submission, Taylor & Francis provides a range of editing services. Choose from options such as English Language Editing, which will ensure that your article is free of spelling and grammar errors, Translation, and Artwork Preparation. For more information, including pricing, [visit this website](#).

### Checklist: What to Include

Author details. Please ensure everyone meeting the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) [requirements for authorship](#) is included as an author of your paper. Please ensure all listed authors meet the [Taylor & Francis](#)

[authorship criteria](#). All authors of a manuscript should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript. Where available, please also include ORCiDs and social media handles (Facebook, Twitter or LinkedIn). One author will need to be identified as the corresponding author, with their email address normally displayed in the article PDF (depending on the journal) and the online article. Authors' affiliations are the affiliations where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer-review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after your paper is accepted. [Read more on authorship](#).

Should contain an unstructured abstract of 275 words. Read tips on [writing your abstract](#).

Graphical abstract (optional). This is an image to give readers a clear idea of the content of your article. For the optimal online display, your image should be supplied in landscape format with a 2:1 aspect ratio (2 length x 1 height).

Graphical abstracts will often be displayed online at a width of 525px, therefore please ensure your image is legible at this size. Save the graphical abstract as a .jpg, .png, or .tiff. Please do not embed it in the manuscript file but save it as a separate file, labelled GraphicalAbstract1.

You can opt to include a video abstract with your article. [Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming](#).

Between 5 and 7 keywords. Read [making your article more discoverable](#), including information on choosing a title and search engine optimization.

Funding details. Please supply all details required by your funding and grant-awarding bodies as follows:

*For single agency grants*

This work was supported by the [Funding Agency] under Grant [number xxxx].

*For multiple agency grants*

This work was supported by the [Funding Agency #1] under Grant [number xxxx]; [Funding Agency #2] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency #3] under Grant [number xxxx].

Disclosure statement. This is to acknowledge any financial or non-financial interest that has arisen from the direct applications of your research. If there are no relevant competing interests to declare please state this within the article, for example: *The authors report there are no competing interests to declare*. [Further guidance on what is a conflict of interest and how to disclose it](#).

Data availability statement. If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). [Templates](#) are also available to support authors.

Data deposition. If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a [recognized data repository](#) prior to or at the time of submission. You will be asked to provide the DOI, pre-reserved DOI, or other persistent identifier for the data set.

Geolocation information. Submitting a geolocation information section, as a separate paragraph before your acknowledgements, means we can index your paper's study area accurately in JournalMap's geographic literature database and make your article more discoverable to others. [More information](#).

Supplemental online material. Supplemental material can be a video, dataset, fileset, sound file or anything which supports (and is pertinent to) your paper. We publish supplemental material online via Figshare. Find out more about [supplemental material and how to submit it with your article](#).

Figures. Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour, at the correct size). Figures should be supplied in one of our preferred file formats: EPS, PS, JPEG, TIFF, or Microsoft Word (DOC or DOCX) files are acceptable for figures that have been drawn in Word. For information relating to other file types, please consult our [Submission of electronic artwork](#) document.

Tables. Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Please supply editable files.

Equations. If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about [mathematical symbols and equations](#).

Units. Please use [SI units](#) (non-italicized).

## Using Third-Party Material

You must obtain the necessary permission to reuse third-party material in your article. The use of short extracts of text and some other types of material is usually permitted, on a limited basis, for the purposes of criticism and review without securing formal permission. If you wish to include any material in your paper for which you do not hold copyright, and which is not covered by this informal agreement, you will need to obtain written permission from the copyright owner prior to submission. More information on [requesting permission to reproduce work\(s\) under copyright](#).

## Disclosure Statement

Please include a disclosure statement, using the subheading "Disclosure of interest." If you have no interests to declare, please state this (suggested wording: *The authors report there are no competing interests to declare*). For all NIH/Wellcome-funded papers, the grant number(s) must be included in the declaration of interest statement. [Read more on declaring conflicts of interest](#).

## Clinical Trials Registry

In order to be published in a Taylor & Francis journal, all clinical trials must have been registered in a public repository, ideally at the beginning of the research process (prior to participant recruitment). Trial registration numbers should be included in the abstract, with full details in the methods section. Clinical trials should be registered prospectively – i.e. before participant recruitment. However, for clinical trials that have not been registered prospectively, Taylor & Francis journals requires retrospective registration to ensure the transparent and complete dissemination of all clinical trial results which ultimately impact human health. Authors of retrospectively registered trials must be prepared to provide further information to the journal editorial office if requested. The clinical trial registry should be publicly accessible (at no charge), open to all prospective registrants, and managed by a not-for-profit organization. For a list of registries that meet these requirements, please visit the [WHO International Clinical Trials Registry Platform](#) (ICTRP). The registration of all clinical trials facilitates the sharing of information among clinicians, researchers, and patients, enhances public confidence in research, and is in accordance with the [ICMJE guidelines](#).

## Complying with Ethics of Experimentation

Please ensure that all research reported in submitted papers has been conducted in an ethical and responsible manner, and is in full compliance with all relevant codes of experimentation and legislation. All original research papers involving humans, animals, plants, biological material, protected or non-public datasets, collections or sites, must include a written statement in the Methods section, confirming ethical approval has been obtained from the appropriate local ethics committee or Institutional Review Board and that where relevant, informed consent has been obtained. For animal studies, approval must have been obtained from the local or institutional animal use and care committee. All research studies on humans (individuals, samples, or data) must have been performed in accordance with the principles stated in the [Declaration of Helsinki](#). In settings where ethics approval for non-interventional studies (e.g. surveys) is not required, authors must include a statement to explain this. In settings where there are no ethics committees in place to provide ethical approval, authors are advised to contact the Editor to discuss further. Detailed guidance on ethics considerations and mandatory declarations can be found in our Editorial Policies section on [Research Ethics](#).

### Consent

All authors are required to follow the [ICMJE requirements](#) and [Taylor & Francis Editorial Policies](#) on privacy and informed consent from patients and study participants. Authors must include a statement to confirm that any patient, service user, or participant (or that person's parent or legal guardian) in any type of qualitative or quantitative research, has given informed consent to participate in the research. For submissions where patients or participants can be

potentially identified (e.g. a clinical case report detailing their medical history, identifiable images or media content, etc), authors must include a statement to confirm that they have obtained written informed consent to publish the details from the affected individual (or their parents/guardians if the participant is not an adult or unable to give informed consent; or next of kin if the participant is deceased). The process of obtaining consent to publish should include sharing the article with the individual (or whoever is consenting on their behalf), so that they are fully aware of the content of the article before it is published. Authors should familiarise themselves with our [policy on participant/patient privacy and informed consent](#). They may also use the Consent to Publish Form, which can be downloaded from the [same Author Services page](#).

### Health and Safety

Please confirm that all mandatory laboratory health and safety procedures have been complied within the course of conducting any experimental work reported in your paper. Please ensure your paper contains all appropriate warnings on any hazards that may be involved in carrying out the experiments or procedures you have described, or that may be involved in instructions, materials, or formulae.

Please include all relevant safety precautions; and cite any accepted standard or code of practice. Authors working in animal science may find it useful to consult the [International Association of Veterinary Editors' Consensus Author Guidelines on Animal Ethics and Welfare](#) and [Guidelines for the Treatment of Animals in Behavioural Research and Teaching](#). When a product has not yet been approved by an appropriate regulatory body for the use described in your paper, please specify this, or that the product is still investigational.

### Submitting Your Paper

This journal uses Taylor & Francis' [Submission Portal](#) to manage the submission process. The Submission Portal allows you to see your submissions across Taylor & Francis' journal portfolio in one place. To submit your manuscript please click [here](#).

If you are submitting in LaTeX, please convert the files to PDF beforehand (you will also need to upload your LaTeX source files with the PDF).

Please note that *Footwear Science* uses [Crossref™](#) to screen papers for unoriginal material. By submitting your paper to *Footwear Science* you are agreeing to originality checks during the peer-review and production processes.

On acceptance, we recommend that you keep a copy of your Accepted Manuscript. Find out more about [sharing your work](#).

### Data Sharing Policy

This journal applies the Taylor & Francis [Basic Data Sharing Policy](#). Authors are encouraged to share or make open the data supporting the results or analyses presented in their paper where this does not violate the protection of human subjects or other valid privacy or security concerns.



Authors are encouraged to deposit the dataset(s) in a recognized data repository that can mint a persistent digital identifier, preferably a digital object identifier (DOI) and recognizes a long-term preservation plan. If you are uncertain about where to deposit your data, please see [this information regarding repositories](#). Authors are further encouraged to [cite any data sets referenced](#) in the article and provide a [Data Availability Statement](#).

At the point of submission, you will be asked if there is a data set associated with the paper. If you reply yes, you will be asked to provide the DOI, pre-registered DOI, hyperlink, or other persistent identifier associated with the data set(s). If you have selected to provide a pre-registered DOI, please be prepared to share the reviewer URL associated with your data deposit, upon request by reviewers. Where one or multiple data sets are associated with a manuscript, these are not formally peer-reviewed as a part of the journal submission process. It is the author's responsibility to ensure the soundness of data. Any errors in the data rest solely with the producers of the data set(s).

## Publication Charges

There are no submission fees, publication fees or page charges for this journal. Colour figures will be reproduced in colour in your online article free of charge. If it is necessary for the figures to be reproduced in colour in the print version, a charge will apply.

Charges for colour figures in print are £300 per figure (\$400 US Dollars; \$500 Australian Dollars; €350). For more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$75 US Dollars; \$100 Australian Dollars; €65). Depending on your location, these charges may be subject to local taxes.

## Copyright Options

Copyright allows you to protect your original material, and stop others from using your work without your permission. Taylor & Francis offers a number of different license and reuse options, including Creative Commons licenses when publishing open access. [Read more on publishing agreements](#).

## Complying with Funding Agencies

We will deposit all National Institutes of Health or Wellcome Trust-funded papers into PubMedCentral on behalf of authors, meeting the requirements of their respective open access policies. If this applies to you, please tell our production team when you receive your article proofs, so we can do this for you. Check funders' open access policy mandates [here](#). Find out more about [sharing your work](#).

## My Authored Works

On publication, you will be able to view, download and check your article's metrics (downloads, citations and Altmetric data) via [My Authored Works](#) on Taylor & Francis Online. This is where you can access every article you have

published with us, as well as your [free eprints link](#), so you can quickly and easily share your work with friends and colleagues.

We are committed to promoting and increasing the visibility of your article. Here are some tips and ideas on how you can work with us to [promote your research](#).

### Queries

If you have any queries, please visit our [Author Services website](#) or contact us [here](#).



## ANEXO B – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA JOURNAL OF BIOMECHANICS

Guide for Authors

[Aims and scope](#)

Affiliated with the American Society of Biomechanics, the International Society of Biomechanics, the European Society of Biomechanics, the Japanese Society for Clinical Biomechanics and Related Research and the Australian and New Zealand Society of Biomechanics.

### Open Access

Elsevier supports responsible sharing Find out how you can share your research published in Elsevier journals. This journal offers authors two choices to publish their research;

#### 1. Open Access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

#### 2. Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<https://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

*Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC-BY-NC-ND)*: for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

*Creative Commons Attribution (CC-BY)*: available only for authors funded by organizations with which Elsevier has established an agreement. For a full list please see <https://www.elsevier.com/fundingbodies>

Elsevier has established agreements with funding bodies. This ensures authors can comply with funding body Open Access requirements, including specific user licenses, such as CC-BY. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. <https://www.elsevier.com/fundingbodies>

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles. The Open Access publication fee for this journal is **\$3000 USD**, excluding taxes.

Learn more about Elsevier's pricing policy <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>

### Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and begins from the

publication date of the issue your article appears in. This journal has an embargo period of 12 months.

The following types of manuscripts can be submitted for publication:

1. **Reviews**, normally 4000 to 6000 words (by invitation from the Editor only).
2. **Original Articles**, up to 3500 words (3500 words approximately equals the content of 14 double-spaced manuscript pages with additional space for 8 to 10 figures or tables), although longer articles may occasionally be considered by the editors in special circumstances. Original articles typically explore some explicit biological hypothesis or report original but substantial observations or data of broad utility. Conceptually novel experimental or computational methods may be submitted as Original Articles when their relevance and importance for research of biological questions is demonstrated or otherwise emphasised in the text.
3. **Perspective Articles**, typically in the range of 3000 words. These manuscripts will explore controversial yet important themes, allowing expression of particular views or speculations, yet based on a solid understanding of published scientific information. Currently, such articles are by invitation only.
4. **Short Communications**, up to 2000 words, reporting preliminary observations, new interpretations of old data, simple new techniques or devices, or points of historical interest.
5. **Book Reviews**, normally no longer than 1000 words (by invitation from the Book Review Editor only).
6. **Letters to the Editor** normally no longer than 1000 words.

**Note:** All of the above word limit is for the manuscript text alone and does not include the abstract, reference list at the end, equations, tables, figure captions or appendices.

#### **Other material that can be published**

1. *Announcements of relevant scientific meetings on biomechanics.*
2. *Announcements of employment opportunities.*

#### **Publication condition**

A manuscript submitted to this journal can only be published if it (or a similar version) has not been published and will not be simultaneously submitted or published elsewhere. A violation of this condition is considered fraud, and will be addressed by appropriate sanctions. Two manuscripts are considered similar if they concern the same hypothesis, question or goal, using the same methods and/or essentially similar data.

#### **Submissions**

Authors are requested to submit their original manuscript and figures online via <https://www.editorialmanager.com/BM/default.aspx>. You will find full instructions located on this site - a Guide for Authors and a Guide for Online Submission. Please follow these guide lines to prepare and upload your article. Once the uploading is done, our system automatically generates an electronic pdf proof, which is then used for reviewing. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revisions, will be managed via this system.

Paper submissions are not normally accepted. If you cannot submit electronically, please email the editorial office for assistance on [JBM@elsevier.com](mailto:JBM@elsevier.com)

Authors or publishers wishing to have a book reviewed should send a copy to the **Book Review Editor**; the decision to review the book and choice of reviewers is that of the editor, although reviewers may be suggested.

#### **What information to include with the manuscript**

1. Having read the criteria for submissions, authors should specify in their letter of transmittal, and on the title page, whether they are submitting their work as an Original Article, Perspective Article, Short Communication, or a Letter to the Editor.

2. All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted. A letter of transmittal should be included stating this and that each of the authors has read and concurs with the content in the manuscript.
3. All contributors who do not meet the criteria for authorship as defined above should be listed in an acknowledgements section. Examples of those who might be acknowledged include a person who provided purely technical help, writing assistance, or a department chair who provided only general support. Authors should disclose whether they had any writing assistance and identify the entity that paid for this assistance.
4. At the end of the text, under a subheading "Conflict of interest statement" all authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organisations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding.
5. All sources of funding should be declared as an acknowledgement at the end of the text. Authors should declare the role of study sponsors, if any, in the study design, in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the manuscript; and in the decision to submit the manuscript for publication. If the study sponsors had no such involvement, the authors should so state.
6. Only papers not previously published will be accepted; each manuscript must be accompanied by a statement signed by all co-authors that the material within has not been and will not be submitted for publication elsewhere except as an abstract. Emphasis will be placed upon originality of concept and execution.
7. Authors are encouraged to suggest referees although the choice is left to the editors. If you do, please supply the address and the email address, if known to you. Please do not include those with whom you have had active collaboration within the past 3 years.
8. Authors now have the option of submitting additional images with their papers. The Editor-in-Chief will choose at least one image per issue to publish as a highlighted image online on the Journal's website, alongside his choice of highlighted articles from that issue. Images should be clearly labeled as "Additional image for online publication".

#### **Randomised controlled trials**

All randomised controlled trials submitted for publication in the Journal should include a completed Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) flow chart. Please refer to the CONSORT statement website at <http://www.consort-statement.org> for more information. The Journal of Biomechanics has adopted the proposal from the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) which require, as a condition of consideration for publication of clinical trials, registration in a public trials registry. Trials must register at or before the onset of patient enrolment. The clinical trial registration number should be included at the end of the abstract of the article. For this purpose, a clinical trial is defined as any research project that prospectively assigns human subjects to intervention or comparison groups to study the cause-and-effect relationship between a medical intervention and a health outcome. Studies designed for other purposes, such as to study pharmacokinetics or major toxicity (e.g. phase I trials) would be exempt. Further information can be found at <http://www.icmje.org>.

#### **Ethics**

Work on human beings that is submitted to the Journal of Biomechanics should comply with the principles laid down in the Declaration of Helsinki; Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. Adopted by the 18th World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, amended by the 29th World Medical Assembly,

Tokyo, Japan, October 1975, the 35th World Medical Assembly, Venice, Italy, October 1983, and the 41st World Medical Assembly, Hong Kong, September 1989. The manuscript should contain a statement that the work has been approved by the appropriate ethical committees related to the institution(s) in which it was performed and that subjects gave informed consent to the work. Studies involving experiments with animals must state that their care was in accordance with institution guidelines. Patients' and volunteers' names, initials, and hospital numbers should not be used.

### **Changes to Authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

**Article transfer** This journal uses Elsevier's Article Transfer Service to find the best home for your manuscript. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated [Scientific Managing Editor](#), a tool assisted recommendation, or a combination. If you agree, your manuscript will be transferred, though you will have the opportunity to make changes to the manuscript before the submission is complete. Please note that your manuscript will be independently reviewed by the new journal. [More information](#).

### **Review and publication process**

1. You will receive an acknowledgement of receipt of the manuscript.
2. Submitted manuscripts will be reviewed by selected referees and subsequently, the author will be informed of editorial decisions based on the referee comments, as soon as possible. As a rule, manuscripts and photographs, or other material you have submitted will not be returned to you with the decision letter, only the referee comments will be included.
3. If your manuscript was conditionally accepted, you must return your revision with a separate sheet, addressing all the referee comments, and explaining how you dealt with them.
4. When returning the revised manuscript to the Editorial Office, make sure that the *manuscript number, the revision number (Rev. 1,2,3. . .) and the designation Original/Copy* are clearly typed on the top of the title pages of the original manuscript and all copies.
5. When the final version of the manuscript is accepted, the corresponding author will be notified of acceptance and the manuscript will be forwarded to production.
6. Upon acceptance of an article, authors will be asked to sign a "Journal Publishing Agreement" (for more information on this and copyright see <https://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail (or letter) will be sent to the corresponding

author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: contact Elsevier's Rights Department, Philadelphia, PA, USA: Tel. (+1) 215 238 7869; Fax (+1) 215 238 2239; e-mail [healthpermissions@elsevier.com](mailto:healthpermissions@elsevier.com). Requests may also be completed online via the Elsevier homepage (<https://www.elsevier.com/locate/permissions>).

7. One set of page proofs in PDF format will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post). Elsevier now sends PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs. The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

8. After publication, the corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.

### **Supplementary Website material**

Elsevier now accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit: <https://www.elsevier.com/artwork>.

This journal offers electronic submission services and supplementary data files can be uploaded with your manuscript via the web-based submission system, <https://www.editorialmanager.com/BM/default.aspx>.

### **Preparation of the manuscript**

1. All publications will be in English. Authors whose 'first' language is not English should arrange for their manuscripts to be **written in idiomatic English** before submission.
2. Authors should bear in mind that readers potentially include scientists from various disciplines. Abstracts, introductions and discussions should be in relatively non-specialised language so that a broad biomechanics audience may understand them. Discussions should



include an appropriate synthesis of relevant literature for those not intimately familiar with the specific field. Implications for other fields should be noted.

3. A separate title page should include the title, authors' names and affiliations, and a complete address for the corresponding author including telephone and fax numbers as well as an E-mail address. Authors should supply up to five keywords. Keywords may be modified or added by the Editors. Please provide a word count (Introduction through Discussion) on the title page. All pages, starting with the title page, should be numbered.

4. An abstract not exceeding one paragraph of 250 words should appear at the beginning of each Survey, Original Article, Perspective Article or Short Communication; the abstract will serve instead of a concluding summary and should be substantive, factual and intelligible without reference to the rest of the paper.

5. Papers involving human experiments should contain a statement in the Methods section that proper informed consent was obtained. Papers involving animal experiments should contain a statement in the Methods section that the experiments conducted were within the animal welfare regulations and guidelines for the country in which the experiments were performed.

The *Journal of Biomechanics* supports the ARRIVE (Animal Research: Reporting In Vivo Experiments) guidelines to improve standards of reporting of animal experiments and ensure that the data can be fully evaluated and utilized [<http://www.nc3rs.org.uk/page.asp?id=1357>] (Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG (2010) Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research. *PLoS Biol* 8(6): e1000412. doi:10.1371/journal.pbio.1000412). Adherence to these recommendations will greatly facilitate the review of manuscripts, decrease the likelihood of multiple revisions, and improve the chances of acceptance for publication.

6. Acknowledgements should be included after the end of the Discussion and just prior to the References. Include external sources of support.

7. The text should be ready for setting in type and should be **carefully checked for errors** prior to submission. Scripts should be typed double-spaced.

8. All illustrations should accompany the typescript, but not be inserted in the text. Refer to photographs, charts, and diagrams as 'figures' and number consecutively in order of appearance in the text. Substantive captions for each figure explaining the major point or points should be typed on a separate sheet.

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and are of the correct resolution. Information relating to the preferred formats for artwork may be found at <http://www.elsevier.com/artwork>.

If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, authors will be charged at current printing prices unless colour printing has been requested free of charge, at the discretion of the editors.

9. All key references related to methods must be from published materials; submitted manuscripts, research reports, or theses which would be unavailable to readers should be avoided. References are indicated in the text alphabetically by names of the authors and the year of publication, e.g. Ralston (1957) or (Brown and Shaw, 1984; Lai et al., 1978). The full references should be collected in a separate section at the end of the paper in the following forms:

#### **A. Journals:**

The reference should include the title of the paper, the title of the journal in full and the first and last page number.

Belardinelli, E. Cavalcanti, S., 1991. A new non-linear two-dimensional model of blood motion in tapered and elastic vessels. *Computers in Biology and Medicine* 21, 1-3.

#### **B. Books:**

If the work referred to is a book, or part of a book, the reference should be in the following form:

Weiner, S., Traub, W., 1991. Organization of crystals in bone. In: Suga, S., Nakahara, H. (Eds.), *Mechanisms and Phylogeny of Mineralisations in Biological Systems*. Springer, Tokyo, pp. 247-253.

#### **C. Theses**

van Werff, K., 1977. Kinematic and dynamic analysis of mechanisms. A finite element approach. PhD. thesis, Delft University Press, Delft.

#### **D. Proceedings**

van Soest, A. J., van den Bogert, A. J., 1991. Criteria for the comparison of direct dynamics software systems to be used in the field of biomechanics. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Computer Simulation in Biomechanics*. University of Western Australia, Perth.

#### **E. Footnotes**

As distinct from literature references, should be avoided. Where they are essential, superscript Arabic numbers should be employed.

#### **Data references:**

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. This identifier will not appear in your published article.

Example: [dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

10. SI (Metric) Units must be used for all quantities in text, figures and tables. It is suggested that a complete list of symbols used and their explanation be included, in a notation section at the beginning of the manuscript.

11. Authors submitting manuscripts reporting data on cell responses to mechanical loads should report their study according to the standards suggested in the Editorial accompanying our special Issue on cell mechanics (Volume 33, Issue 1).

#### **Research Data**

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles.

Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

#### **Data linking**

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article.

When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

### **Mendeley Data**

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

### **Data statement**

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data statement](#) page.

## **ARTICLE ENRICHMENTS/CONTENT INNOVATION TOOLS**

### ***Interactive MATLAB Figure Viewer***

This journal features the Interactive MATLAB Figure Viewer, allowing you to display figures created in MATLAB in the .FIG format in an interactive viewer next to the article. [More information and submission instructions](#).

### ***Interactive 3D Models***

You can enrich your online articles by providing 3D models (optional) in PLY, OBJ or U3D format, which will be visualized using the interactive viewer next to the article. Each 3D model will have to be zipped and uploaded to the online submission system via the '3D models' submission category. Please be advised that the recommended model size before zipping is maximum 150 MB. Multiple models can be submitted. Please provide a short informative description for each model by filling in the 'Description' field when uploading a dataset. Note: all datasets will be available for download from the online article on ScienceDirect. If you have concerns about your data being downloadable, please provide a video instead. More information on [OBJ and PLY models](#) or [U3D models](#).

### ***Interactive Plot Viewer***

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. [Full instructions](#).

### ***Virtual Microscope***

The journal encourages authors to supplement in-article microscopic images with corresponding high resolution versions for use with the Virtual Microscope viewer. The Virtual Microscope is a web based viewer that enables users to view microscopic images at the highest level of detail and provides features such as zoom and pan. This feature for the



first time gives authors the opportunity to share true high resolution microscopic images with their readers. [More information and examples](#). Authors of this journal will receive an invitation e-mail to create microscope images for use with the Virtual Microscope when their manuscript is first reviewed. If you opt to use the feature, please contact [virtualmicroscope@elsevier.com](mailto:virtualmicroscope@elsevier.com) for instructions on how to prepare and upload the required high resolution images.

**Article transfer**This journal uses Elsevier's Article Transfer Service to find the best home for your manuscript. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated [Scientific Managing Editor](#), a tool assisted recommendation, or a combination. If you agree, your manuscript will be transferred, though you will have the opportunity to make changes to the manuscript before the submission is complete. Please note that your manuscript will be independently reviewed by the new journal. [More information](#).