



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Brandon López Gómez

ESTUDO CINEMÁTICO DO SALTO, CORRIDA DE SPRINT E  
MUDANÇA DE DIREÇÃO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE  
DUAS SUPERFÍCIES DE JOGO (ARTIFICIAL E NATURAL)

Dissertação no âmbito do Mestrado em Biocinética orientada pelo Professor Doutor António José Barata Figueiredo e coorientada pela professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Outubro de 2021

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Universidade de Coimbra

Brandon López Gómez

**ESTUDO CINEMÁTICO DO SALTO, CORRIDA DE SPRINT E MUDANÇA DE  
DIREÇÃO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DUAS SUPERFÍCIES DE JOGO  
(ARTIFICIAL E NATURAL)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, com vista à obtenção do grau de Mestre em Biocinética.

**Orientador:** Prof. Doutor António José Barata Figueiredo

**Coorientadora** Prof. Doutora Beatriz Branquinho Gomes

Coimbra 2021

## **Resumo**

Desde o desenvolvimento da superfície artificial de jogo na modalidade do futebol que existe polémica em redor deste assunto. Para dar resposta à questão de qual é a melhor superfície de jogo, artificial ou natural? existe um número considerável de estudos que incidem sobre maior ou menor incidência de lesões, no entanto, são reduzidos os estudos que analisam o desempenho. O presente estudo tem como **objetivo** analisar a cinemática do salto, corrida de sprint e mudança de direção de jogadores de futebol em superfície natural e artificial. **Materiais e metodologia:** participaram no estudo seis futebolistas (n=6) que realizaram três teste: *drop jump*, sprint de 10 m e mudança de direção 5-0-5, nas duas superfícies de jogo. Foram utilizadas duas câmaras a 240 fps para a análise cinemática, células fotoelétricas, *optojump* e palmilhas de pressão. **Resultados:** no *drop jump* a altura do salto, o tempo de contacto e o índice de força reativa foram melhores na superfície artificial. No teste de mudança de direção o tempo para cumprir a distância, o tempo de contacto do último apoio e o comprimento da última passada no momento de mudança de direção foi melhor na superfície natural. Analisado no sprint de 10 m o tempo para cumprir a distância, o tempo de contato dos apoios, o comprimento da passada e o *hip drop* verificou-se que foi atingido um melhor desempenho na superfície artificial. **Conclusão:** a superfície de jogo é uma variável que se tem que ter em conta no desempenho na corrida de sprint, mudança de direção e no salto (*drop jump*), existem variáveis que são afetadas pela superfície e que influenciam diretamente o desempenho.

**Palavras chaves:** Sprint, salto, mudança de direção, futebol, superfícies de jogo

## Abstract

Since the development of the artificial playing surface in football, there has been controversy around this issue. To answer the question of what is the best playing surface, artificial or natural? there is a considerable number of studies that focus on greater or lesser incidence of injuries, however, there are few studies that analyze performance. This study **aims** to analyze the kinematics of jumping, sprint running and changing direction of soccer players on natural and artificial surfaces. **Materials and methodology:** six soccer players (n=6) participated in the study, who performed three tests: *drop jump*, *10 m sprint and change of direction 5-0-5*, on both playing surfaces. Two cameras at 240 fps were used for kinematic analysis, photoelectric cells, optojump and pressure insoles. **Results:** in the *drop jump*, the height of the jump, the contact time and the reactive force index were better on the artificial surface. In the *change of direction* test the time to fulfill the distance, the contact time of the last support and the length of the last stride at the time of change of direction was better on the natural surface. When analyzed in the *10 m sprint*, the time to fulfill the distance, the contact time of the supports, the stride length and the *hip drop*, it was verified that a better performance was achieved on the artificial surface. Conclusion: the playing surface is a variable that has to be taken into account in the performance in the sprint run, change of direction and in the jump (*drop jump*), there are variables that are affected by the surface and that directly influence the performance.

**Keywords:** Sprint, Jump, Change of direction, football, playing surfaces

# Índice

<b>1.</b>	<b><i>Introdução</i></b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b><i>Revisão da literatura</i></b> .....	<b>4</b>
2.1.	Caraterização da modalidade de futebol .....	4
2.1.1.	Importância da técnica de corrida no futebol .....	4
2.2.	Biomecânica.....	5
2.4.	Ciclo da corrida.....	8
2.5.	Velocidade e aceleração .....	10
2.6.	Salto.....	12
2.7.	Mudanças de direção (COD) .....	12
2.8.	Superfícies de jogo no futebol .....	14
2.9.	Pressão plantar .....	17
<b>3.</b>	<b><i>Metodologia</i></b> .....	<b>18</b>
<b>4.</b>	<b><i>Apresentação dos resultados</i></b> .....	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b><i>Discussão dos Resultados</i></b> .....	<b>34</b>
<b>6.</b>	<b><i>Conclusão</i></b> .....	<b>39</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1-</b> Tipos de taco.....	8
<b>Figura 2</b> - Ciclo da corrida.....	9
<b>Figura 3</b> - Comprimento da passada.....	10
<b>Figura 4</b> - Composição da grama artificial.....	16
Figura 5 Pontos de referência para a medição do comprimento da perna.....	20
<b>Figura 6</b> - Avaliação Inbody.....	21
<b>Figura 7</b> Drop Jump teste.....	22
<b>Figura 8</b> - Teste 5-0-5.....	23
<b>Figura 9</b> - Teste de 10 metros.....	24
<b>Figura 10</b> - SetUp camaras.....	24
<i>Figura 11</i> Divisão dos 7 segmentos corporais.....	25
<b>Figura 12</b> - Marcação anatômica.....	26
Figura 13 Inbody 770.....	27
<b>Figura 14</b> - Células Fotoelétricas.....	28
<b>Figura 15</b> - OptoJump.....	28

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 Sistema segmentário (SC-7) .....	25
Tabela 2 Marcação anatômica (SC-7) .....	25
Tabela 4 Caracterização antropométrica da amostra do estudo.....	30
Tabela 5 Resultados do questionário preenchido pelos participantes .....	31
Tabela 6 Resultados teste Drop Jump.....	32
Tabela 7 Resultados teste COD 5-0-5 .....	33
Tabela 8 Resultado teste sprint 10 m.....	33
Tabela 9 Discussão da caracterização antropométrica da amostra do estudo .....	35

## Lista de Abreviaturas

**COD:** Mudança de direção

**RSI:** Índice de força reativa

**DJ:** Drop Jump

**h:** Altura do salto

**Tc:** Tempo de contato

**m/s:** Metros por segundo

**Cm:** centímetros

**Kg:** Quilogramas

**S:** Segundos

**N:** Newtons

**Fps:** Fotogramas por segundo

**SA:** Superfície Artificial

**SN:** Superfície Natural



## 1. Introdução

O futebol é o desporto mais popular do mundo, é um fenómeno de massas que se está a tornar cada vez mais popular. De acordo com os dados coletados pela Federação Internacional de Futebol (FIFA) em 2006, aproximadamente 265 milhões de pessoas jogam futebol regularmente de forma profissional, semiprofissional ou amadora, considerando-se homens, mulheres, jovens e crianças; este número representa 4% da população mundial (FIFA 2020).

O futebol é um desporto de equipa de opção colaborativa, disputado em um espaço comum, com participação simultânea, que se desenvolve por meio de ações individuais e coletivas realizadas em situações de colaboração com os companheiros e em oposição aos adversários. O desporto rei tem altas exigências físicas, técnicas, táticas e mentais, caracterizando-se como um desporto acíclico que exige, em grande parte do jogo, potência, força, velocidade, resistência aeróbica e agilidade (Folgado, Gonçalves y Sampaio 2018). Estas qualidades físicas são influenciadas pela qualidade do movimento: o quão melhor for a qualidade do movimento, melhor é o resultado das forças aplicadas para gerá-lo (Nunome, Henning y Smith 2017).

As forças são âmbito de estudo da biomecânica, que é o estudo da estrutura, função e movimentos dos aspetos mecânicos dos sistemas biológico, usando métodos da mecânica (Vaughan 2020). A biomecânica se consolidou principalmente pelas demandas do desporto de rendimento, para análises cinéticas e cinemáticas de padrões de movimento com objetivo de otimizar-lhos.

Um desses padrões de movimento, mais importantes em muitos desportos é a corrida; ter um bom ciclo de corrida pode traduzir-se em maior eficiência na ação, já que as forças geradas pelo musculo estão em sincronia com o ambiente, e isto gerar um movimento mais efetivo e com menor consumo energético para o desportista (Grimshaw y Burden 2006)

(Nunome, Henning y Smith 2017). (Nunome, Henning y Smith 2017) (The biomechanics of running 1998).

Assim como o ciclo da corrida, a mudança de direção tem um componente relevante no jogo, estas ações estão presentes em 14% da distância total percorrida por um jogador, é relativamente pouco, mas estas ações ocorrem em momentos cruciais e em áreas do campo de jogo decisivas para a concretização dos golos, tornando-se de grande importância, pois determinam o futuro dos resultados dos jogos e das competições (Little y Williams 2005) (Aquino, y otros 2017).

Atualmente, o futebol se desenvolve em duas superfícies de jogo permitidas pela FIFA, a superfície artificial e a natural. Ambas possuem características diferentes na sua composição; a grama artificial é feita de um material sintético que simula a grama natural, mas tem diferentes capas que fazem com que esta superfície seja mais rígida quando comparada à grama natural.

Os estudos em relação às variáveis espaciotemporais que comparam as diferentes superfícies de jogo são escassos; a maioria das investigações que comparam as superfícies são direcionadas às lesões dos desportistas, mas para o rendimento desportivo não há muitos estudos. (Williams, Akogyrem y Williams 2013) (Meyers 2016).

Os estudos que relacionam as variáveis espaciotemporais (Velocidade, aceleração, tempo de contacto, tempo de voo, fase de contacto, fase de apoio, fase de propulsão, cadência do passo) em diferentes superfícies de jogo foram feitos em jogadores de futebol infantil e jogadoras profissionais (López, Perez y Sanchez 2020) (Ariza, Benites y Sanchez 2021) (Kanaras, Metaxas y Mandroukas, y otros 2014). Estas investigações analisaram as variáveis espaciotemporais, com ajuda do instrumento de medição Optogait, numa prova de sprint de 5

metros, mas as variáveis cinemáticas como os ângulos dos membros inferiores, a inclinação do tronco e o hip drop. Definir as diferenças cinemáticas (angulares e lineares) poderá contribuir para explicar as diferenças que já foram observadas em outros estudos. Também não há estudos que comparem as duas superfícies de jogo no salto e na mudança de direção.

Assim, o objetivo do estudo é analisar as variáveis cinemáticas do salto, sprint e da mudança de direção de jogadores de futebol em superfície natural e artificial. Como objetivos parciais, pretende-se: 1. Comparar as variáveis cinemáticas do movimento do sprint, salto e mudanças de direção nas duas superfícies de jogo.

Para comparar o Sprint, a mudança de direção e o salto nas duas superfícies de jogo no futebol o estudo inicia-se com uma revisão da técnica da corrida, salto (Drop Jump) e da mudança de direção desde uma perspectiva cinética e cinemática, logo de descritas estas técnicas, continua uma descrição da metodologia usada e da amostra do estudo, variáveis analisadas e materiais usados. De seguida são apresentados os resultados referentes as duas superfícies de jogo, artificial e natural. Finalmente e apresentada uma discussão relativamente aos resultados obtidos e explicação das variáveis avaliadas, também foram comparados com estudos semelhantes de diferentes autores.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1. Caracterização da modalidade de futebol**

Um jogo de futebol tem uma duração de 90 minutos, que é composto de dois períodos de 45 minutos separados por um intervalo de 15 minutos. A bola fica uma média de 55 – 60 minutos em jogo (Memmert y Rein 2018). O tempo restante é composto de lançamentos, cobranças de falta, cobranças de penáلتi, tempo de lesão e períodos em que a bola está fora do campo (Memmert y Rein 2018). Duas equipas competem cada uma com 11 jogadores em campo ao mesmo tempo, com exceção dos jogadores que são expulsos por atos de má conduta.

Para Casal e colaboradores (2017) o futebol é um desporto de equipa de opção colaborativa, disputado em um espaço comum, com participação simultânea, que se desenvolve por meio de ações individuais e coletivas realizadas em situações de colaboração com os companheiros e em oposição aos adversários. O futebol tem altas exigências físicas, técnicas, táticas e mentais, caracterizando-se como um desporto acíclico que precisa, em grande parte do jogo, de potência, força, velocidade, resistência aeróbica e agilidade (Folgado, Gonçalves y Sampaio 2018).

#### **2.1.1. Importância da técnica de corrida no futebol**

A técnica é a execução de movimentos estruturais que obedecem a uma série de padrões espaciotemporais, que garantem eficiência na ação (Seirul-lo 1987). Ser eficiente nos movimentos.

A técnica no futebol é de grande relevância no jogo, tendo duas principais contribuições, sendo a primeira a prevenção de lesões; um movimento repetitivo mal-executado pode causar lesões (Owoeye, VanderWey y Pike 2020). Uma lesão pode manter o jogador fora do campo de futebol por um tempo que pode variar entre 15 dias até 2 meses, por

lesões leves geradas por execuções inadequadas de técnicas (Owoeye, VanderWey y Pike 2020), tempo que ocasiona uma perda das capacidades físicas e do desempenho na equipa.

A técnica também ajuda o jogador a desenvolver uma forma de correr mais efetiva, o que permite uma maior eficiência no movimento, permitindo melhorar a velocidade, aceleração e diminuir o dispêndio energético. Isso ocorre porque há uma otimização das forças geradas pelo corpo para desenvolver o movimento.

## 2.2. Biomecânica

A biomecânica é uma área interdisciplinar que estuda os movimentos do corpo humano, estática e dinamicamente, descrevendo a maneira em que se move e analisando as forças que geram este movimento. O objetivo da biomecânica nas atividades desportivas é a prevenção de lesões, a construção de equipamentos desportivos e a melhora da técnica do movimento a partir de conhecimentos anatómicos e mecânicos.

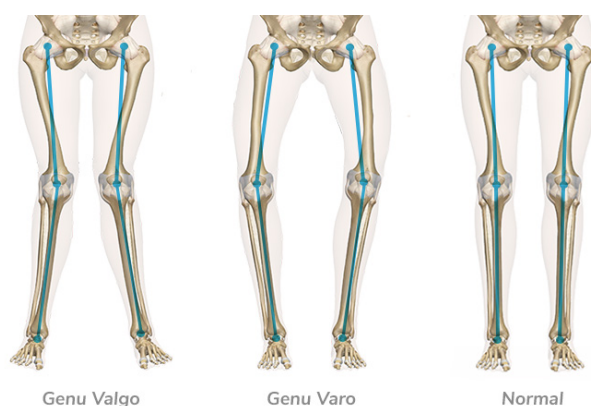
A biomecânica tem diferentes áreas do conhecimento; a cinemática é o estudo do movimento do corpo em geral e, em particular (ex. segmentos corporais), do caso simplificado do movimento de um ponto de referência (ex. centro de massa), mas não estuda o que causa o movimento, limitando-se a descrever suas trajetórias; os elementos básicos da cinemática são o espaço, o tempo e os pontos de referência no corpo a ser estudado.

A outra área é a cinética, que está centrada no estudo das forças, como causa que produz o movimento. O estudo da cinética é, portanto, o estudo das forças que atuam sobre um corpo para produzir movimento. Mas, em algumas ocasiões, várias forças estão agindo sobre um corpo e nenhum movimento ocorre, neste caso, surge a estática, que faz parte da cinética, mas estuda as forças que mantêm um corpo em equilíbrio.

Também faz parte da biomecânica a antropometria que é definida como o estudo do tamanho, forma, proporcionalidade, composição, maturação biológica e função corporal (Bilsborough, Greenway y Livi 2016). O estudo antropométrico quantifica e nos fornece informações sobre a estrutura física de um indivíduo num determinado momento, e sobre as diferenças causadas pelo crescimento e treinamento. Nem todos os jogadores conseguem o mesmo desenvolvimento com o treino e com o crescimento. Isso explica por que existem diferenças individuais marcantes nas características antropométricas e fisiológicas entre jogadores de elite. O papel posicional de um jogador está relacionado com a sua capacidade fisiológica e antropométrica (Bilsborough, Greenway y Livi 2016).

A longitude da perna na aceleração é um fator que contribui muito no resultado, os atletas com extremidades maiores têm um comprimento do passo, passada, velocidade e aceleração maior em comparação com os atletas de comprimentos mais curtos (JIMÉNEZ y LÓPEZ 2016)

Outro ponto importante nas variáveis que determinam o desempenho esportivo é o valgo e varo do joelho, este é o movimento da joelho que afasta ou diminui a distância do eixo longitudinal, o valgo ou varo pode ser estático (postura) ou dinâmico, num movimento específico; não ter uma alinação normal pode afetar a capacidade de produção de força efetiva para gerar o movimento; existem duas maneiras de avaliar o movimento para conhecer o tipo, uma é por meio de análises postural com fotografia (estático), e a que nosso estudo usou foi a avaliação do valgo ou varo dinâmico no *Drop Jump*; para determinar se filma a queda do salto até o ângulo de máxima flexão e se faz o rastreio no plano frontal do ângulo da perna ao longo do movimento, se o ângulo varia entre  $185^\circ$  e  $170^\circ$ , é considerado normal, menor ao  $170^\circ$  é valgo, mais de  $185^\circ$  é varo. (Madueño, Lora y Romero 2014, Olmedo, Jimenes y Mendes 2012)



**Imagem 1** Movimento do Joelho

### 2.3. Chuteiras

Na prática esportiva do futebol, a intensidade dos sprints, mudanças de direção e saltos, produzem cargas mecânicas elevadas que são suportadas pelos pés. As chuteiras para o futebol são feitas com a finalidade de diminuir o impacto que os movimentos geram, reduzindo as possibilidades de lesão.

Para suprir esta necessidade o sapato tem que possuir diferentes características mecânicas: amortecimento, refere-se à capacidade do calçado de amortecer e distribuir as forças geradas pelo contacto do pé com o solo. Flexibilidade, o calçado tem que respeitar e facilitar os movimentos naturais do pé e do tornozelo. O peso é essencial para a prática do desporto, sobretudo para os desportos de longa duração como o futebol, em que peso maior aceleraria a sensação de fadiga no desportista, por isso um calçado como pouco peso é importante. Tração, muitos gestos desportivos precisam de ter um grau de atrito para que o movimento possa ser executado da melhor maneira. O apoio refere-se à estabilidade que a chuteira oferece ao pé para garantir um suporte adequado nos diferentes movimentos que demanda o desporto.

A chuteira tem características gerais na sua composição. Uma delas é o material de corte sendo é aquele que cobre a superfície dorsal do pé e que influencia no conforto no pé. A entressola e o linguado têm um papel importante, já que são responsáveis pela absorção do choque com o solo, a espessura da sola proporciona mais ou menos flexibilidade á chuteira. E neste estudo foi levado em consideração tão somente o número de tacos das chuteiras, variável que afeta a adesão à superfície, já que quanto maior o número de tacos menor adesão e maior rotação do pé na superfície de jogo, é menor o risco de lesão. Atualmente existem chuteiras com 4, 13, 17 e 24 tacos. A forma do taco também influencia no resultado, existindo três tipos de tacos, o cilíndrico, os laminados e os multi-tacos.



**Figura 1-** Tipos de taco

#### 2.4. Ciclo da corrida

O objetivo principal da corrida em relação à marcha é ter uma maior velocidade, mas esta não é uma simples marcha acelerada, já que tem características biomecânicas diferentes. O ciclo da marcha tem três fases, fase de contacto, fase de balanço e duplo apoio, os quais representam o 50%, 25% e 25% do ciclo da corrida respectivamente. (Luna 2005)

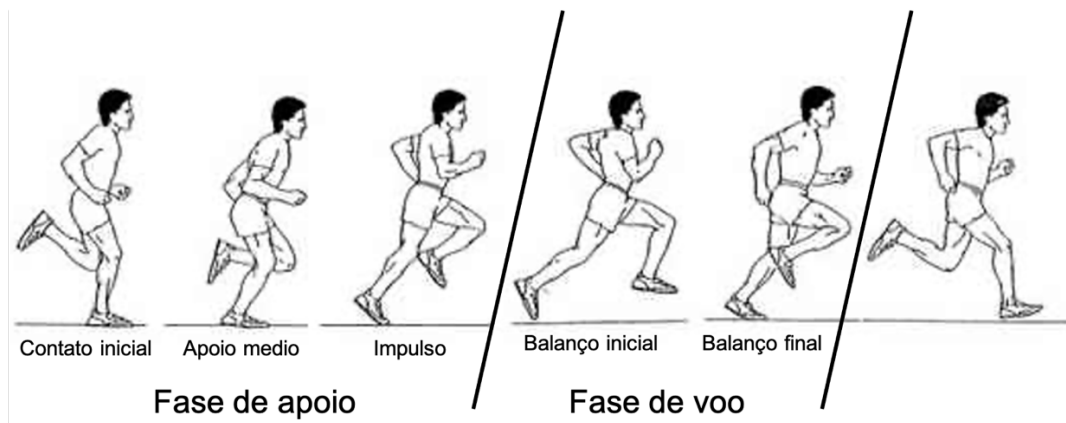
E o ciclo da corrida tem duas fases:

- **Fase de apoio unipodal:** esta fase é 35% do ciclo da corrida, este momento inicia quando um dos dois pés entra em contacto com o solo e finaliza quando este deixa o contacto. (Martín 2013) Se divide pra o analise em três fases:



✓

- **Fase de oscilação:** esta fase tem três subfases, que representam 65% do ciclo da corrida.
  - ✓ Suspensão inicial: este momento inicia quando o pé deixa de estar em contacto com o solo, este momento representa 23%.
  - ✓ Balanço médio: este momento acontece quando o pé oscilante ultrapassa o pé de apoio, e representa 54%.
  - ✓ Suspensão final: este momento acontece quando o pé está se preparando para entrar em contacto com o solo, e representa 23%.



**Figura 2** - Ciclo da corrida

As principais variáveis de influem no desempenho do sprint são: o tempo do contacto, tempo de voo, que é a quantidade de tempo total no ciclo da corrida que o atleta está em contacto com o solo e que esta sem contacto com ele, a cadencia que é a quantidade de passos que o atleta faze num tempo determinado; comprimento da passada é a distância entre o contacto inicial com um pé até o contacto inicial do mesmo pé no seguinte passo.



**Figura 3** - Comprimento da passada

Outra variável no desempenho do sprint é o Hip Drop, que é o ângulo de queda do quadril quando o atleta está com o apoio de uma perna só, entre maior seja o ângulo, menos efetivo é o sprint. O hip drop está ligado com a fraqueza na cintura pélvica, mecânica disfuncional da marcha ou controle muscular prejudicado, e todas são causas que geram perda do desempenho no sprint.

Os ângulos de flexão e extensão do coxofemoral, joelho e tornozelo ao longo do ciclo da corrida, os quais representam economia e efetividade do movimento. Os rangos podem variar de acordo com a velocidade, geralmente aumentam com o aumento da velocidade. Também o torque articular do quadril, joelho e tornozelo as quais determina a eficácia de uma força em causar ou modificar o movimento rotacional.

## 2.5. Velocidade e aceleração

A velocidade é uma magnitude física vetorial, que relaciona a mudança de posição com o tempo, sendo definida pela seguinte fórmula  $v = \frac{d}{t}$  onde “d” é a distância percorrida e “t” o tempo que levou para tal, o resultado é expresso em  $m.s^{-1}$ . Os diferentes autores reconhecem diferentes tipos de velocidade: velocidade de reação, velocidade em movimentos isolados e velocidade de deslocamento. O interesse deste estudo está na última, que se

manifesta em muitas atividades desportivas e costuma ser um fator decisivo em competições de futebol, basquetebol, rãguebi, entre outros.

A velocidade é um produto de muitos fatores ao nível orgânico, como a eficiência do metabolismo dos substratos de energia, temperatura muscular, flexibilidade, interconexão muscular e contrações produzidas nas fibras; na questão da velocidade, é necessário que o atleta tenha preferivelmente fibras musculares do tipo II, que são aquelas que podem se contrair mais rapidamente do que as fibras tipo I; as fibras tipo II são essenciais para obter sucesso em desportos como o futebol (Smrkolj y Škof 2013); a ciência confirma que esta capacidade física, assim como as fibras, estão ligadas a um forte fator hereditário (Ahmetov, Kumagai y Fuku 2019).

E a aceleração é uma magnitude vetorial, que determina o incremento da velocidade em relação ao tempo em  $m.s^{-2}$ . Esta capacidade baseia-se no aumento da força realizada pelo próprio corpo com o fim de gerar um maior deslocamento (Blazevich 2011). Esta magnitude é determinada com base na fórmula  $a = \frac{V_f - V_i}{t}$  onde a aceleração é igual à velocidade final menos a velocidade inicial, divididas pelo tempo; quando o valor é positivo, é considerado aceleração quando o valor é negativo, desaceleração.

A capacidade de aceleração faz parte das formas complexas de velocidade e depende do potencial do jogador em coordenar racionalmente seus movimentos com base nas condições externas em que a tarefa motora é realizada (Verjoshanski 1990) (Dalen, Loras y Hjelde 2019)

Esta qualidade física tem muita importância nos desportos de equipa, como o futebol (Dalen, Loras y Hjelde 2019), a aceleração está presente em muitas ações do jogo e grande parte destas ações são em situações decisivas do jogo (Garcia, Casamichana y Gomez 2018); Num estudo determinaram a percentagem do tempo total de jogo em que os futebolistas

aceleravam de acordo com a sua posição no campo de jogo: os atacantes 12,2%, os meio-campistas laterais 11,4%, os meio-campistas centrais 10,4%, defensores laterais 12,6% e defensores centrais 10,1% (Faude, Koch y Meyer 2012) (Garcia, Casamichana y Gomez 2018).

## 2.6. Salto

As ações esportivas realizadas em velocidade máxima ou quase máxima, como os saltos, acelerações, desacelerações ou mudanças de direção são determinantes do desempenho específico no futebol e a capacidade de realizar com sucesso esses tipos de ações depende da expressão máxima da força explosiva dos grupos musculares envolvidos nelas (Taheri, Nikseresht y Khoshnam 2015).

Nos saltos, a força reativa tem um papel importante, já que este tipo de força consiste na habilidade de mudar rapidamente de uma contração excêntrica para uma concêntrica e está relacionada ao ciclo de alongamento-encurtamento (CAE) (Turner y Jeffreys 2010) o qual, durante a fase excêntrica do movimento muscular, armazena (se for o qual, mantêm o singular) energia que sera reutiliza durante a fase concêntrica.

A força reativa pode ser avaliada com o salto Drop Jump (DJ) que faz parte do teste de Bosco, em que por meio do índice de força reativa (RSI) consegue-se ter um valor quantitativo de esta variável, o RSI é o resultante da divisão da altura do salto (h) com o tempo de contacto (tc),  $RSI = \frac{\text{Altura do salto (h)}}{\text{Tempo de contacto (tc)}}$ , o resultado é expresso em m/s (Ebben y Petushek 2021).

## 2.7. Mudanças de direção (COD)

As mudanças de direção são ações onde o jogador muda a orientação de seu corpo e continua a jogada em outra direção; estas ações combinam várias qualidades físicas: força, aceleração, desaceleração, força concêntrica, excêntrica, isométrica e qualidades cognitivas,

como a tomada de decisão, que são decisivas para o sucesso do desempenho (Sheppard, y otros 2014) (François y Souhail 2018).

Biomecanicamente a mudança de direção é dividida em três fases: a entrada, o *plant* e a saída. A entrada, cobrirá as ações de aproximação ao plant, esta segunda fase começa desde a entrada ao COD até a saída, que é a última fase, logo após do momento da frenagem e início da aceleração na mudança de direção. Estruturalmente na segunda fase ocorre uma rápida flexão da coxofemoral, do joelho e do tornozelo; onde se acumula energia, com a qual posteriormente se gera uma contração concêntrica de alta potência (Fiorlli, Mitrotasios y Luliano 2016).

As mudanças de direção são categorizadas como ações de alta intensidade, que estão presentes em 14% da distância total percorrida pelo jogador (Bloomfield, Polman y O'Donoghue, Physical demands of different positions in FA Premier League soccer 2007) (Little y Williams, Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players 2005). O ângulo do COD nos jogos varia entre 90 até 180 graus num jogo, e pode-se repetir este movimento até 100 vezes (Bloomfield, Polman y O'Donoghue 2007). Relativamente esta ação no tempo total de jogo e a quantidade de vezes que está presente, não representa uma ação importante, mas, pelo facto de que estas ações ocorrem em momentos cruciais e em áreas do campo decisivas para a concretização dos golos, elas são de grande importância, porque determinam o resultado dos jogos e competições (Stolen, y otros 2017).

A mudança de direção tem diferentes componentes importantes, o tempo de realização, que é o tempo total do percorrido do COD, o tempo de contacto do pé que faz o COD que determina a capacidade de reação dos membros inferiores para a mudança de direção, a assimetria das pernas ou défice de mudança de direção, o qual refere-se a uma medida relativa

que compara o tempo para completar uma tarefa de COD com o tempo gasto para completar a mesma distância em uma distância reta (linear) (Nimphius, y otros 2016).

Outras variáveis que favorecessem uma melhora no desempenho do COD é a rotação do tronco ou a inclinação lateral do tronco na direção de saída, esta variável reduz o risco de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA). Rotações do tronco mais altas correlacionaram-se positivamente com mais força gerada pelos flexores plantares (Marshall, y otros 2014). Outro fator é a flexão coxofemoral, do joelho e tornozelo, na segunda fase (Plant) do COD, esta é uma variável individual onde o desportista tem que buscar uma posição que favoreça biomecanicamente a extensão destas articulações, sem muita flexão ou extensão que impeça uma boa aplicação de força.

Ao nível da articulação do tornozelo, entrar na fase plant com o antepé implica em um maior alinhamento do joelho no plano frontal, o que, ao diminuir o valgo dinâmico, é uma vantagem que melhora o desempenho e reduz o risco de lesões no tornozelo, joelho e quadril.

## 2.8. Superfícies de jogo no futebol

Existem dois tipos de superfícies de competição e treinamento no futebol, as duas têm muita proximidade na sua composição pelos avanços que tem tido a grama artificial, mas essa ainda não consegue ser totalmente igual à natural. Por serem superfícies diferentes, elas geram reações diferentes no atleta no momento de treinar ou jogar; ter reações diferentes quer dizer gerar respostas diferentes na cinética e cinemática do movimento.

Já existem algumas investigações que analisam a diferença entre a superfície natural e a artificial em algumas variáveis espaço-temporais (Velocidade, aceleração, tempo de voo, tempo de contacto), e elas puderam encontrar diferenças entre as duas superfícies. (Ariza,

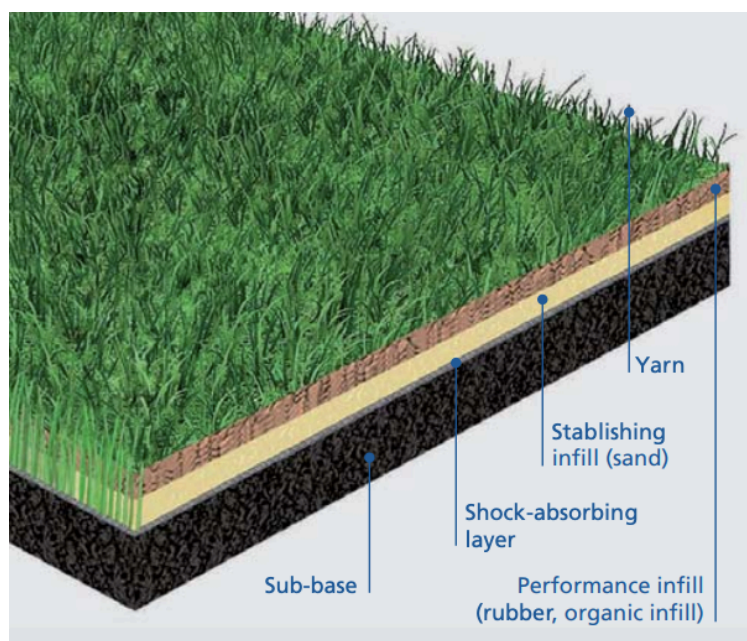
Benites y Sanchez 2021) (López, Perez y Sanchez 2020) (Kanaras, Metaxas y Gissis, y otros 2014)

### 2.8.1. Superfície natural

A grama natural é a superfície onde se desenvolveu o futebol desde o seu início, na atualidade mais de 96% das competições oficiais se jogam neste tipo de superfície (FIFA 2020). Mas ela gera custos muito elevados por sua manutenção constante, o que se considera uma barreira para seu uso constante nos treinamentos. Estudos qualitativos feitos para determinar qual superfície era de maior gosto para os jogadores e treinadores concluíram que a superfície natural era preferida (FIFA, FIFA.com 2016). O fator desportivo também tem relevância; esta superfície depende de mais cuidados do que a alternativa artificial, porque com o uso ou condições meteorológicas inadequadas, a grama perde qualidade, e precisa de cuidados e tempo para que volte a seu melhor estado.

### 2.8.2. Superfície artificial

A grama artificial é feita de um material sintético que imita a grama natural. Desde sua criação nos anos 60, a grama artificial evoluiu ao longo dos anos, atingindo uma semelhança muito grande à grama natural; as primeiras superfícies instaladas foram a “primeira geração”, que tinha algumas características desfavoráveis para o corpo e para o desenvolvimento preferível do jogo, a superfície era muito abrasiva e gerava uma tração excessiva, o que provocou muitas lesões nos jogadores. A “segunda geração” consistia em superfícies preenchidas com areia, cuja fibra típica tinha entre 22 e 25 mm. A superfície era mais apta para o jogo, mas ainda tinha muita influência nas lesões dos desportistas.



**Figura 4** - Composição da grama artificial

Uma vez surgida uma tendência ao uso da superfície artificial, devido aos benefícios e as vantagens que tem em relação à grama natural, a FIFA e a UEFA criaram um programa que visava homogeneizar e garantir a qualidade da grama artificial. Por isso, a FIFA em 2003 restaura a realização de jogos desportivos em grama sintética na Copa do Mundo Sub-17 disputada na Finlândia, onde um estádio estava equipado com este tipo de grama.

Em 2004, a International Football Association Board optou por incluir a grama artificial nas regras do jogo. Para que uma partida competitiva seja realizada numa superfície artificial, ela deve atender aos requisitos de uma superfície adequada, que são gerados pela “FIFA 1 Star RECOMMENDED” e “FIFA 2 Star RECOMMENDED” (FIFA, FIFA Quality Concept for Football Turf 2004), para que possa receber jogos internacionais. Graças às condições ambientais e meteorológicas (clima seco com chuvas fortes) na Copa do Mundo Sub-17 da FIFA, realizada em 2007 no Peru, todas as competições foram realizadas em superfícies artificiais.



A “FIFA QUALITY” é a qualificação para os campos que são usados para o futebol amador ou campos comunitários. E o “FIFA QUALITY PRO” é para os campos de competição, porque garantem o melhor rendimento para os jogos. (FIFA, FIFA.com 2016)

Sem dúvida, o pavimento artificial tem uma maior durabilidade, já que seu tempo de utilização, em comparação com a grama natural, é muito superior; a grama artificial pode ser utilizada sem restrições de tempo, desde que se faça a manutenção adequada, além do facto de que sua necessidade de cuidado é menor em relação a outras superfícies de jogo. Em relação à superfície natural, a recomendação quanto ao tempo de uso é de não ultrapassar oito horas semanais, além do facto de sua manutenção exigir, no mínimo, 15 horas de dedicação semanal. (Gallardo, y otros 2010)

Em relação ao outro aspeto importante na comparação destas duas superfícies é o risco de lesões; no futebol houve um mito de que a “superfície artificial tem maior risco de lesão do que a superfície natural”; essa premissa tem dado origem a inúmeras investigações que tentaram determinar a incidência de lesões em jogadores durante o uso destas superfícies. Uma revisão sistemática demonstrou que não há diferença significativa nas lesões entre os dois tipos de superfícies. (Williams, Akogyrem y Williams 2013)

## 2.9. Pressão plantar

A pressão plantar embora seja por si só a pressão que é produzida na sola do pé e no calçado durante os diferentes movimentos, o seu estudo é de especial relevância, pois fornece informações de como o corpo interage com o solo nas diferentes situações de jogo. As pressões plantares foram investigadas no desporto para determinar os padrões subjacentes a diferentes tarefas desportivas, como correr a diferentes velocidades, mudanças de direção e saltos (Ford, y otros 2006).

Este conhecimento é essencial para analisar a evolução e transferência das cargas de apoio na execução de diferentes gestos, como a receção após um salto ou durante a corrida, paragem ou mudanças de direção. Essas pressões estão relacionadas com a estabilidade do calçado, algumas patologias do pé e o desempenho desportivo.

O peso do corpo repousa sobre a planta dos pés durante todas as ações de jogo no futebol; diversos estudos têm mostrado que o estudo das pressões plantares é interessante na identificação do papel da superfície de jogo na realização de ações específicas de determinadas modalidades desportivas (Wan, Hong y Zhou 2021). Por exemplo, após avaliar pressões plantares de jogadores de futebol durante várias manobras específicas em duas superfícies de jogo diferente, (Elis, y otros 2004) verificaram que as duas superfícies têm pouca influência sobre os impactos sofridos pelos jogadores.

A superfície do campo de futebol afeta significativamente a distribuição das pressões plantares, tanto nos campos de grama natural como artificial. Em superfícies naturais, as pressões relativas são mais elevadas na região medial do antepé. Já em superfícies artificiais, as pressões laterais máximas durante as atividades de mudança de direção podem estar relacionadas aos mecanismos de stress da fratura de Jones como resultado de movimentos de eversão repetitivos (Ford, y otros 2006).

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Caracterização da amostra**

Neste projeto participaram voluntariamente 6 futebolistas, três jogadores que participam em jogos oficiais pela federação portuguesa de futebol e treinam 4 vezes por semana, e três amadores que treinam duas vezes por semana e jogam os fins de semana, todos tinham mais de três anos de experiência e eram maiores de 18 anos.

Os atletas só estavam familiarizados com o teste de sprint de 10m, o teste de COD 5-0-5 e o Drop Jump eram desconhecidos para os jogadores.

### 3.2. Critérios de inclusão

- Ter mais de 18 anos de idade.
- Ter três ou mais anos de experiência no futebol.

### 3.3. Critérios de exclusão

- Ter tido uma lesão há três meses.

### 3.4. Procedimentos

Fase I: Consentimento informado, esclarecido e livre: Foram apresentados os objetivos e explicação da investigação, bem como questões relativas à confidencialidade e anonimato do indivíduo participante no estudo, de forma verbal e escrita no consentimento informado, o qual foi assinado por cada participante.

Fase II: Descrição das superfícies: De acordo com as especificações técnicas do campo sintético e natural do Estádio Universitário de Coimbra

### Fase III: Caracterização antropométrica:

As medidas antropométricas analisadas foram: estatura, massa corporal, percentagem de gordura e longitude das pernas. A estatura foi medida com o Estadiómetro Harpenden modelo 98.603, a longitude das pernas foi medida com uma fita métrica plástica Holtain 2m, a massa corporal e a percentagem de gordura foi medida com o instrumento Inbody 770. As

técnicas de medição antropométrica foram realizadas com base no livro da International Society for the Advancement of Kinemathropometry (ISAK).

Para a estatura os futebolistas estiveram sem sapatos, em pé sobre o estadiómetro, eretos com a olhando pra frente e com os calcanhares juntos ao base. A longitude das pernas foi medida com o futebolista em pé e com o corpo ereto, a medida foi desde o trocânter maior até a planta do pé (Figura 4) (UEPCA 2020). A massa corporal e a percentagem de gordura foram medidas com o protocolo do instrumento; o futebolista limpa as palmas das mãos e a planta dos pés com álcool para tirar a gordura, fica em pé por uns segundos sobre o Inbody para registar o peso, depois o desportista pega os eléctrodos, abre os braços a 45 grados em relação ao tronco (Figura 5) e fica quieto com a mirada para a frente por 60 segundos; para esta avaliação o Inbody precisou o seguistes dados: data de nacimiento, género e estatura.

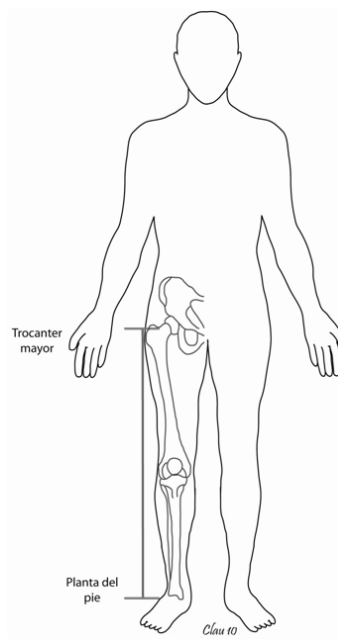


Figura 5 Pontos de referência para a medição do comprimento da perna.



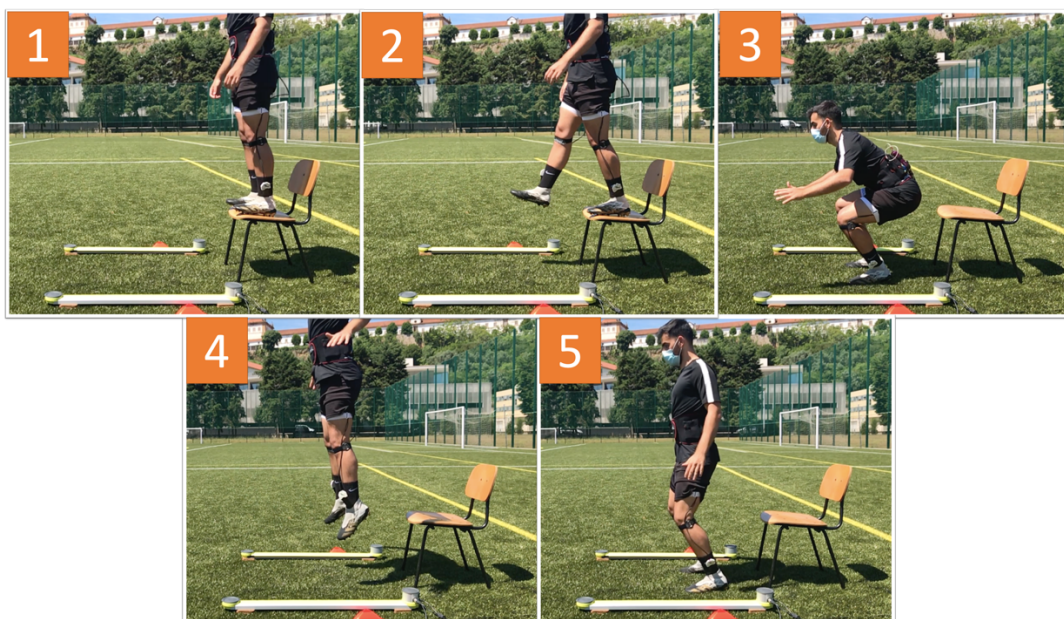
**Figura 6** - Avaliação Inbody

Fase IV: Variáveis físicas

Teste Drop Jump

A força reativa dos membros inferiores foi avaliada com o teste de salto Drop Jump, o futebolista ficou em pé sobre uma superfície elevada de 45 cm; os sujeitos deram um passo para frente para cair por efeito gravitacional, no momento que entraram em contacto com o solo geraram um esforço máximo que propulsou eles verticalmente (Figura 6), o teste foi feito duas vezes e se escolio o melhor resultado. O teste foi avaliado com o instrumento de medição OptoJump, com o qual obtiveram-se os seguintes dados: índice de força reativa. Altura do salto, tempo de contacto e potencia do salto, também foram usadas palmilhas com as quais foram

obtido o resultado de máxima força aplicada, e movimento foi gravado com duas camaras, para analisar a cinemática, ângulos de flexão ou extensão das articulações e determinar o valo ou varo.

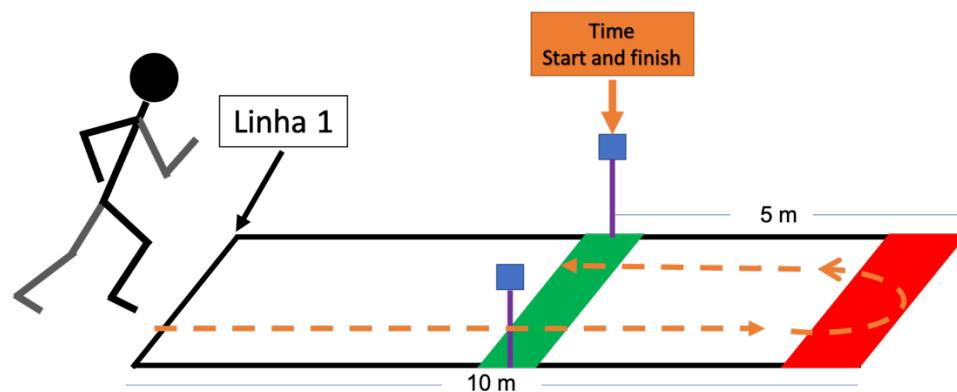


**Figura 7** Drop Jump teste.

Teste de sprint com mudança de direção:

A mudança de direção foi avaliada com o teste de agilidade de 5-0-5 (Little & Williams, 2005) a distância total percorrida foi 15 metros; o jogador correu a máxima velocidade desde o ponto de saída (Linha 1), ida e volta; o tempo foi registrado quando o desportista passou da linha de início e fim do tempo, que esta abicada 5 metros na frente da linha de saída, e o tempo para, quando o jogador volte a passar pela linha de início e fim do tempo (Figura 11), o teste foi feito duas vezes e se escolio o melhor resultado. O tempo foi avaliado com o sistema de fotocélulas, o tempo de contacto do último passo do COD foi avaliado com o sistema Optojump e as variáveis cinemáticas foram avaliadas por meio de análises de vídeo, foram filmados os últimos passos do COD no plano sagital direito e frontal

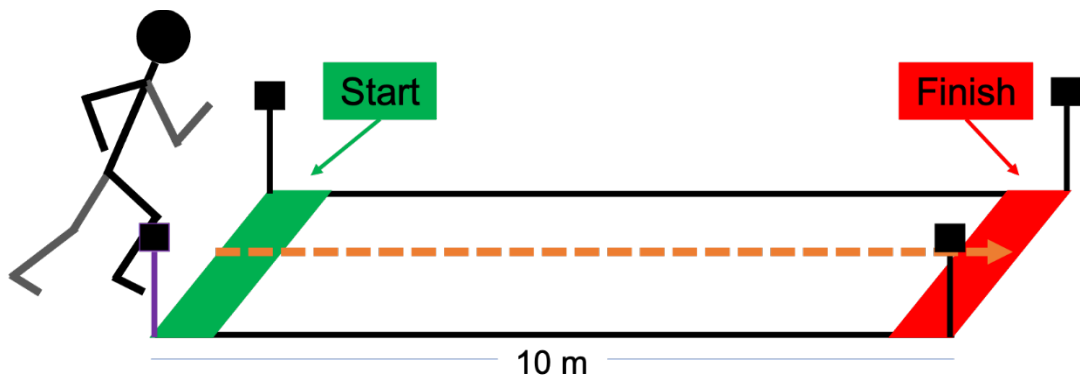
posterior com dois telemóveis que filmam ao 240 fps e analisados com o software Tracker; com o qual foram obtidos os seguintes dados: máxima flexão das articulações coxofemoral, joelhos e tornozelos e o comprimento do o penúltimo e ultimo passo (Calleja, Casamichana y Yanci 2015); também foram usadas palmilhas com as quais foram obtidos resultados da máxima força aplicada.



**Figura 8** - Teste 5-0-5

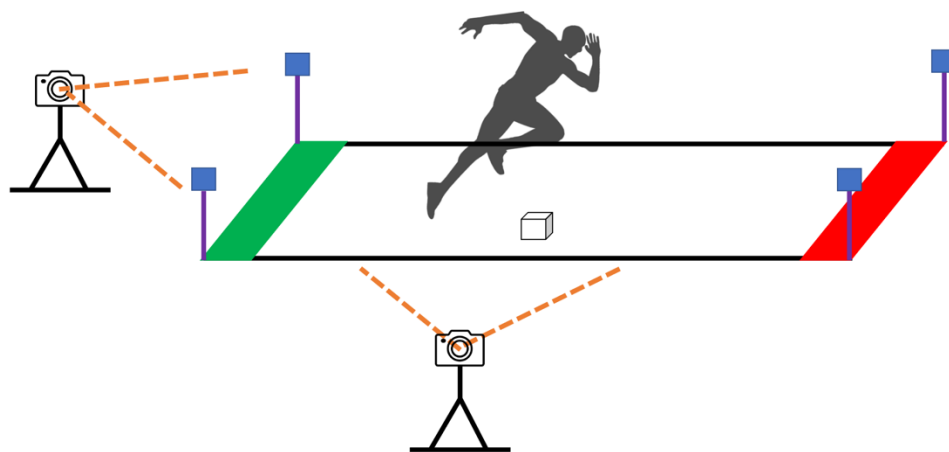
Teste de sprint máximo de 10 metros:

A velocidade foi avaliada com o teste de sprint máximo de 10 metros; o jogador inicia com uma largada dinâmica dois metros atrás da linha de saída, o tempo começa quando o ultrapassa a linha de saída e finaliza quando ultrapassa a linha de chegada, o teste foi feito duas vezes e se escolio o melhor resultado. O tempo foi avaliado com células fotoelétricas que estiveram no início e final do percorrido, também foram usadas palmilhas com as quais foram obtidos resultados da força máxima aplicada.



**Figura 9** - Teste de 10 metros

As variáveis cinemáticas foram avaliadas por meio da filmagem de um ciclo de corrida entre o metro 4 e 7 do percorrido com dois telemóveis que filmam ao 240 fps, em dois planos do movimento, sagital direito e frontal posterior (Figura 10) com o qual foram obtidos os seguintes dados: comprimento do passo, máxima flexão das articulações coxofemoral, joelhos e tornozelos e o Hip Drop (caída do quadril)



**Figura 10** - SetUp camaras

Nos três testes os jogadores tiveram uma marcação anatómica, na qual dividiu-se o corpo em 7 segmentos para o análise (SC-7) (Dempster 1955).



Tabela 1 Sistema segmentário (SC-7)

1	Tronco	4-5	Perna
2-3	Coxa	6-7	Pé

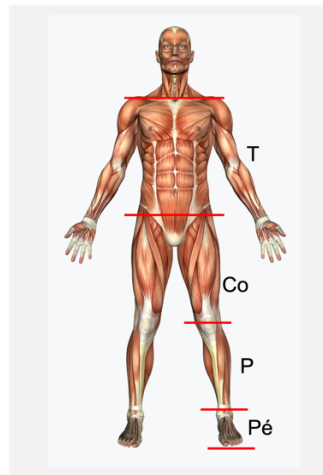
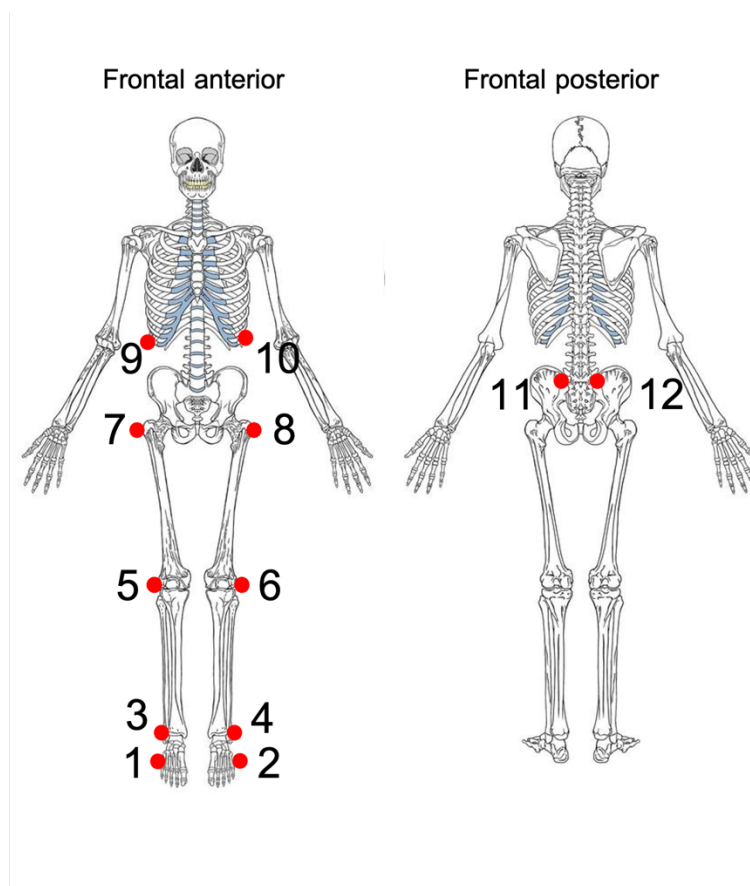


Figura 11 Divisão dos 7 segmentos corporais

Foram utilizados 12 marcadores em referências anatômicas corporais:

Tabela 2 Marcação anatômica (SC-7)

1	5° Metatarso direito	4	Maleolo lateral esquerdo	7	Trochanterion direito	10	última costela falsa esquerdo
2	5° Metatarso esquerdo	5	Tibial lateral direito	8	Trochanterion esquerdo	11	Cresta ilíaca posterior direito
3	Maleolo lateral direito	6	Tibial lateral esquerdo	9	última costela falsa direito	12	Cresta ilíaca posterior esquerdo



**Figura 12** - Marcação anatômica

As pressões plantares foram avaliadas com o sistema Pedar (Novel, Alemanha). Este sistema é baseado em palmilhas flexíveis, contendo matriz de 99 sensores capacitivos de força por palmilha. Os sensores estão distribuídos de forma homogênea ao longo da palmilha. O tamanho da palmilha foi selecionado tendo em conta o tamanho do pé do atleta. Para a palmilha em questão, cada sensor ocupava uma área de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, variando ligeiramente, dependendo da localização do sensor na palmilha.

### 3.5. Instrumentos

Para a realização dos testes e medições da presente dissertação, foram utilizados os seguintes equipamentos, em cada uma das fases descritas:

## **I. Avaliação das medidas antropométricas:**

O instrumento de bioimpedância Inbody 770 (figura 12) avalia a composição corporal por meio de eletrodos, os quais estão distribuídos estrategicamente para analisar o corpo em 5 partes, braços, pernas e tronco o qual gera uma avaliação mais exatas (Kushner 1992), estes avaliam a impedância que é o valor da resistência oferecida pelo corpo á passagem da corrente.



Figura 13 Inbody 770

## **II. Avaliação das variáveis cinemáticas**

Foram usadas Células fotoelétricas para obter os tempos do percorrido nos testes de COD e velocidade, este sistema funciona com uma rede de 4 dispositivos, dois remetentes e dois recetores que se enlaçam com tecnologia infravermelha, a qual deteta a interrupção do sinal e ativa o tempo no primeiro momento e no segundo momento para o tempo.



**Figura 14** - Células Fotoelétricas

O instrumento de avaliação OptoJump (figura 14) é um sistema de aquisição de dados, composto por uma barra ótica transmissora e recetora, cada barra tem 96 LEDs infravermelhos que detetam interrupções e sua duração. O instrumento foi escolhido por sua confiabilidade na aquisição de dados, é o instrumento gold standard na avaliação do salto, e mencionado em muitos artigos científicos na área do desporto (Glatthorn y Gouge 2011) (Rago, Brito y Figueiredo 2018) (Binet, Lehance y Vandebroek 2019).



**Figura 15** - OptoJump

A pressão plantar dos atletas foi medida através do sistema Pedar (Novel, Alemanha), este sistema toma os dados por meio de palmilhas flexíveis que contém uma matriz de 99

sensores captativos de força. Os sensores estão distribuídos ao longo da palmilha. O tamanho da palmilha foi selecionado tendo em conta o tamanho do pé dos atletas.

As especificações técnicas do sistema são:

- Espessura dos sensores – 1,9 mm,
- Número de sensores – 99 por palmilha,
- Amplitude de pressão – 637,5 kPa,
- Histerese – 7%,
- Resolução – 2,5 kPa
- Frequência de amostragem – 100Hz
- ✓ Software traker

### 3.6. Estatística

Os resultados obtidos foram introduzidos numa base de dados no software STATA, onde se comprovou a normalidade da distribuição das variáveis, drop jump, sprint e mudança de direção, com a prova de Shapiro-Wiik.

Foram aplicadas medidas de tendência central e dispersão, para as variáveis da amostra do estudo e as variáveis de saída em tempo de avaliação.

Para definir as mudanças das variáveis de saída, nos tempos de medição foi aplicada uma T-student pareada ou teste de rangos de Wilcoxon de acordo com a distribuição das variáveis.

A base de dados foi feita no Microsofte Exel 2021 e depois foi exportada ao STATA IC 13 para sua validação e análise, considerando o nível de significância de  $p < 0,05$ . Todos os valores são apresentados em Mediana $\pm$ SD ou Media $\pm$ IQR, de acordo a sua distribuição.

#### 4. Apresentação dos resultados

Como foi referido na metodologia, a amostra foi composta por 6 futebolistas que tinham mais de três anos de experiência de jogo, maiores de 18 anos e com uma média de idade de  $21.8 \pm 1.1$  anos. A caracterização antropométrica esta presente na tabela 4.

Tabela 3 Caracterização antropométrica da amostra do estudo

<b>Características Antropométricas</b>	<b>Media <math>\pm</math> SD</b>
<b>Idade</b>	$21.8 \pm 1.1$
<b>Estatura (cm)</b>	$176.6 \pm 4.4$
<b>Massa Corporal (kg)</b>	$68.3 \pm 11.3$
<b>Longitude da Perna Direita (cm)</b>	$90.1 \pm 3.7$
<b>Longitude da Perna Esquerda (cm)</b>	$90.1 \pm 4.3$
<b>% de Gordura</b>	$14.1 \pm 2.7$

*SD= desvio padrão, cm= centímetros, kg= Quilogramas*

Na tabela 5 apresentam-se os resultados do questionário preenchido pelos participantes; 83,33% tem a perna direita como dominante, 50% são jogadores federados e os restante são jogadores amadores, a posição de jogo mais comum foi o médio (66,67%), todos os participantes tinham chuteiras de 13 tacos e não tiveram lesões recentemente, e o campo de treino e jogo mais comum e o artificial.

Tabela 4 Resultados do questionário preenchido pelos participantes

Questões	N=6
<b>¿Perna dominante? N° (%)</b>	
1. Direita	5 (83,33)
2. Esquerda	1 (16,67)
<b>¿Nível de jogo? N° (%)</b>	
1. Federado	3 (50)
2. Amador	3(50)
<b>¿Posição de jogo? N° (%)</b>	
1. Defesa	2 (33,33)
2. Medio	4 (66,67)
3. Atacante	0
<b>¿Modelo de jogo? N° (%)</b>	
1. Atacante	4 (66.67)
2. Defensivo	2 (33.33)
3. Criador	0
<b>¿Tipo de chuteira (quantidade de tacos)? N° (%)</b>	
1. 4T	0
2. 13T	6 (100)
3. 17T	0
4. 24T	0
<b>¿Lesões recentes? N° (%)</b>	
1. Sim	0
2. Não	6 (100)
<b>¿Campo de jogo mais comum? N° (%)</b>	
1. Artificial	6 (100)
2. Natural	0
<b>¿Campo de treinamento mais comum? N° (%)</b>	
1. Artificial	6 (100)
2. Natural	0

Na tabela 6 apresentam-se os resultados do teste Drop Jump nas duas superfícies. Verificou-se que a altura do salto, a potência do salto, o índice de força reativa e a máxima força do pé direito foram superiores na superfície artificial. O tempo de contacto, a máxima força do pé esquerdo e a máxima flexão do coxofemoral joelho e tornozelo foram superiores na superfície natural. Não se verificou em nenhuma das situações de terreno de jogo situações de valgo ou varo dinâmico do joelho no salto. Contudo, nenhuma das diferenças foi estatisticamente significativa.

Tabela 5 Resultados teste Drop Jump

Variáveis	SN (n=6)		SA I (n=6)		p
	Media	SD	Media	SD	
Altura do salto (cm)	31.18	1.34	34.01	4.03	0.301
Tempo de contacto (s)	0.495 (mediana)	0.15 (IQR)	0.47 (mediana)	0.03 (IQR)	0,115*
Potência do salto (N)	23.99	1.84	27.05	1.10	0.261
Índice de força reativa (m/s)	0.62	0.09	0.71	0.03	0.457
Máxima força pé esquerdo (N)	1845.01	184.24	1761.82	260.36	0.575
Máxima força pé direito (N)	1585.90	157.39	1629.69	177.69	0.821
Máxima flexão tornozelo (°)	83.61	2.62	81.25	2.28	0.139
Máxima flexão joelho (°)	95.6	3.60	91.03	1.39	0.142
Máxima flexão coxofemoral (°)	89.5 (mediana)	3 (IQR)	88.65 (mediana)	9.1 (IQR)	0,399*
Valgo de joelho perna direita. (°)	174.76	2.56	174.93	1.63	0.900
Valgo de joelho perna esquerda. (°)	170.91	1.71	172.33	1.85	0.377

*SE= Standard error, IQR= intervalo interquartil, cm= centímetros, seg= segundos, N= newtons, m/s= metros por segundo, °= ângulo, \*Não distribuição normal*

Na tabela 7 apresentam-se os resultados do teste COD 5-0-5. O tempo, o tempo de contacto do pé no COD, a máxima força aplicada no último passo, o comprimento do último passo e a máxima flexão do tornozelo foram mais elevados na superfície artificial. Contudo, nenhuma das diferenças foi estatisticamente significativa.



Tabela 6 Resultados teste COD 5-0-5

Variável	SN (n=6)		SA (n=6)		p
	Media	SD	Media	SD	
Tempo (s)	2.32	0.63	2.38	0.078	0.406
Tempo de contacto do último passo (s)	0.432 (mediana)	0.062 (IQR)	0.458 (mediana)	0.11 (IQR)	0.091*
Máxima força do último passo (N)	1496.68	108.11	1678.35	19.27	0.184
Máxima flexão do tornozelo, pé do COD (°)	86.31	2.61	86.2	3.4	0.974
Comprimento do último passo. (m)	0.95	0.09	0.99	0.88	0.505

*SE= Standard error, IQR= intervalo interquartil, cm= centímetros, seg= segundos, °= ângulo, \*Não distribuição normal*

Na tabela 8 apresentam-se os resultados do teste de sprint 10 m. O tempo para percorrer os 10 m foi superior na superfície artificial. Já o tempo de contacto, o comprimento da passada e o Hip Drop foram maiores na superfície natural. Na fase de apoio, a máxima flexão da articulação do tornozelo foi superior na superfície artificial. Contudo, nenhuma das diferenças foi estatisticamente significativa.

Tabela 7 Resultado teste sprint 10 m

Variáveis	SN (n=6)		SA (n=6)		p
	Media	SD	Media	SD	
Tempo (s)	1.63	0,04	1.61	0.02	0.519
Comprimento da pisada (m)	2.35 (mediana)	0.32 (IQR)	2.26 (mediana)	0.07 (IQR)	0.027*
Tempo de contacto (s)	0.30	0.01	0.29	0.01	0.366
Tempo de voo (s)	0.14	0.01	0.15	0.03	0.558
Hip Drop (cm)	7.1	0.63	6.8	0.87	0.559
Flexão fase de apoio Tornozelo direito (°)	104.2	2.34	100.1	3	0.123

*SE= Standard error, IQR= intervalo interquartil, cm= centímetros, m= metros, seg= segundos, °= ângulo, \*Não distribuição normal*

## **5. Discussão dos Resultados**

Até ao presente estudo não é do nosso conhecimento estudos que comparem cinemática e cinética do salto, sprint e a mudança de direção em jogadores de futebol em superfície natural e artificial. Assim, considerou-se para a presente discussão investigações semelhantes no futebol e outros desportos, bem como outros estudos que avaliam o COD, aceleração e salto em as duas superfícies (artificial e natural) e estudos biomecânicos dos movimentos específicos no COD, salto e sprint.

No presente estudo a performance no teste de Drop Jump mostrou ser melhor na superfície artificial, embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas, mas as principais variáveis que determinam o desempenho foram melhores nesta superfície (altura do salto, tempo de contacto, potência do salto e índice de força reativa) (Zatsiorsky y Kraemer 2007). No COD embora as diferenças não tenham sido significativas, o desempenho foi melhor na superfície natural: melhor tempo para realização do trajeto, menor tempo de contacto e menor comprimento da passada no último passo, sendo estas variáveis determinantes no desempenho do COD. O sprint de 10 m mostrou um melhor desempenho na superfície artificial, as variáveis que afetam negativamente o desempenho foram superiores na superfície natural, *hip drop*, tempo de contacto e comprimento da passada; o comprimento da passada foi estatisticamente significativo.

Na tabela 1 apresenta-se uma tabela comparativa de caracterização antropométrica dos futebolistas do nosso estudo, com outros estudos onde avaliaram a resposta fisiológica da fadiga nas diferentes superfícies de jogo (Hughes, y otros 2013) e um estudo onde analisaram aspetos biomecânicos de corpo inteiro no desempenho de mudança de direção (Santos,

McBurnie y Thomas 2020). O estudo feito por Baptista, Ferreira, e Liberali (2015) avaliou a composição corporal de 441 jogadores profissionais de futebol. Os resultados não tem similitude com nosso estudo em termos de massa corporal e % de massa gorda. Possivelmente o factos dos estudos apresentados terem sido realizados com amostras de futebolistas profissionais, que cumprem volumes de treino superiores e poderão ter acompanhamento de equipas multidisciplinares que auxiliam em aspetos que influem na composição corporal. Já os sujeitos do nosso estudo são jogadores amadores e federados que treinam 3 vezes por semana.

Tabela 8 Discussão da caracterização antropométrica da amostra do estudo

<b>Características Antropométricas</b>	<b>Presente estudo Media ± SD</b>	<b>(Hughes, y otros 2013)</b>	<b>(Santos, McBurnie y Thomas 2020)</b>	<b>(Baptista, Ferreira y Liberali 2015)</b>
<b>Idade</b>	21.83 ± 1.1	22.8 ± 2.1	20.7 ± 3.8	24 ± 3,96
<b>Estatura (cm)</b>	176.6 ± 4.4	179 ± 0.05	177 ± 0.06	
<b>Massa Corporal (kg)</b>	68.3 ± 11.3	76.3 ± 5.7	74.7 ± 10.0	76,1 ± 6,83
<b>% de Gordura</b>	14.1 ± 2.7	-	-	10 ± 2,41

*SD= desvio padrão, cm= centímetros, kg= Quilogramas*

O teste Drop Jump não foi possível ser comparado com outros estudos, porque não existem outros estudos que avaliem este salto nas duas superfícies de jogo (artificial e natural). Outros estudos que compararam as duas superfícies de jogo, mas com outro salto e outro protocolo de teste diferente encontraram que a superfície natural foi a que deu um melhor desempenho na altura do salto (SN= 30,33±4,14; SA= 29,35±2,79) e no índice de força reativa foi melhor a superfície natural (SN= 1,32±0,31; SA=1,33±0,27), neste estudo analisaram a fadiga gerada no jogo nas duas superfícies de competição (artificial e natural); para o salto os investigadores fizeram o teste CMJ com fadiga e também analisaram o índice de força reativa na mesma situação (Stone, y otros 2014).

O valgo ou varo no joelho é um indicador de desempenho no salto, maior valgo ou varo, menor desempenho (Pollard, Sigward y Powers 2010), isto acontece por que as forças vão se distribuir de forma errada não permitindo uma normalidade, no nosso estudo a superfície natural gerou mais valgo nos futebolistas.

Também o índice de força reativa, o tempo de contacto e a potência do salto são fatores que afetam o desempenho do salto; ter um bom índice de força reativa quer dizer que o futebolista tem a capacidade de mudar rapidamente de uma ação excêntrica para uma concêntrica, e isso é relacionado com um menor tempo de contacto, o qual é um indicador de força explosiva (Zatsiorsky y Kraemer 2007). Na superfície artificial estas três variáveis no nosso estudo foram superiores.

Em relação ao ângulo de flexão do tornozelo, a altura atingida no salto será maior quando o referido ângulo for menor (Sequeto y Saar 2019). Além disso, percebe-se que havendo um indicador de um bom *stiffness* muscular, o ângulo de flexão e o tempo de contato serão menores; o *stiffness* é a resistência a deformação de uma estrutura em resposta a aplicação de uma força, isto gera a capacidade muscular de armazenar mais energia elástica durante a fase de amortecimento e gera mais força concêntrica, aumentando a velocidade e altura do salto (Brazier, y otros 2017), No nosso estudo o ângulo de flexão do tornozelo foi menor na superfície artificial, tendo um maior *stiffness* nesta articulação, o qual é um fator determinante no desempenho do salto (Brughelli y Cronin 2008) (Hobara, y otros 2008)

O teste COD 5-0-5 não foi possível ser comparado com outros estudos, porque não existem outros estudos que avaliem o COD 5-0-5 nas duas superfícies de jogo (artificial e natural). Outros estudos que compararam as duas superfícies de jogo, mas com outro teste (*L-*

*agility*) encontraram melhor desempenho na superfície natural (SN=  $5,12 \pm 0,13$  AS=  $5,26 \pm 0,14$ ). (Stone, y otros 2014) Neste estudo analisaram as alterações fisiológicas nas duas superfícies de jogo, o teste foi feito pelos sujeitos com fadiga.

No estudo feito por Gains, Swedenhjelm e Mayhew (2010) em desportistas de futebol americano jovens, encontrou-se um melhor tempo na superfície artificial, diferença que pode estar na chuteira usada no estudo. Os investigadores sugerem que as chuteiras que os participantes tinham eram com tacos baixos e tinham mais de 20 tacos, as quais são características de chuteiras especiais para superfície artificial. No nosso estudo os futebolistas utilizaram chuteiras especiais para superfície natural (13 tacos e taco alto). Um estudo feito em jogadores de Rugby (Choi, Sum y Leung 2015) onde se encontrou também um menor tempo na mudança de direção na superfície natural, resultado que os investigadores justificaram que não é insignificativo porque houve um erro no momento de fazer o teste; a distância percorrida não foi a mesma nas duas superfícies.

O estudo feito por Santos, McBumie, Thomas, Comfort, e Jones (2019) onde analisaram a cinemática da mudança de direção no teste 5-0-5 verificaram que quando o tempo de contacto é menor e o comprimento do último passo é mais cumprido o COD é mais efetivo. No nosso estudo, a superfície natural foi a mais vantajosa, tendo-se verificado estas condições. Quanto menor for o ângulo de flexão do tornozelo, melhor desempenho terá no COD. No nosso estudo verificou-se um menor ângulo de flexão do tornozelo na superfície artificial.

O teste sprint 10 m não foi possível ser comparado com outros estudos, porque não existem outros estudos que avaliem o sprint nas duas superfícies de jogo (artificial e natural). Outros estudos que compararam as duas superfícies de jogo, mas com outro teste; o objetivo foi procurar as diferenças fisiológicas durante e depois do jogo comparando as duas superfícies,

sendo que o teste utilizado foi o sprint de 15 m (Stone, y otros 2014). Tal como no nosso estudo, o desempenho no sprint foi melhor na superfície artificial.

Embora não tenham sido encontrados estudos semelhantes no futebol, existem investigações semelhantes com corrida de sprint com amostras em outros desportos. Por exemplo no estudo de Gains, Swedenhjelm e Mayhew (2010), feito em futebol americano com jovens de 18 anos de idade, verificou-se um melhor tempo de sprint na superfície artificial no teste de sprint de 40 jardas.

Outros estudos feitos em crianças e mulheres compararam mais variáveis no sprint; (López, Perez y Sanchez 2020) analisaram o sprint em 5 metros, onde encontraram uma maior velocidade e menor comprimento do passo na superfície artificial, semelhante ao nosso estudo.

Nenhum dos estudos consultados analisou a cinemática do sprint no futebol em diferentes terrenos de jogo. A queda do quadril (*hip drop*) é um determinante do rendimento no sprint. Um maior *hip drop* traduz-se numa menor eficiência na corrida. No nosso estudo verificou-se que o *hip drop* foi superior na superfície natural, onde o desempenho foi inferior. Também o ângulo de flexão do tornozelo sugere que na superfície artificial esta articulação apresentou maior rigidez (*muscle stiffness*), ou seja, o ângulo foi superior (menor flexão) nas articulações do tornozelo e coxofemoral. Ter uma maior *muscle stiffness* tem sido associado a um melhor desempenho no sprint (Souhaiei 2014).

## 6. Conclusão

Em conclusão, a superfície de jogo é uma variável que se tem que ter em conta no desempenho do sprint, mudança de direção e o salto, embora na atualidade as superfícies de jogo tenham muitas semelhanças consequência dos avanços tecnológicos e investigação, existem variáveis que são influenciadas pela superfície e que interferem diretamente no desempenho dos jogadores.

Quanto às limitações, no presente estudo não houve diferenças estatisticamente significativas nas variáveis estudadas, sendo que o tamanho da amostra possivelmente limitou a possibilidade de encontrar diferenças. O instrumento de medição da distribuição das forças plantares apresentou dificuldades nas recolhas no teste de sprint e mudança de direção decorrente da limitação de recolha de dados com afastamento das palmilhas do ponto da estação de captura dos dados.

Investigações futuras deveriam prever uma amostra superior em número de futebolistas, para que se possa perceber se as diferenças encontradas se tornam significativas. Os instrumentos de avaliação cinemática deveriam permitir a análise 3D para permitir uma análise de movimento comparativa das duas superfícies de jogo de forma mais detalhada. Sugere-se também o interesse de em próximos estudos incluir questões associadas à utilização de diferentes chuteiras (número de tacos e tipo).

## Bibliografía

- Acero, J. (2013). Sistemas Corporales Segmentarios. *G-SE*.
- Ahmetov, I., Kumagai, H., & Fuku, N. (2019). *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics*. Academic Press.
- Angeles, M., & Duran, C. (2008). Lesiones musculares en el mundo del deport. *Revista De Ciencias Del Deporte*, 13-19.
- Aquino, R., Puggina, E., Alves, I., & Gargante, J. (2017). Skill-related Performance in Soccer: a systematic review. *Human Movement*, 3-24.
- Ariza, A., Benites, D., & Sanchez, J. C. (2021). Sprint pattern analysis of professional female soccer players on artificial and natural turf. *FEADEF*, 483-487.
- Bahr, R., & Maehlum, S. (2004). *Lesiones Deportivas: Diagnostico, Tratamiento y rehabilitacion*. Madrid: editorial medicina panamericana.
- Balsalobra, C., Bishop, C., Beltran, J., & Cecillia, P. (2019). The validity and reliability of a novel app for the measurement of change of direction performance. *JOURNAL OF SPORTS SCIENCES*, 1-5.
- Bangsbo, Norregaard, & Thorse. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.*, 110-116.
- Baptista, C., Ferreira, M., & Liberali, R. (2015). Estado nutricional e composicao corporal de jogadores de futebol profissional. *Revista Brasileira de Nuticao Esportiva* .
- Bilsborough, J., Greenway, K., & Livi, S. (2016). Changes in Anthropometry, Upper-Body Strength, and Nutrient Intake in Professional Australian Football Players During a Season. *J Sport Physiology anda Performance* , 290-300.
- Binet, Lehance, & Vandebroek. (2019). Isokinetic and funcional muscle performances among football player: A transversal study. *J Isokinetics and Exercise Science*, 25-26.
- Blazevich, A. (2011). *biomecanica deportiva*. Boldalona: Paidotribo.
- Bloomfield, Polman, & O'Donoghue. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 1045-1063.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *J Sport Sci Med*, 63-70.
- Bloomfield, Polman, & O'Donoghue. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sports Sci Med*, 63-70.
- Bloomfield, Polman, & O'Donoghue. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sports Sci Med*, 63-70.
- Brazier, Maloney, Bishop, Read, & Turne. (2017). Lower Extremity Stifness: considerations for testing, performance enhancement and Injury Risk. *J Strength Cond Res*.
- Brughelli, & Cronin. (2008). influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness. *Sports Med* , 647-657.



- Calleja, J., Casamichana, D., & Yanci, J. (2015). Reproducibilidad de test de aceleración y cambio de dirección en fútbol. *RICYDE*, 104-115.
- Carling, & Dupont. (2011). Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *J Sports Sci*, 63-71.
- Casajús, Aragonés, & Teresa. (1991). Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Composición corporal y somatotipo. *Archivos de Medicina del Deporte* , 147-151.
- Casal, C., Maneiro, R., Arda, T., & Losada, J. (2017). Possession Zone as a Performance Indicator in Football. The Game of the Best Teams. *Psychol*, 181-191.
- Choi, S. M., Sum, K. W., & Leung, F. L. (2015). Comparison between Natural Turf and Artificial Turf on Agility Performance of Rugby Union Players. *Advances in physical Educations* , 273-281.
- Dalen, T., Loras, H., & Hjelde, G. (2019). Accelerations – a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? *European Journal of Sport Science* , 1015-1023.
- Dempster, W. T. (1955). Space requirements of the seated operator : geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body, with special reference to the limbs. *Wadc Technical Report* , 55-159.
- Dufour. (1990). Las técnicas de observación del comportamiento motor. Fútbol: la observación tratada por ordenador,. *RED*, 16-24.
- Ebben, & Petushek. (2021). sing the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance. *J Strength Cond Res*, 1983-1987.
- Elis, Streyll, Linnenbecker, Thorwesten, Volker, & Rosebanum. (2004). Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. *The American Journal of Sports Medicine*, 140-145.
- Eston, R., & Relly, T. (2009). *kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. Routledge.
- Faude, Koch, & Meyer. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 625- 631.
- FIFA. (2004). *FIFA Quality Concept for Football Truf*. Zurich: FIFA.
- FIFA. (2016). Retrieved Abril 23, 2016, from FIFA.com: <http://quality.fifa.com/es>
- FIFA. (2019). Communications Division: information Services. *FIFA Big Count*.
- FIFA. (2020, 09 28). Retrieved from <https://es.fifa.com/news/cuanta-gente-juega-futbol-mundo-86004>
- FIFA. (2020, 12 21). *FIFA*. Retrieved from FIFA: <https://football-technology.fifa.com/en/media-tiles/fifa-quality-programme-for-football-turf-1/>
- Fiorlli, G., Mitrotasios, M., & Luliano, E. (2016). Agility and change of direction in soccer: differences according to the player ages. *J Sport Med Phys Fitness*, 1597-1604.

- Folgado, H., Gonçalves, B., & Sampaio, J. (2018). Positional synchronization affects physical and physiological responses to preseason in professional football (soccer). *Sport Medicine*, 51-63.
- Ford, Manson, Evans, Gwin, M., & Heidt. (2006). Comparison of inshoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 433-440.
- François, H. M., & Souhail, H. (2018). Effects of Lower-Limb Strength Training on Agility, Repeated Sprinting With Changes of Direction, Leg Peak Power, and Neuromuscular Adaptations of Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37-47.
- Gains, G., Swedenhjelm, A., & Mayhew, J. (2010). comparison of speed and agility performance of college football players on field turf and natural grass. *Journal of Strength and Conditional Research*, 2613-2617.
- Gallardo, A. M., Felipe, J. L., Burillo, P., & Gallardo, L. (2010, Junio). Satisfacion de entrenadores y deportistas con los campos de futbol de cespel natural y artificial. *deporte ccd*, V(15).
- Garcia, A., Casamichana, D., & Gomez, A. (2018). Positional Differences in the Most Demanding Passages of Play in Football Competition. *J Sport Sci Med*, 563-570.
- Garcia, J., Román, I. R., González, J., & Dellal, A. (2017). Comparison of tactical offensive variables in different playing surfaces in sided games in soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 297-314.
- Garcia, M. (1998). *La velocidad: La mejora del rendimiento en los deportes de velocidad*. Gymnos.
- Glatthorn, J., & Gouge, S. (2011). Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height. *J Strength and Condition Research*, 556-560.
- Gore. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Canberra: Australian Sports Commission.
- Grimshaw, & Burden. (2006). *Sport and Exercise Biomechanics*. New York: Bio instant notes.
- Hall, S. (2013). *Biomechanica basica*. Delaare: Guanabara Koogan.
- Hegedüs, J. (1997, Abril). *Lecturas: Educación Física y Deportes*. Retrieved Noviembre 09, 2016, from efdeportes.com: [http://www.efdeportes.com/efd4/jdh41.htm#\[sigue\]](http://www.efdeportes.com/efd4/jdh41.htm#[sigue])
- Hobara, Kimura, Omuro, Gomi, & Muraoka. (2008). Determinants of difference in leg stiffness between endurance- and power-trained athletes. *J Biomech*, 506-514.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players - physiological considerations. *Sports Medicine*, 302-311.
- Hughes, M., Bridsey, L., Meyers, R., Stone, K., & George, D. (2013). Effects of playing surface on physiological responses and performance variables in a controlled football simulation. *Jor. Sports Sciences*, 878-886.
- Ishikawa, Y., & Fukumoto, H. (1997). *United States Patent No. 5601886*.
- JIMÉNEZ, M. G., & LÓPEZ, C. (2016). Influence of Height on the Gait Patterns of Men and Women. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 30-36.

- Kanaras, V., Metaxas, T., Gissis, I., & Riganas, C. (2014). the effect of natural and artificial grass on sprinting performance in young soccer players. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 1-4.
- Kanaras, V., Metaxas, T., Mandroukas, A., Gissis, I., & Zafeiridis, A. (2014). The effect of natural and artificial grass on sprinting performance in young soccer players . *American journal of Sports Science*, 1-4.
- Kushner. (1992). Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*, 199-209.
- Lentin. (2004). *Biotype of high performance sportmen of Argentina*. Buenos Aires: Centro nacional de alto rendimiento deportivo.
- Little, & Williams. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.*, 174-181.
- Little, & Williams. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.*, 76-78.
- Little, & Williams. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 76-78.
- Little, T., & Williams, A. (2005). Specifity of acceleration, maximim speed and agility in professional soccer players. *Journal strength and conditioning research*, 76-78.
- López, B., Perez, D., & Sanchez, J. C. (2020). Analysis of the running pattern on artificial and natural surface in adolescent football players. *FEADEF*, 109-113.
- Loturco, I., Pereira, L., Freitas, T., & Alcaraz, P. (2019). Maximum acceleration performance of professional soccer players in linear sprints: Is there a direct connection with change-of-direction ability? *J Pone*.
- Luhtanen, P. (2004). Aspectos Biomecánicos del Rendimiento en el Fútbol. *PubliCE*.
- Luna, P. V. (2005). *Biomecanica de la marcha humana y patologia* . Valencia : IMPIVA.
- Madueño, A., Lora, M., & Romero, S. (2014). Knee varus and valgus in sidcutting as injury risk factor. *RETOS*, 176-177.
- Malina, R. (2014). Antropometria . *PubliCE*, 180-185.
- Marshall, Franklyn-Miller, King, Moran, Strike, & Falvey. (2014). Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. *J Strength Cond Res* , 2845-2851.
- Martín, J. A. (2013). *propuesta de un protocolo de pruebas de evaluación cinética del miembro inferior*:. Madrid: universidad complutense de madrid.
- Memmert, & Rein. (2018). Match Analysis, Big Data and Tactics: Current Trends in Elite Soccer. *German Journal Sports Medicine*, 65-72.
- Meyers, M. (2016). Incidence, Mechanisms, and Severity of Match-Related Collegiate Men's Soccer Injuries on FieldTurf and Natural Grass Surfaces: A 6-Year Prospective Study. *J Sport Med*.

- Moghadam, M., Azarbayjani, & Shadeghi. (2012). The Comparison of the Anthropometric Characteristics of Iranian Elite Male Soccer Players in Different Game Position. *World Jor Sport Sciences*, 393-400.
- Nimphius, S., Callaghan, S., Spiteri, T., & Lockie, R. (2016). Change of Direction Deficit: A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *J Strength Cond Res* .
- Nunome, H., Henning, E., & Smith, N. (2017). *Footnall Biomechanics*. New York: Routledge.
- Olmedo, B., Jimenes, C., & Mendes, R. (2012). Evaluación de la alineación en rodillas mediante un software. *RIC*, 144-153.
- Owoeye, O., VanderWey, M., & Pike, I. (2020). Reducing Injuries in Soccer (Football): an Umbrella Review of Best Evidence Across the Epidemiological Framework for Prevention. *Sport Medicina*.
- Patel, R., Nevill, A., & Cloak, R. (2019). Relative age, maturation, anthropometry and physical performance characteristics of players within an Elite Youth Football Academy. *J Sport Science and Coach*.
- Pollard, Sigward, & Powers. (2010). Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments. *Clinical Biomechanics*, 142-146.
- Rago, V., Brito, J., & Figueiredo, P. (2018). Countermovement Jump Analysis Using Different Portable Devices: Implications for Field Testing. *J sport*, 9-11.
- Ross, & Marfell-Jones. (1984). *physiological testing of the elite athlete*. Canadian Association of Sports Sciences.
- Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust. (2008). Analysis of High Intensity Activity in Premier League Soccer . *Int J Sports Med*, 205 - 212.
- Santos, T. D., McBumie, A., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. (2019). Biomechanical Determinants of the Modified and Traditional 505 Change of Direction Speed Test. *Journal of Strenght Conditioning Recharch*.
- Santos, T., McBurnie, A., & Thomas, C. (2020). Biomechanical Determinants of the Modified and Traditional 505 Change of Direction Speed Test. *J Strength Cond Res*, 1285-1296.
- Seirul-lo. (1987). La tecnica y su entrenaimeinto . *Apunts Medicina de l'Esport*, 189-199.
- Sequeto, G., & Saar. (2019). analise cinética e cinemática do movimento do drop jump: e suas implicações sobre os membros inferiores. *Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional*.
- Sheppard, J., Dawes, J., Jeffreys, I., Spiteri, T., & Nimphius, S. (2014). Broadening the view of agility: a scientific review of the literature. *JASC*, 6-29.
- Smrkolj, L., & Škof, B. (2013). factors of success in endurance sports; changing of muscle fiber type. *Acta Medica Medianae*, 69-74.
- Souhaieii, M. (2014). Leg power and hopping stiffness: Relationship with sprint running performance. *Medicine and science in sport*, 326-333.

- Spinter, T., Cochrane, J., & Hart, N. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *Eur J Sport Sci*, 646-52.
- Stewart, A., Marfell, Olds, T., & Ridder, H. (2011). *International Standards for Anthropometric Assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff. (2017). Physiology of soccer: An update. *J Sports Med*, 501-536.
- Stone, K., Hughes, M., Stembridge, M., & Meyers, R. (2014). The influence of playing surface on physiological and performance responses during and after soccer simulation. *European Journal of Sport Science*.
- Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Science*, 601-618.
- Taheri, E., Nikseresht, A., & Khoshnam, E. (2015). The effect of 8 weeks of plyometric and resistance training on agility, speed and explosive power in soccer players. *European Journal of Experimental Biology*.
- The biomechanics of running. (1998). *Gait Posture*, 77-95.
- Turner, A., & Jeffreys, I. (2010). The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement. *Strength and Conditioning Journal*, 87-99.
- UEPCA. (2020). *Unidad de endocrinología pediátrica crecimiento y adolescencia*. Retrieved from Unidad de endocrinología pediátrica crecimiento y adolescencia : <https://www.endocrinologiapediatrica.gal/Auxologiaextremidades/5.1.html>
- Vaughan, C. (2020). *Biomechanics of sport*. Clemson: CRC press.
- Verjoshanski, I. (1990). *Entrenamiento deportivo planificación y programación*. Barcelona: Martínez Roca.
- Wallace, & Norton. (2013). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: Game structure, speed and play patterns. *J Sci Med Sport*.
- Wan, Hong, & Zhou. (2021). Comparison of plantar loads during running on different overground surfaces. *Research in sports medicine*, 75-85.
- Williams, J., Akogyrem, E., & Williams, J. (2013). A Meta-Analysis of Soccer Injuries on Artificial Turf and Natural Grass. *Journal of Sports Medicine*, 1-6.
- Williams, J., Akogyrem, E., & Williams, J. (2013). A Meta-Analysis of Soccer Injuries on Artificial Turf and Natural Grass. *Journal of Sports Medicine*, 6.
- Zatsiorsky, & Kraemer. (2007). Science and Practice of Strength Training. In Zatsiorsky, & Kraemer, *Science and Practice of Strength Training* (p. 28). Champaign: Human Kinetics.