

Diogo Bernardo Medeiros

Análise dinâmica do remate do futebol:

Influência da curva força-velocidade dos músculos extensores e flexores do joelho

**Dissertação de Mestrado em
Biocinética**, na Faculdade de
Ciências do Desporto e
Educação Física da
Universidade de Coimbra.
Orientada pela Professora
Doutora Ana Faro

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Abril, 2015

Agradecimentos

Um trabalho desta dimensão só é possível devido a diversos contributos de várias pessoas.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família, pelos valores transmitidos desde sempre, destacando a responsabilidade, humildade e a capacidade de lutar pelos sonhos, mesmo que embora não passam disto mesmo, sonhos. A grande distância entre nós nunca foi impeditivo de vos sentir bem perto de mim ao longo destes tempos. Obrigado por tudo, sem vocês nada era possível.

De seguida, gostaria de agradecer à Professora Ana Faro, pelo enorme contributo que teve neste trabalho. Foi um grande privilégio ter o seu apoio num trabalho tão importante para mim. Um muito obrigado, pelo imenso tempo que dispôs comigo, foi sem dúvida uma honra poder ouvir atenciosamente as suas partilhas e explicações.

O meu agradecimento a ti, Mariana, pela disponibilidade, apoio e carinho que me deste durante este tempo. Muito obrigado “ciganinha”.

Por último, o meu obrigado a todos os “confusos” (mais o Hugo) acima de tudo pela grande paciência que tiveram comigo durante estes últimos tempos.

Resumo

O presente trabalho teve como principal objetivo determinar a influência dos valores da curva força-velocidade dos flexores e extensores do joelho no remate de futebol. Foram avaliados sete atletas amadores de futebol ($25,1 \pm 1,97$ anos), os quais foram submetidos a dois tipos de testes. Sendo o primeiro cinemático, através da filmagem de execução de um remate de futebol. Posteriormente, foi feita uma análise no programa *kinovea*, para determinar a velocidade de saída de bola, variáveis temporais e comportamento angular. Para a recolha dos dados isocinéticos foi utilizado um dinamómetro (Biodex Multijoint System 3 Pro 2) para cálculo da força máxima do membro inferior dos sujeitos.

Na análise cinemática do futebol a variável *velocidade máxima do joelho* foi a que obteve maior correlação com a velocidade de saída de bola ($r=0.96$; $P \leq 0.001$). As variáveis, *Distância do pé à bola* e a *Porcentagem da posição do centro de gravidade* obtiveram valores de correlação significativos ($r=0.81$ e $r= 0.83$; $P \leq 0.01$) correspondentemente. Por fim, as variáveis, *ângulo da cintura pélvica* e *deslocamento angular do joelho em extensão*, também mostraram correlações significativas ($r=0.76$ e $r=0.70$; $P \leq 0.05$) com a velocidade de saída de bola. Na correlação entre variáveis cinemáticas do remate de futebol com os testes isocinéticos, constatou-se que das três variáveis analisadas, os resultados das *diferenças dos valores dos torques máximos* em todas as velocidades de teste e o *valor dos ângulos nos torques máximos* obtiveram maior número de correlações significativas (ambas com 12 correlações cada para $P \leq 0.05$), já os valores dos torques máximos apenas obtiveram quatro correlações significativas para $P \leq 0.05$.

Concluindo, a variável cinemática mais importante para o remate de futebol é a velocidade máxima do joelho, sendo que só é possível a sua análise a partir da utilização de novas tecnologias no treino. Relativamente aos testes isocinéticos, verificamos que a aplicação da curva força-velocidade nos testes isocinéticos apresenta mais informações do que os valores dos torques máximos.

Palavras-chave: Futebol; Análise Cinemática; Testes Isocinéticos; Curva Força-Velocidade.

Abstract

The purpose of this study was to establish the values which influence the force-velocity curve of flexors and knee extensors on the soccer kick. Our subjects were seven amateur soccer players (25.1 ± 1.97 years), who underwent two types of tests. Therefore, the first Kinematic test was the avaluation of the soccer kick and maximal instep kicking with the preferred leg. Afterwards, an analysis on Kinovea program was made in order to calculate the ball speed, the angular behavior, and temporal variables. For the collection of data we used isokinetic dynamometers ((Biodex System 3 Pro Multijoint 2) to calculate the maximum strength of the lower member of the subjects. In kinematics football analysis, the variable *maximum knee speed*, was the one with the highest correlation with the ball speed ($r = 0.96$; $P \leq 0.001$). The variables, distance from the ball to the foot and the percentage of the center of gravity position obtained significant correlation ($r = 0.81$ and $r = 0.83$; $P \leq 0.01$) correspondingly. Finally, the variables angle of the pelvis and the knee angular movement in extension, also showed a significant correlation ($r = 0.76$ and $r = 0.70$; $P \leq 0.05$) with the ball speed.

As far as the correlation between kinematic variables football kicking with the isokinetic testing is concerned, it was found that the three variables in study, which were the results of the differences of the values of the maximum torque in all test speed and the value of the angles the maximum torques obtained more significant correlations (both with 12 correlations for each $P \leq 0.05$), since the values of the maximum torques only had four significant correlations for $p \leq 0.05$.

In conclusion, the most important kinematics variable for the football kick is the maximum speed of the knee, and it is only possible to analyse by using new technologies in training. For isokinetic tests, we found that the application of the force-velocity curve in isokinetic tests gave us more information than the values of the maximum torques

Keywords: Football; Kinematic Analysis; Isokinetics Tests; Force-Velocity Curve

Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Índice de Tabelas.....	viii
Índice de Figuras	viii
Índice de Gráficos	x
Índice de Fórmulas	x
Índice de Quadros.....	x
Índice de Anexos (Volume II)	xi
CAPÍTULO I- Introdução	1
1.1. Pertinência do estudo.....	1
1.2. Objetivo do estudo.....	2
1.3. Variáveis do estudo	3
1.4. Limitações do estudo	3
1.5. Definições	3
1.6. Abreviaturas	4
CAPÍTULO II - Revisão Bibliográfica	5
2.1. Contextualização no jogo.....	5
2.2. Análise cinemática no remate do futebol.....	6
2.2.1. Velocidade angular do joelho	9
2.2.2. Velocidade de saída da bola	9
2.2.3. Variáveis determinantes no remate	10
2.3. Avaliação isocinética no futebol	12
2.3.1. Desenvolvimento da tensão no interior da célula muscular	12
2.3.2. Curva tensão-comprimento.....	16
2.3.3. Curva força-tempo	18
2.3.4. Curva força-velocidade	19
2.3.5. Curva da potência.....	21
2.3.6 - Contextualização da avaliação isocinética no futebol.....	22
2.3.7. Valores dos testes no dinamómetro.....	23
2.3.8. Diferenças bilaterais e uso da razão convencional.....	24
2.3.9 Estudos correlacionais entre variáveis cinemáticas e testes isocinéticos	26

CAPÍTULO III - Metodologia.....	27
3.1. Caracterização da amostra	27
3.2. Instrumentação	28
3.2.1 Instrumentação na cinematografia	28
3.2.2. Instrumentação da análise isocinética	29
3.3. Procedimentos	29
3.3.1. Fase preparatória	29
3.3.2. Fase experimental do procedimento cinematográfico.....	30
3.3.3. Seleção das imagens do filme	31
3.3.4. Definição das variáveis cinematográficas	31
3.3.4.1. Tempos	31
3.3.4.2. Distâncias.....	32
3.3.4.3. Deslocamento do centro de gravidade.....	32
3.3.4.4. Deslocamentos angulares.....	33
3.3.4.5. Velocidades angulares	33
3.3.4.6. Velocidade da bola	33
3.3.5. Fase experimental do procedimento isocinético	34
3.3.5.1. Definição das variáveis isocinéticas.....	35
3.3.5.2. Torque Máximo.....	35
3.3.5.3. Torque máximo /peso corporal	35
3.3.5.4. Ângulo para o valor máximo de força.....	36
3.3.5.5. Rácio entre agonista/antagonista.....	36
3.4. Análise estatística.....	36
CAPITULO IV- Apresentação e discussão das variáveis	37
4.1. Resultados e discussão da análise cinemática do remate do futebol	37
4.1.1. Tempos	37
4.1.2. Distância do pé à bola	39
4.1.3. Posição do centro de gravidade.....	40
4.1.4. Ângulos.....	41
4.1.5. Velocidade angulares	44
4.1.5. Velocidade de saída da bola	47
4.2. Apresentação e discussão dos resultados dos testes isocinéticos do joelho.....	48
4.2.1. Torque máximo	48

4.2.2. Torque máximo / peso corporal	53
4.2.3. Valor do ângulo no torque máximo	55
4.2.4. Rácio entre agonista e antagonista	56
CAPÍTULO V- Classificação das variáveis cinemáticas do remate do futebol	59
5.1.1 Velocidade de saída da bola	59
5.1.2. Velocidade máxima do joelho	63
5.1.3. Percentagem da posição do C.G	64
5.1.4. Distância do pé à bola	64
5.1.5. Ângulo da cintura pélvica.....	65
5.1.6. Deslocamento angular do joelho em flexão.....	66
5.2. Classificação das variáveis cinemáticas com as dos testes isocinéticos do joelho	67
5.2.1. Análise correlacional dos resultados do torque máximo com as variáveis cinemáticas	68
5.2.2. Análise correlacional dos resultados do ângulo do torque máximo com as variáveis cinemáticas	69
5.2.3 Análise correlacional dos resultados das diferenças dos torques máximos entre as diferentes velocidades dos testes isocinéticos com as variáveis cinemáticas	71
CAPÍTULO VI- Conclusões	74
6.1. Conclusões do estudo	74
6.2. Lista de recomendações para outros estudos	76
CAPÍTULO VII – Referências	77

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores da velocidade máxima angular do joelho nos vários estudos. (Eleftherios Kellis e Athanasios Katis, 2007).	9
Tabela 2 - Solicitação do tipo fibra em função da velocidade	25
Tabela 3 - Dados antropométricos dos sujeitos	27
Tabela 4 - Datas e velocidades realizadas no estudo isocinético	35
Tabela 5 - Comportamento dos ângulos no momento do contacto do pé à bola.....	43
Tabela 6 - Valores de correlação da velocidade de saída da bola com as variáveis cinemáticas do remate do futebol	60
Tabela 7 - Regressão múltipla nas variáveis com significância com a velocidade de saída de bola	62
Tabela 8 - Análise correlacional da velocidade máxima do joelho com as variáveis com significância.....	63
Tabela 9 - Análise correlacional da variável da percentagem da altura do C.G com as variáveis com significância	64
Tabela 10 - Análise correlacional da variável distância do pé de apoio à bola com as variáveis com maior significância do estudo	65
Tabela 11 - Análise correlacional da variável do ângulo da cintura pélvica com as variáveis com significância	65
Tabela 12 - Análise correlacional da variável, deslocamento angular do joelho em extensão com as variáveis com significância	66
Tabela 13 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados de torques máximos dos testes isocinéticos	68
Tabela 14 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados dos ângulos do torque máximo dos testes isocinéticos	69
Tabela 15 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados das diferenças do torque máximo nas várias velocidades dos testes isocinéticos	72

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem das quatro fases do remate de futebol	7
---------------------------------------------------------------	---

Figura 2 - Fórmula de Bull-Andersen et al (1999) para determinar a velocidade de saída da bola (Dörge et al., 2002).....	10
Figura 3 - Análise em componentes principais das várias variáveis, através de níveis de classificação. Wiit e Hinrichs (2012).....	12
Figura 4 - Diagrama representativo da estrutura do músculo-esquelético de Prampero 1985 (Komi.,pag.50., 2003)	13
Figura 5 - Unidade funcional da miofibrila de Brooks, 2005 (Pala, 2006).....	14
Figura 6 - Imagem representativa do tipo de ações envolventes no remate do futebol ..	16
Figura 7 - Variação no tamanho do sarcómero. (Silverthorn., 2010)	17
Figura 8 - Relação força- comprimento de um músculo isolado segundo Herzog, (2009)	18
Figura 9 - Curva força-tempo (Häkkinen e Komi, 1985).....	18
Figura 10 - Curva força-velocidade	20
Figura 11 - Curva força-velocidade em ação concêntrica e excêntrica (Halls,S pag164, 2012)	21
Figura 12 - Curva força-velocidade e potência (Halls,S pag 170, 2012).....	22
Figura 13 - Disposição do equipamento cinematográfico necessário para o estudo	29
Figura 14 - Dinamómetro- Biodex Multijoint System 3 Pro 2.....	29
Figura 15 - Resultado do valor do centro de gravidade no momento do remate.....	32
Figura 16 - Cálculo da distância no <i>software Kinovea</i> para retirar a velocidade de saída da bola	33
Figura 17 - Tempo de todas as fases do remate.....	38
Figura 18 - Comportamento do ângulo do joelho e localização do remate. (a) simboliza o ponto de contacto do pé com a bola	42
Figura 19 - Curva no teste isocinetico da extensão e flexão a 60°/s (à esquerda) 500°/s (à direita)	48
Figura 20 - Cfv para extensão em dois sujeitos (B02 e P07)	50
Figura 21 - Cfv para a flexão em dois sujeitos (B02 e P07)	51
Figura 22 - Valor do ângulo no torque máximo em todas as velocidades – extensão....	55
Figura 23 - Valor do ângulo no torque em todas as velocidades – flexão	56
Figura 24 - Rácio entre agonista e antagonista em todas as velocidades.....	57

Figura 25 - Diagrama das variáveis cinemáticas do remate do futebol com a velocidade de saída da bola.....	61
Figura 26 - Simulação da curva força-velocidade em dois momentos	73

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Percentagem do tempo total em que ocorreu o contacto do pé com a bola .	39
Gráfico 2 - Distância do pé de apoio em relação à bola	40
Gráfico 3 - Posição do centro de gravidade	41
Gráfico 4 - Deslocamento angular do joelho para a flexão e extensão.....	43
Gráfico 5 - Deslocamento angular da perna para a flexão e extensão	44
Gráfico 6 - Análise do comportamento angular dos ângulos relativos do sujeito B02 ..	44
Gráfico 7 - Análise do comportamento angular dos ângulos absolutos do sujeito B02 .	45
Gráfico 8 - Velocidade máxima angular do joelho.....	46
Gráfico 9 - Velocidade máxima angular da perna	46
Gráfico 10 - Velocidade de saída da bola	47
Gráfico 11 - Valor do pico torque em todas as velocidades- Extensão	49
Gráfico 12 - Valor do torque máximo em todas as velocidades - Flexão	50
Gráfico 13 - Valor do torque máximo/ peso corporal em todas as velocidades – Extensão	53
Gráfico 14 - Valor do torque máximo/ peso corporal em todas as velocidades – Flexão	54

Índice de Fórmulas

Fórmula 1 - Cálculo do intervalo de tempo para determinar o número de imagens por segundo	30
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Índice de Quadros

Quadro 1 - Músculos responsáveis pela ação flexão-extensão da articulação coxofemoral, joelho e tibiotársica segundo Hall (Pedro, R 2013).....	8
Quadro 2 - Classificação dos tipos de ações musculares para Komi . (Faro.,1995).....	15
Quadro 3 - Referências anatómicas utilizadas para a colocação dos centros articulares para análise no software <i>Kinovea</i> (Pedro, R 2013).....	30
Quadro 4 - Seleção dos ângulos a calcular no software <i>Kinovea</i>	33

Índice de Anexos (Volume II)

Anexo 1-	Pedido de autorização para participação no estudo.....	1
Anexo 2-	Estudo piloto- Testes do material cinematográfico.....	3
Anexo 3-	Estudo piloto- Testes isocinéticos- familiarização.....	5
Anexo 4-	Estatística descritiva das variáveis cinemáticas.....	16
Anexo 5-	T-student- resultados dos ângulos no torque máximo	19
Anexo 6-	Matriz de correlação das variáveis cinemáticas do remate de futebol.....	24
Anexo 7-	Matriz de correlação das variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos do joelho.....	26
Anexo 8-	Matriz de correlação entre as os ângulos dos torques máximos dos testes isocinéticos nas várias velocidades de teste.....	28
Anexo 9-	Matriz de correlação entre as diferenças dos resultados dos testes isocinéticos nas várias velocidades de teste.....	30
Anexo10-	Regressão múltipla das cinco variáveis com os valores de correlação significativos.....	32
Anexo11-	Análise cinemática dos sujeitos.....	34
Anexo12-	Ficha de controlo.....	56
Anexo13-	Análise dos testes isocinéticos dos sujeitos.....	58

CAPÍTULO I- Introdução

O desporto e a tecnologia têm vindo a caminhar juntos ao longo do tempo, numa tendência que promete vir a aumentar cada vez mais esta simbiose entre ambos. De certa forma esta proximidade entre estas duas áreas tem mudado o mundo no desporto, permitindo elevar o nível competitivo dos atletas (Amadio e Duarte.,1996)

O futebol tem sido alvo de muitos estudos científicos (5044 artigos; motor de busca; PubMed; Palavra-chave, “Soccer”, restringido a procura entre os anos 2000 a 2014) no sentido de otimizar a *performance* dos atletas e, de forma geral, das equipas. Esta evolução no futebol tem vindo a ser verificada pelo número de departamentos que surgiram no sentido de auxiliar o treinador, como por exemplo, a criação do BenficaLab e mais recente aquisição do simulador 360S.

É por isso que atualmente, o treinador não intervém de forma isolada. Possui agora profissionais de outras áreas que realizam um trabalho mais específico, surgindo áreas como a nutrição, a fisiologia, a psicologia, a fisioterapia e a biomecânica. Mais recentemente, surge também o uso de tecnologias no futebol com recurso a software de análise de imagem.

Para Amadio e Duarte (1996), o rápido desenvolvimento científico da nossa sociedade, veio permitir encontrar novas possibilidades e opções metodológicas para a elaboração e operação de dados utilizados na biomecânica. Tal contribui, para o progresso, modernização e automatização, oferecendo um enorme auxílio na análise e interpretação do movimento humano de forma mais objetiva, precisa e científica. Por outras palavras, o uso das tecnologias no futebol veio permitir quantificar com precisão a análise do movimento.

Este trabalho pretende fornecer ao treinador uma nova ferramenta de consulta, recorrendo a *softwares* de análise de movimento sem custos (*Kinovea*), onde o seu principal objetivo foi determinar a influência dos valores da curva força – velocidade dos flexores e extensores do joelho no remate de futebol.

1.1. Pertinência do estudo

O futebol é um desporto que move milhões de pessoas pelo mundo inteiro e a vontade de fazer crescer a modalidade é significativa por parte das suas federações, que

continuam a investir cada vez mais em infraestruturas e equipamentos para garantir a melhor qualidade da prática.

A ciência e o futebol têm vindo a ser mais associados nos últimos anos, onde cada vez mais há o interesse em intensificar o estudo no futebol. Em apenas um ano, são inúmeros os estudos realizados. (No motor de busca Pubmed, pesquisando a palavra “Soccer” surgem 1307 artigos, restringindo a sua busca apenas num ano, entre 2013 e 2014).

A maioria dos treinadores em Portugal utiliza ainda métodos tradicionais no seu treino e há dificuldade em classificar e avaliar os movimentos realizados no futebol. Tal acontece, pois, o uso da tecnologia é ainda visto como algo difícil de utilizar e dispendioso.

O remate no futebol, apesar de ser uma das técnicas menos frequentes num jogo, é aquele que pode decidir quem será o vencedor e o vencido um jogo de 90 minutos, Tendo esta técnica uma influência direta no resultado de um jogo de futebol. Sabe-se que a equipa que efetua mais remates tem maior probabilidade de vencer o jogo (Kellis e Katis, 2007).

O estudo da relação força-velocidade na ação muscular e a sua relação para o treino desportivo estão muito pouco estudados, sendo de extrema importância e pertinência a sua análise. Prilutsky (2001) cita que, “o fisiologista Hill, publicou o primeiro artigo sobre esta temática em 1922 e passado cerca de 80 anos este tema ainda é moderno”. Esta afirmação explica a carência de estudos realizados tendo em conta a curva força-velocidade, sendo que poderá ser um fator de diferenciação da especialidade, nível e forma do atleta (Badillo e Ayestaran, 2001).

1.2. Objetivo do estudo

O presente trabalho teve como principal objetivo determinar a influência dos valores da curva força – velocidade dos flexores e extensores do joelho no remate de futebol. O estudo do remate do futebol foi obtido através de uma análise cinemática com recurso a *software “open source” Kinovea*.

1.3. Variáveis do estudo

A partir do objetivo central do estudo, foram obtidos dois conjuntos de variáveis: as cinemáticas do remate do futebol (análise temporal, distância do pé à bola, posição do centro de gravidade, comportamento angular, deslocamentos angulares, velocidades angulares, velocidade de saída da bola) e as variáveis dos testes isocinéticos dos flexores e extensores do joelho (torque máximo, torque máximo/ peso corporal, valores do ângulo no torque máximo e o rácio entre agonista e antagonista).

1.4. Limitações do estudo

A partir do objetivo deste estudo e da utilização dos recursos metodológicos apresentados, sentimos algumas limitações.

Estas foram:

- O uso de uma câmara de filmar com mais de 28 imagens por segundo, diminuiu o intervalo de tempo entre cada imagem, o que se refletiu na redução da probabilidade de erro na análise do movimento, caso o *Kinovea* permitisse utilizar filmes com mais imagens por segundo;
- A impossibilidade de realizar testes isocinéticos a velocidades altas como as encontradas no movimento;
- A impossibilidade de utilizar dados de duas câmaras iguais e a incapacidade de sincronização das imagens;
- Impossibilidade temporal de realizar uma análise com um maior número de variáveis cinéticas.

1.5. Definições

Cinética- Estudo da ação das forças.

Cinemática – Estudo da descrição do movimento, incluindo considerações de tempo e espaço.

Torque- Efeito rotatório de uma força sobre um eixo de rotação, medido como produto de uma força pela distância entre a linha de força e ação do eixo.

Centro de gravidade – Ponto em torno do qual o peso de um corpo é igualmente equilibrado, sendo irrelevante como o corpo está posicionado.

Ângulos absolutos- Orientação angular de um segmento do corpo em relação a uma linha de referência fixa.

Ângulos relativos- Ângulos formados entre dois segmentos do corpo.

1.6. Abreviaturas

C.fv- curva força velocidade

PC- pontes cruzadas

Cm- centímetros

N-m- Newtonw-metro

C.G- Centro de Gravidade

ANGJOE- Ângulo do joelho

ANGCOT- Ângulo do cotovelo

ANGPER- Ângulo da perna

ANGCOX- Ângulo da coxa

ANGCINT- Ângulo da cintura pélvica

Dist. Pé- Distância do pé

% Pos. C.G- Percentagem da posição do centro de gravidade

TM- Torque máximo

Vo2máx- Volume máximo de oxigénio

CAPÍTULO II - Revisão Bibliográfica

A presente revisão foi elaborada e organizada a partir de temas principais do estudo cinematográfico e dos testes isocinéticos. Os vários termos que iremos abordar foram consultados através de motores de busca PubMed e ScIELO, onde restringimos a nossa busca entre os anos de 2000 a 2014.

Em primeiro, surge a *contextualização do remate no jogo de futebol* (encontrados 128 artigos no motor de busca PubMed entre 2000 e 2014), seguindo-se a *análise cinemática do remate de futebol* (encontrados 81 artigos no motor de busca PubMed entre 2000 e 2014) Posteriormente, apresentamos um capítulo sobre o *músculo*, seguindo-se *avaliação isocinética no futebol* (encontrados 159 artigos no motor de busca PubMed entre 2000 e 2014) e por fim *o desenvolvimento da tensão no interior da célula muscular*.

2.1. Contextualização no jogo

O futebol é um desporto admirado e praticado por milhões de pessoas em todos os continentes, sem exceção, (Reilly e Williams., 2003). Porém, a maioria das pessoas que assiste a este desporto não tem a capacidade de perceber as exigências musculares que este jogo requer.

Durante um jogo de futebol, o metabolismo aeróbio é o que constituiu o suporte fundamental para as exigências de uma partida de futebol, cerca de 90%, no entanto, as ações determinantes para o resultado do jogo são realizadas através do metabolismo anaeróbio (Stolen et al., 2005).

A distância percorrida pelos jogadores é em média cerca de 10 a 13 km, sendo os médios os que mais distâncias percorrem (Bangsbo et al., 2006).

Os valores de volume máximo de oxigénio (**Vo2máx**) podem ser um indicador da boa capacidade aeróbia de um atleta. Reilly, citado por (Reilly e Williams, 2003) testou vários atletas de elite e verificou valores entre os 56 e 69 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Também para Stolen T et al (2005) os valores foram semelhantes aos últimos. Este verificou que atletas profissionais do sexo masculino variam o consumo de Vo2máx entre os 50 e 75 ml.kg⁻¹.min⁻¹. sendo os médios centros os atletas que melhores resultados apresentam. Estes valores são consideravelmente mais baixos, quando comparado a atletas de elite

de modalidades de resistência, onde se obtêm valores de $Vo_{2m\acute{a}x}$ maiores que $80 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. (Reilly, 1990).

Relativamente à capacidade anaeróbia dos atletas de futebol, um número elevado de testes de campo tem vindo a ser realizado. Para Michalsik e Bangsbo, citado por (Bangsbo, 2006) os laterais e médios centros são os que obtêm maiores valores nos testes do *Yo-Yo*. Já Mohr et al (2003) observaram no seu estudo que os defesas centrais são aqueles que menos distâncias percorrem e menos sprints executam. Os mesmos autores mostraram que os atacantes são aqueles que mais sprints executam no jogo.

Devido à sua importância, os investigadores da área do futebol têm-se interessado significativamente pelo ato de rematar (Dorge et al., 2002; Aagard et al., 1996; Barfield et al., 2002; Nunome., 2006; Lees, e Nolan, 1998). O remate surge como um fim de uma jogada, é a última fase ofensiva, onde todos tentam atingir com sucesso o objetivo do jogo: marcar golo. O facto de ser uma ação que pode ter uma grande influência no jogo, faz com que seja a mais estudada.

Lago-Pena et al (2011), após analisarem 288 jogos da fase grupos da Liga dos Campeões entre as épocas 2007 a 2010, verificaram que a equipa que remata mais vezes no alvo tem maior probabilidade de vencer o jogo. Nesta ação, diversas são as variáveis a observar que podem diferenciar um mau remate de um bom remate, como, o tipo de bola, o tipo de contacto, a posição do pé de apoio, a velocidade da bola e por fim a posição do Guarda-Redes. (Lees e Nolan, 1998).

2.2. Análise cinemática no remate do futebol

O estudo da cinemática permite uma descrição do movimento a nível temporal e espacial, analisando o movimento humano de uma forma externa, sem ter em conta valores de força (Hall, 2012; Grimshawn e Burden, 2007). Esta análise tem vindo a mostrar-se como uma das mais estudadas no remate de futebol (Encontrados 81 artigos no motor de busca PubMed; Palavra-chave, “Kinematics and soccer” limitando a busca entre os anos 2000 a 2014).

Neste sentido, para uma análise correta do movimento é exigida uma avaliação de toda a cadeia cinética, do membro inferior e superior. A maior parte dos estudos (Dorge et al., 2002; Aagard et al, 1996; Barfield et al, 2002; Nunome, 2006; Lees, A e Nolan, L, 1998), relata apenas a importância do membro inferior. De salientar o estudo

de Chen e Chang (2010), onde se validou que o membro superior é determinante na capacidade de melhorar a produção de força, responsável por uma maior velocidade imposta no momento do contato com a bola. Neste estudo, o valor da velocidade da bola com o membro superior preso foi de $93.00 \text{ km} \pm 1.41$, enquanto, quando o membro superior estava livre, o resultado foi de $96.87 \text{ km} \pm 2.03$. O ato de remate, segundo a literatura divide-se em quatro fases (Figura 1). A primeira fase do remate, é a corrida de aproximação, definida como o início da corrida em direção à bola até à retirada do pé de balanço do solo (Santos et al.,2012), segue-se a fase de balanço, onde ocorre um recuo da perna de remate para trás e uma flexão dos joelhos acompanhada de uma rotação superior e inferior da perna, devido á rotação e flexão do quadril. A terceira fase é o momento do contacto com a bola, onde há uma desaceleração da coxa e um aumento da aceleração da perna e pé até ao momento do impacto. Por fim, a fase final, da amplitude do movimento, a qual pode ser chamada também como uma continuação do movimento. (Lees, A e Nolan, L.,1998).



Figura 1 - Imagem das quatro fases do remate de futebol

(1-Corrída de aproximação; 2-Colocação do pé de apoio no solo; 3-Momento de contato com a bola; 4- Fase final do movimento)

Esta técnica de remate só é permitida devida à ação de vários músculos que permitem realizar a flexão e extensão da articulação coxofemoral, joelho e tibiotársica. O Quadro 1 apresenta os músculos e as suas ações primárias.

Quadro 1 - Músculos responsáveis pela ação flexão-extensão da articulação coxofemoral, joelho e tibiotársica segundo Hall (Pedro, R, 2013)

ARTICULAÇÃO	MÚSCULOS	AÇÕES PRIMÁRIAS
Coxofemoral	Reto femoral	Flexão
	Iliopsoas – porção ilíaco	
	Iliopsoas – porção psoas	
	Pectíneo	
	Sartório ou costureiro	Auxilia a flexão
	Tensor da fáscia lata	
	Glúteo máximo	Extensão
	Semimembranoso	
	Semitendinoso	
	Bíceps femoral (longa porção)	
Bíceps femoral (curta porção)		
Joelho	Recto femoral	Extensão
	Vasto lateral	
	Vasto intermédio ou crural	
	Vasto lateral	
	Semimembranoso	Flexão
	Semitendinoso	
	Bíceps femoral (longa porção)	
	Bíceps femoral (curta porção)	
	Sartório	Auxilia a flexão
	Grácil	
Gastrocnémio ou gémeos		
Tibiotársica	Tibial anterior	Dorsiflexão
	Extensor longo dos dedos	
	Extensor longo do hálux	
	Gastrocnémio ou gémeos	Flexão plantar
	Solear	
	Flexor longo dos dedos	
Flexor longo do hálux		

Do ponto de vista mecânico, o remate de futebol é um movimento geral, onde se combinam movimento linear, retilíneo, angular no plano sagital e no plano horizontal (Hall, 2012; Grimshawn e Burden., 2007). Este movimento funciona como uma cadeia cinética aberta, onde a maioria dos investigadores revelam pertinente classificar este

movimento como uma sequência proximal- distal (Lees, A e Nolan, L.,1998; Kellis e Katis., 2007; Nunome et al., 2002; Dorge et al., 2002), onde se procura transferir toda a produção de força para o pé de remate (Putman, 1993). Em suma o remate pode ser considerado como uma soma de forças (Rodana e Tavana, 1993).

2.2.1. Velocidade angular do joelho

Relativamente ao remate do futebol, Levanon e Dapena (1998) defendem que o momento angular do joelho apresenta-se como um dos mais importantes em gerar velocidade no momento do contacto com a bola, imprimindo assim maior velocidade à mesma.

Estudos em atletas masculinos têm verificado valores de velocidade angular entre 1206 a 1874 %s⁻¹ (Kellis e Katis, 2007).

A Tabela 1 apresenta os resultados da velocidade angular medida em estudos realizados com atletas masculinos.

Tabela 1 - Valores da velocidade máxima angular do joelho nos vários estudos. (Eleftherios Kellis e Athanasios Katis, 2007).

Estudos	Características do sujeitos	Velocidade angular do joelho (%s)
Rodano e Tavana(1993)	Masculino, Treinados	1206 (218)
Barfield et al.(2002)	Masculino, Treinados	1134 (257)
Lees and Nolan(2002)	Masculino, Treinados	1364(80)
Kellis et al.(2006)	Masculino, Treinados	1220 (332)
Nunome et al. (2002)	Masculino, Colegio, Atletas	1364(298)
Barfield (1995)	Masculino, Colegio, Atletas	1587 (280)
Manolopoulos et al.(2006)	Masculino, Treinados	1874(155)

2.2.2. Velocidade de saída da bola

A análise da velocidade de saída de bola também tem sido um dos parâmetros mais avaliados na biomecânica e apresenta-se como um dos indicadores de sucesso do remate (Lee and Nolan, 1998).

Num estudo realizado em quatro atletas profissionais por Asami e Nolte (1983), verificou-se uma velocidade de 29.9 (2.9) m/s⁻¹. Também Lee and Nolan (2002) efetuaram um estudo em dois atletas profissionais onde tinham de executar dez remates, tendo um valor de 28.4 m/s⁻¹ na velocidade de saída da bola.

Dorge et al (2002), num estudo a sete atletas treinados com uma média de idades de 27 anos, observaram um resultado da velocidade de bola de 24.7 (2.5) m/s⁻¹. Outro estudo, de Levanon e Dapena (1998) analisou seis atletas experientes, que frequentavam o ensino secundário sendo obtido um valor de 28.6 (2.2) m/s⁻¹.

De acordo com Bull-Andersen et al (1999), citado por (Dorge et al., 2002) defendem que a velocidade da bola pode ser calculada a partir de uma fórmula (Figura 2) onde a mecânica de colisão entre o pé e a bola, pode ser considerado pela seguinte equação.

$$v_{bola} = \frac{V_{pé} + V_{perna} * (1+e)}{I_{perna} + m_{bola} * r^2}$$

Figura 2 - Fórmula de Bull-Andersen et al (1999) para determinar a velocidade de saída da bola (Dörge et al., 2002)

Descrevendo a Figura 2, verificamos que “Vbola” é a velocidade da bola após o impacto, o “Vpé”, é a velocidade do centro de massa do pé antes do impacto, o “Iperna” o momento de inercia da perna, o “mbola” a massa da bola, o “r” a distância entre a articulação de joelho para o centro de impacto, e por fim o “e” é o coeficiente de restituição, um indicador de transferência de impulso do pé para a bola.

2.2.3. Variáveis determinantes no remate

Adrian Lees e Lee Nolan (1998) e Kellis e Kattis, (2007), desenvolveram revisões bibliográficas de grande importância para o estudo do remate de futebol onde examinaram muitos dos estudos feitos no futebol. Foi observado que a velocidade de bola está significativamente relacionada com a velocidade atingida ou a velocidade transferida entre segmentos até ao momento em que o pé contacta a bola (Asami e Nolte, 1983; Dorge et al., 2002; Isokawa e Lees, 1988). Porém, só a obtenção de altos valores na velocidade no pé, não garante por si só uma boa velocidade de saída da bola.

Para a análise cinemática do remate de futebol, partimos do princípio biomecânico de que quanto maior for a massa muscular dos segmentos do membro inferior, maior será a velocidade no momento do remate (Cabri et al., 1988; De Profit et al., 1988).

Vários são os indicadores que tem merecido atenção na análise do remate de futebol, como a transferência de energia entre segmentos no momento antes do impacto, (Wiit e Hirrichs., 2012) e a importância da corrida de aproximação que quanto maior for, mais alto poderá ser o valor da velocidade de saída da bola (Barbieri et al., 2006).

Para Kellis et al (2007) e Barbieri et al (2006), a corrida de aproximação e a posição do pé de suporte têm uma forte relação com a *performance* do remate. Barbieri et al (2006), num estudo realizado em seis atletas de futsal verificam valores da distância entre pé de apoio e a bola de $43,08 \pm 11,72$ cm.

O nível competitivo dos atletas também influencia a velocidade de saída de bola, existindo menos desequilíbrio entre o pé dominante e pé não dominante entre atletas profissionais e atletas amadores (Nunome et al., 2006). Importante também referir que a velocidade de saída da bola atinge números mais altos nos homens que nas raparigas (Narici et al., 1988; Barfield et al, 2002).

Para vários autores (Lees e Nolan, (1998); Wiit e Hirrichs., (2012); Cabri et al., (1988), o padrão motor do remate, vai sofrendo alterações desde a infância até à idade adulta. Tal leva a que a velocidade da bola aumente ao longo do tempo, devendo-se isto à capacidade de produção de força, logo, maior potência muscular e ao nível de coordenação muscular que o ser humano adquire ao longo do tempo.

Um estudo de Witt e Hinrichs (2012) descreve em forma de árvore e através de níveis, as diversas variáveis que podem colocar em causa a velocidade de saída da bola (Figura 3). Estes níveis correspondem a eixos de classificação através de uma análise em componentes principais, onde se classificam por níveis as variáveis com mais importância na velocidade atingida pela bola.

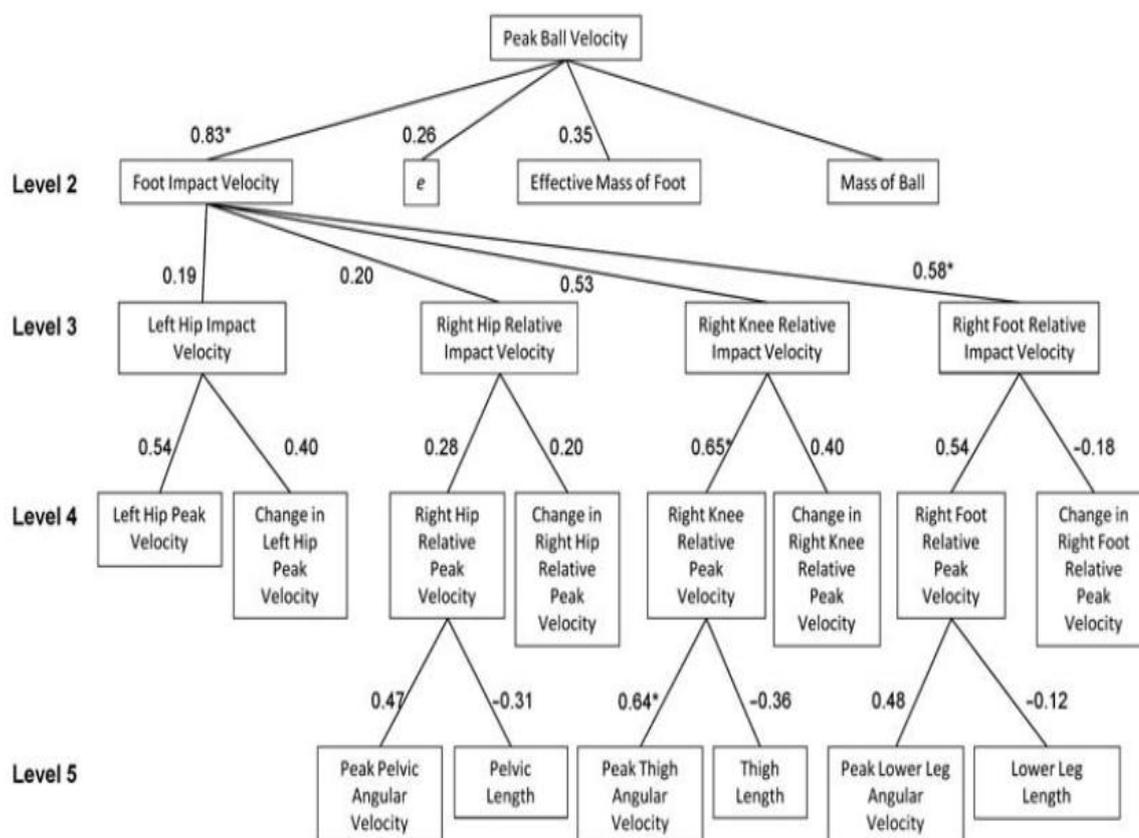


Figura 3 - Análise em componentes principais das várias variáveis, através de níveis de classificação. Wiit e Hinrichs (2012)

2.3. Avaliação isocinética no futebol

Para se justificar e analisar os valores dos testes isocinéticos é apresentada uma explicação do comportamento mecânico do desenvolvimento da força muscular, internamente através de um esclarecimento introdutório do desenvolvimento da força no interior da célula e, externamente, a partir da explicação das curvas tensão-comprimento, força-tempo, força-velocidade e da potência.

2.3.1. Desenvolvimento da tensão no interior da célula muscular

A força é um parâmetro de elevada importância, contendo várias definições dependendo da área de intervenção a que esta se aplica. Segundo a perspectiva da física, a força é considerada como a capacidade que um corpo tem em alterar o seu estado de movimento ou repouso, criando uma aceleração ou deformação da mesma. Segundo

Zatsiorky e Kraemer (2006) citado por Pala (2006), esta manifesta-se como a deslocação e/ou deformação de um ou ambos os corpos envolvidos.

Já numa vertente desportiva, a força é definida como a capacidade máxima de produzir tensão pelo músculo, a uma determinada velocidade. (Kruttgen e Kraemer, 1987, citado de Pala, 2006). Relativamente, à definição associada à técnica ou análise de movimento, esta é definida como a força útil que os atletas são capazes de aplicar ou manifestar à velocidade em que se realiza o gesto desportivo. (Badillo e Ayestaràn., 2001). Nesta lógica a força aplicada no desporto está diretamente ligada à velocidade aplicada no gesto desportivo, pelo que é impensável desassociar o conceito de força e velocidade (Faro, 1995).

Estruturalmente o músculo-esquelético é organizado em centenas de corpos musculares que se dividem em numerosas fibras, cuja única função é a de produzir força (Figura 4).

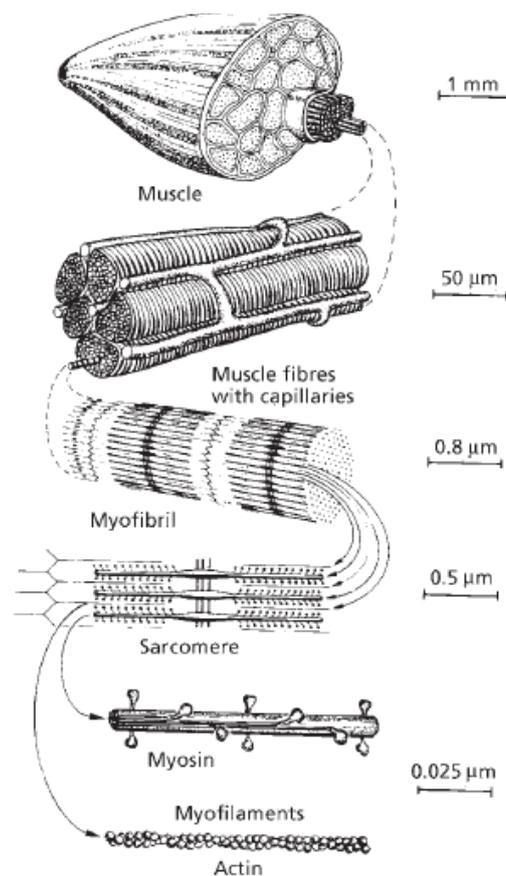


Figura 4 - Diagrama representativo da estrutura do músculo-esquelético de Prampero 1985 (Komi.,pag.50., 2003)

As fibras contêm no seu citoplasma toda uma série de organelos, embora relativamente à sua atividade contráctil, as miofibrilas são as que mais importância têm no seu desenvolvimento. Estas são estruturas fusiformes constituídas por filamentos de actina e miosina.

A unidade funcional da miofibrila é o sarcómero, que é constituído por filamento de actina e miosina. Estas ao deslizarem uma para a outra, desenvolvem a contração muscular (Brooks, 2005., p364).

A variação de velocidade de contração está relacionada com a velocidade que os filamentos de actina e miosina se ligam e desligam (Hills, 1922, Katz, 1972), citados por (Faro, 1995). As projeções que se encontram nos filamentos de miosina são chamadas de pontes cruzadas (**PC**) e são responsáveis pela contração muscular. Numa velocidade de contração ótima, as fibras lentas usam menos ATP por unidade de força gerada do que as rápidas, uma vez que estas têm de fazer mais ciclos de **PC** para obter o mesmo valor de tensão.

As diferenças de desempenho no que toca à produção de força podem ter várias explicações desde uma maior capacidade de enervação muscular e perfil bioquímico das fibras mais vantajosas para certo tipo de prática (maior percentagem de fibras do tipo rápido no caso do remate do futebol).

Como podemos observar na Figura 5, esta é a organização estrutural que dá ao músculo o seu aspeto estriado.

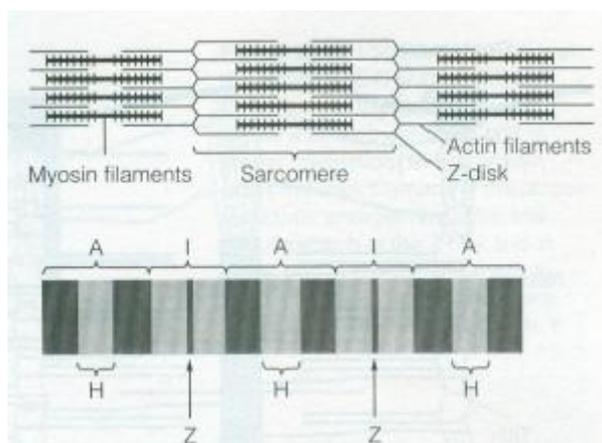


Figura 5 - Unidade funcional da miofibrila de Brooks, 2005 (Pala, 2006)

Quando as miofibrilas são ativadas desenvolvem tensão, estando dependente da sua área de seção transversal, tendo como estímulo necessário para se iniciar a contração muscular a entrada de cálcio no sarcoplasma, proveniente do retículo endoplasmático, no entanto é no momento após a libertação do cálcio para o citoplasma que a miosina e actina formam a ligação forte que é necessária para iniciar a contração muscular (Powers e Howley, 2004 citado por Pala., 2006)

Esta capacidade do músculo em gerar tensão pode ser avaliada através de três ações, sendo que com qualquer uma destas (isométrica, concêntrica e excêntrica), a força e a velocidade variam instantaneamente (Komi.,1979). A ação isométrica pode ser avaliada pela quantidade de tensão muscular a ser produzida contra uma resistência onde não se verifica alteração do movimento articular. Ou seja, não resulta numa alteração de comprimento para os músculos nem movimento esqueléticos (Perrin, 1993) citado por Faro (1995), isto é, ausência de velocidade. A ação concêntrica surge quando a tensão muscular provoca um torque maior que o torque das cargas, encurtando o músculo. A excêntrica ou negativa surge quando a tensão muscular provoca um torque menor que o torque das cargas, alongando o músculo, embora se mantenha a produzir força (Hall, 2012). O quadro 2 expõe como esta é aplicada tendo em conta a sua função e trabalho mecânico externo.

Quadro 2 - Classificação dos tipos de ações musculares para Komi . (Faro.,1995)

Ação	Função	Trabalho mecânico externo
Concêntrica	Aceleração	Positivo $w = f.(+d)$
Isométrica	Fixação	Zero
Excêntrica	Desaceleração	Negativo $w = f.(-d)$

No remate do futebol, os três tipos de ações mecânicas são realizados em simultâneo (Figura 6).

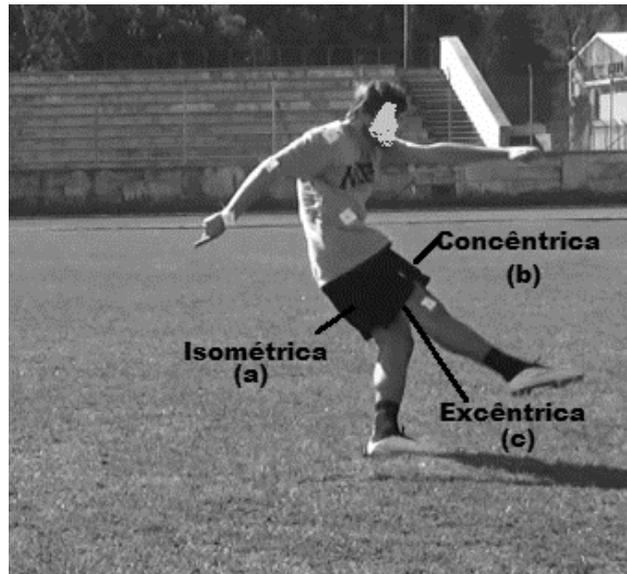


Figura 6 - Imagem representativa do tipo de ações envolvidas no remate do futebol

- (a) ação isométrica em relação à perna de apoio; (b) ação concêntrica nos extensores da coxa (c) ação excêntrica nos isquiotibiais.
- (b)

O comportamento mecânico das ações musculares pode ser explicado através das seguintes quatro curvas: curva tensão-comprimento, curva força-tempo, curva força-velocidade e da curva da potência.

2.3.2. Curva tensão-comprimento

A célula muscular possui uma capacidade única entre os tecidos biológicos, pela sua capacidade de contrair e gerar força. Esta relação tensão-comprimento do músculo demonstra a propriedade fisiológica do tecido muscular de modificar a capacidade de produzir tensão à medida que o seu comprimento varia (Gordon et al., 1966). Esta curva é a combinação de duas componentes, a contráctil (sarcómero) e a componente elástica (tecido conjuntivo). Relativamente ao nível do sarcómero, a tensão máxima é desenvolvida no seu comprimento de repouso, pois é a posição onde se sucede maior número de **PC** (Gordon et al 1966). A tensão muscular proporcionada por uma única fibra muscular está dependente da relação tensão-comprimento dos seus sarcómeros.

Na Figura 7, é ilustrada a tensão contráctil e o funcionamento do músculo em relação ao seu comprimento quando é gerado tensão.

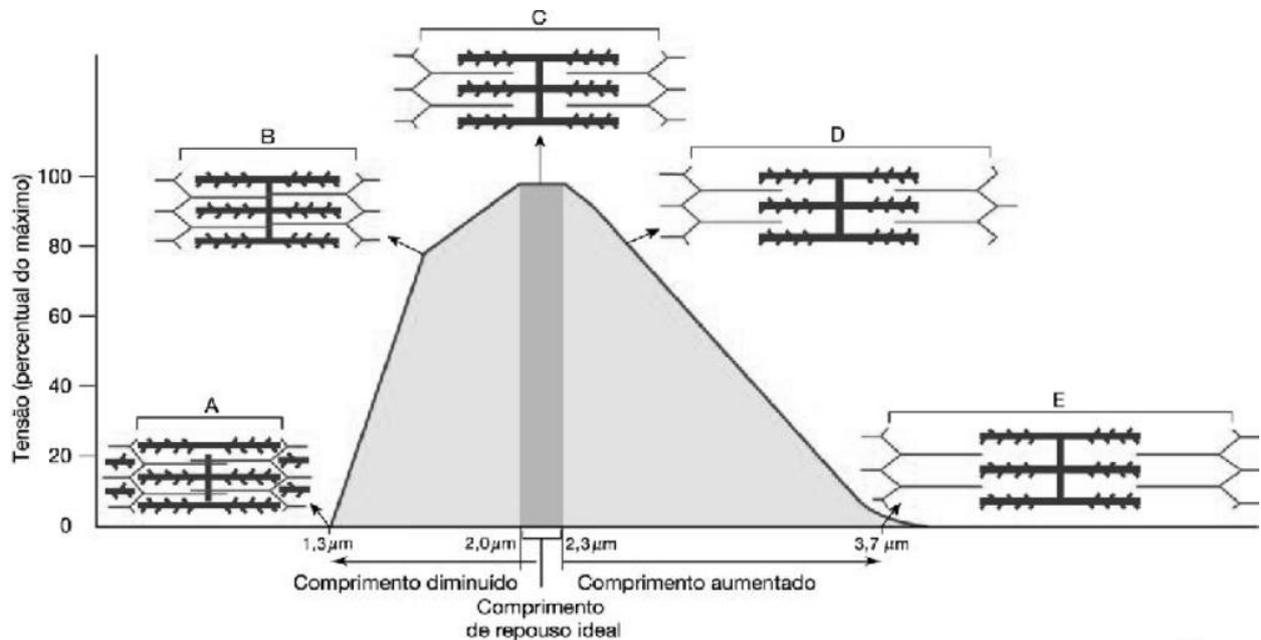


Figura 7 - Variação no tamanho do sarcômero. (Silverthorn., 2010)

Quando se fala do músculo no seu todo, em detrimento de uma fibra isolada, o comportamento do desenvolvimento da tensão é muito semelhante, embora apresente algumas modificações, como se pode verificar na Figura 8. Durante a fase descendente da curva força-comprimento muscular, ocorrem aumentos extremos de comprimento. No entanto, existe a soma de uma força extra que se deve aos componentes passivos, ou seja, àqueles componentes capazes de oferecer resistência mecânica ao alongamento sem gasto de energia metabólica (Gordon et al., 1966).

Sendo assim, a força muscular total é composta por força ativa e força passiva, conforme mostra a Figura 8, apresentada por Herzog (2009), citado por (Kranbauer e Castro., 2013) e adaptada do esquema original proposto por Gordon et al., (1966).

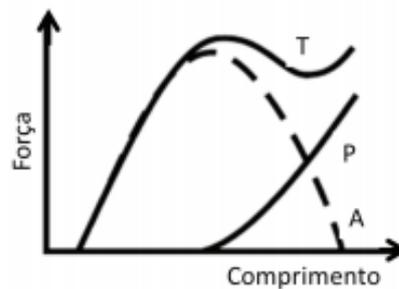


Figura 8 - Relação força- comprimento de um músculo isolado segundo Herzog, (2009)
 t) Força total; (a) Força ativa; p) força passiva. (Kranbauer e Castro., 2013)

A figura anterior representa a tensão total em um músculo estirado. Esta é a soma da tensão ativa que vem a ser fornecida pelas fibras musculares e a tensão passiva fornecida pelos tendões e membranas musculares (Hall, S, 2012).

2.3.3. Curva força-tempo

Ao avaliar a força em protocolos isométricos pode-se verificar uma relação entre a força produzida e o tempo até atingir esta força máxima. Segundo Hakkinen e Komi (1985) a força evolui no tempo até atingir a sua maior magnitude. Neste sentido, podemos dizer que há uma relação entre força e tempo que poderá ser traduzida numa curva (Figura 9), demonstrando esta mesma relação entre a força manifestada e o tempo necessário para a atingir (Häkkinen e Komi, 1985).

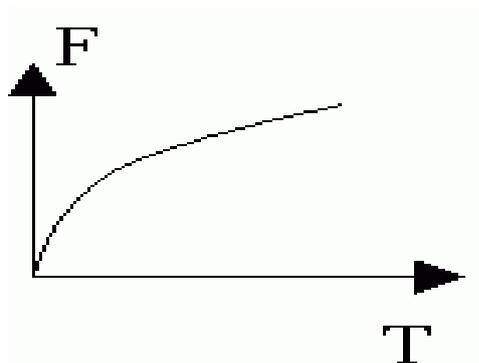


Figura 9 - Curva força-tempo (Häkkinen e Komi, 1985)

Do mesmo modo, para Badillo e Ayesteran (2001) citado por (Pala., 2006), a força de um desportista pode ser definida como a máxima tensão manifestada pelo músculo num determinado tempo, sendo esta força útil, ou seja, esta dependência do tempo para a produção de força torna-se mais um fator limitador da *performance*. Assim

sendo, pretende-se que o atleta produza força no menor tempo possível, procurando sempre que a curva força-tempo se desloque para a esquerda e para cima.

A curva de força- tempo quando se desloca para a esquerda significa que é capaz de produzir a mesma força em menor tempo (Carvalho, 2006). Logo que a força seja condicionada pelo fator tempo, entramos numa fase em que é obrigatório falar de velocidade. É assumido então que qualquer alteração na curva força-tempo irá refletir-se na curva força-velocidade e vice-versa.

2.3.4. Curva força-velocidade

Analisando a curva da força-velocidade (**c.fv**) numa ação concêntrica, verificamos que existe uma relação inversa entre a força aplicada e a velocidade. Uma deslocação rápida só existe com uma carga leve e caso aconteça uma superação de uma resistência mais elevada poderá implicar uma velocidade de execução mais baixa, dificultando uma otimização nas técnicas desportivas.

Este estudo da força-velocidade começou com os trabalhos de A.V.Hill (1922,1924, 1938) onde este propôs uma aproximação matemática, para descrever a forma como a força e a velocidade se relacionam (Hill., 1970). O mesmo autor estabelece a 1ª equação que representa a relação **c.fv** através de uma curva em forma de uma hipérbole em que quanto maior for a velocidade de execução de um movimento, menor será a força aplicada. O mesmo acontece quando aplicado inversamente, ou seja, quando força aplicada é maior, menor será a velocidade. (Badillo e Ayestaràn, 2001). Assim a deslocação rápida é apenas possível com resistências leves, pois quando há uma superação de uma carga mais elevada, ocorre um prejuízo na velocidade de execução do movimento.

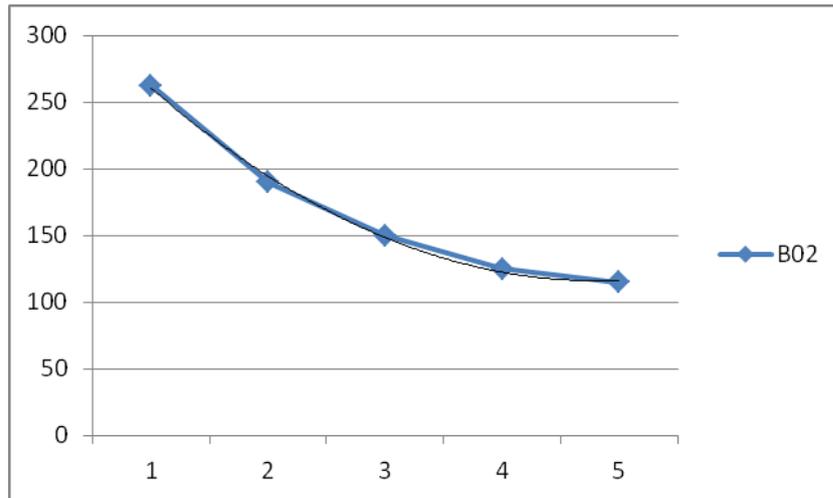


Figura 10 - Curva força-velocidade

Esta curva apresenta diferenças quando trabalha concentricamente e excêntrica, como se pode verificar na figura 11. Quando esta se encontra concêntrica, a força produzida aumenta e a velocidade diminui, mas quando se encontra em fase excêntrica o mesmo não sucede, ocorrendo um aumento ou manutenção da força (Abbot e Aubert.,1951) citado por (Faro, 1995). A forma da curva é influenciada pelo tipo de fibra, havendo diferenças entre estas, verificando-se que as lentas apresentam uma curva mais côncava, o que implica uma produção de força reduzida. Esta relação de força- velocidade é também consistente com o mecanismo molecular da contração de **PC**, ou seja, o ponto máximo da velocidade atingido na curva corresponde à velocidade máxima no ciclo das **PC** (Edman,1922) citado por (Faro, 1995).

Na figura 11 podemos constatar que à medida que a carga aumenta progressivamente a velocidade de ação concêntrica, diminui para 0 e à medida que aumenta ainda mais, o músculo vai-se prologando excêntrica.

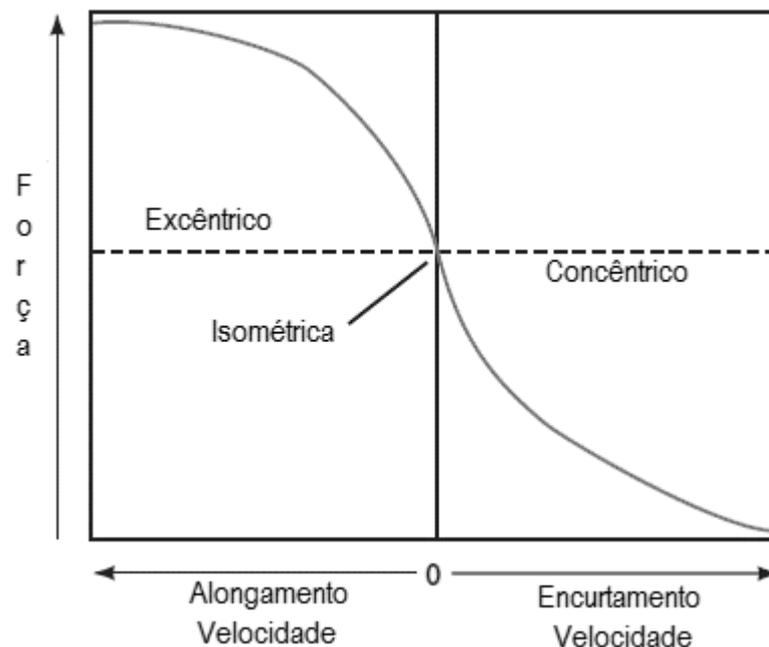


Figura 11 - Curva força-velocidade em ação concêntrica e excêntrica (Halls,S pag164, 2012)

2.3.5. Curva da potência

A potência é o produto da força muscular e da velocidade de ação (figura 12). Este desenvolvimento da potência é de grande importância no futebol, onde nesta modalidade são exigidos níveis elevados de força e velocidade.

A partir da Curva força-velocidade pode-se determinar a potência muscular em atividade. Com isto, o pico de potência desejável ocorre quando o músculo contrai a mais ou menos 30% da força máxima e velocidade máxima (Zajac, 1989).

Da mesma forma, Carvalho et al (2006), afirmam que a maior potência e velocidade de contração só são possíveis perante resistências ligeiras, nem quando realizamos exercício com grandes resistências e velocidades baixas. Só perante cargas e velocidades médias é possível observar ao maior valor de potência.

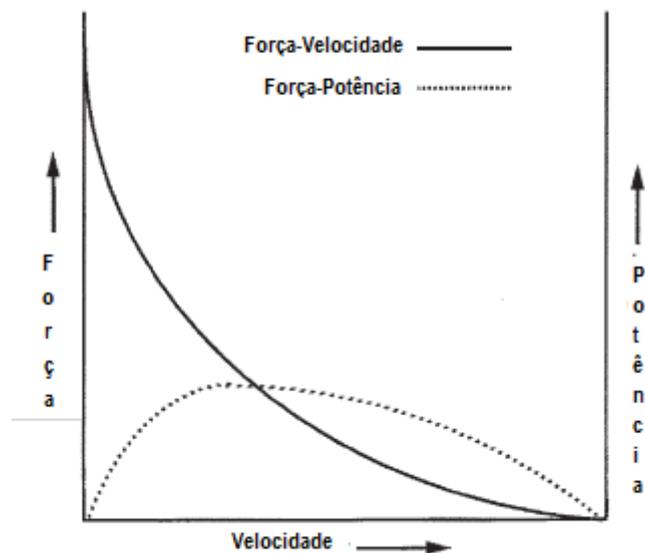


Figura 12 - Curva força-velocidade e potência (Halls,S pag 170, 2012)

A partir da análise das quatro curvas, especialmente a curva força-velocidade, verificamos que a força é específica da velocidade e que para cada valor de força existe uma velocidade. Neste sentido é importante determinar a velocidade angular no remate do futebol, mas também determinar a avaliação isocinética para determinar a velocidade em todos os momentos.

O efeito do treino pretende provocar uma alteração da $c.fv$, no sentido, de que esta se desloque para a direita, significando assim que perante a mesma carga observamos uma maior velocidade, ou então, para a mesma velocidade deslocamos mais peso.

2.3.6 - Contextualização da avaliação isocinética no futebol

Desde há muito tempo que a avaliação da força tem vindo a apresentar-se na ciência como essencial e importante para o processo de treino (encontrados 159 artigos no motor de busca PubMed; Palavra-chave, “Isokinetics and soccer” limitando a busca entre os anos 2000 a 2014), principalmente para determinar perfis de atletas, ajuda à prescrição de exercícios e para prevenção de lesões (Matveiev, 2001).

Durante um jogo de futebol, os músculos são solicitados a intervir de várias formas, através de ações técnicas como remate, passe, saltos, mudanças de direção. Portanto, a avaliação da força dos membros inferiores tem uma importância

fundamental nesta modalidade, uma vez que, os grupos musculares do quadríceps e dos isquiotibiais são de solicitação máxima (Aargaar, 1996), embora cada grupo muscular com funções distintas, os quadríceps como promotores do movimento, a atuarem sob forma concêntrica e excêntrica e os isquiotibiais com uma função estabilizadora.

Posto isto, a avaliação no dinamómetro isocinético revela-se pertinente devido à grande diferença desta para os outros tipos de avaliação de força, pois, o uso do dinamómetro permite avaliar uma velocidade angular fixa, contra uma resistência que automaticamente se adapta a qualquer força que a pessoa é capaz de produzir durante todo o arco de movimento, como é verificado na curva tensão- comprimento (Brown., 2000). Assim, torna-se necessário no desporto, uma vez que permite identificar, quantificar o desempenho e o equilíbrio musculares de atletas (Carvalho e Cabri., 2007).

Para Witvrouw et al., (2003), citado por (Zakba ., 2011) ocorrem cerca de 10-15 lesões a cada 1.000 horas de prática de futebol, sendo 68% a 88% na maioria das vezes nos membros inferiores e na sua maioria musculares.

2.3.7. Valores dos testes no dinamómetro

As diferentes posições no campo fazem com que os jogadores desempenhem no jogo diferentes números de ações. Neste sentido, estudos no isocinético realizados em atletas de futebol averiguaram que a sua posição desempenhada em campo, determina o torque máximo específico para cada atleta. Os que apresentam parâmetros de força elevados, são os guarda-redes e os defesas centrais face aos jogadores que jogam mais à frente no terreno, como médios e avançados. Estas diferenças parecem ser atribuídas a fatores genéticos que resultam em diferenças antropométricas nos atletas (Magalhães et al., 2004; Carvalho e Cabri., 2007). Estes últimos dados só se verificaram em valores de força onde a velocidade angular é baixa (60°/s e a 120°/s), pois quando estas aumentam a diferença entre posições no campo deixa de ser significativa (Togari et al., 1988).

Em relação ao nível destes, os atletas de elite apresentam um nível de produção de força maior do que atletas amadores, embora se verifique também um maior desequilíbrio entre agonista e antagonistas nestes atletas (Cometti et al., 2001).

Em média, o perfil de um atleta de futebol em extensão a um torque máximo a 60°/s, o valor é de 336,6 ±33,1 Nm enquanto para a flexão os valores são de 193,6 ±

25,3 Nm, isto em velocidades baixas. Nas velocidades altas, como a 240°/s, os valores de extensão foram $201 \pm 23,1$ Nm e para a flexão de $138,3 \pm 16,4$ Nm, (Zabka et al., 2011).

Segundo Fonseca et al (2007) num estudo realizado em 117 atletas profissionais brasileiros com uma média de idades de $24,67 \pm 4,06$, observou-se, que em velocidades a 60°/s, os resultados para o torque máximo foram de para os extensores de $358,13 \pm 49,56$ e para os flexores de $293,97 \pm 64,70$. Já para velocidades superiores, como 180°/s os valores foram de $234,94 \pm 25,90$ para os extensores e de $150,19 \pm 23,13$. Por fim, a 300°/s os resultados para os extensores foram de $180,96 \pm 31,19$ e de $134,30 \pm 23,79$ para os flexores.

Na mesma linha, Weber et al (2010) concluíram valores de força a 60°/s semelhantes ao último estudo, contudo, estes examinaram 27 atletas profissionais e dividiram os grupos por atacantes, médios e defesas. Os resultados para os extensores foram de $379,1 \pm 53,8$ para os atacantes, $353,0 \pm 49,8$ para os médios e de $403,0 \pm 72,3$ para os defesas. Para os flexores, os resultados seguindo a mesma ordem foram de, $248,8 \pm 32,5$, $218,0 \pm 48,6$ e de $259,7 \pm 28,2$.

Commeti et al (2001), verificaram valores mais baixos que o estudo anterior, apurando para velocidades baixas nos extensores, valores entre 200-250 Nm e nos flexores entre 140 e 160 Nm em velocidades mais altas entre os 140-175 Nm e para os flexores do joelho valores entre 100-120Nm.

Já Eniseler (2012), testou a velocidades diferentes, comparando a outros estudos, a 60 °/s, 300 °/s e a 500 °/s e os resultados para os extensores foram, 253.72 ± 42.16 Nm, 148.98 ± 19.73 Nm e 137.92 ± 17.18 Nm. Nos flexores do joelho os valores a 60 °/s foram 172.92 ± 69.84 Nm, a 300 °/s de 96.83 ± 14.17 Nm e por fim a 500 °/s, foi de 133.6 ± 20.96 Nm.

2.3.8. Diferenças bilaterais e uso da razão convencional

As diferenças bilaterais de força e a razão dos momentos máximos antagonistas/agonistas estão relacionadas com as exigências particulares de cada desporto, sendo de esperar que o padrão motor de uma determinada modalidade desportiva possa influenciar o perfil funcional dos atletas (Brown, 2000). Este desequilíbrio entre forças dos isquiotibiais e o quadricípite pode predispor à ocorrência

de lesões e resultar em problemas na *performance* (Aargaard et al.,1998; Croisser et al 2002)

Estudos de Aagaard et al., (1998) verificaram que a velocidades mais baixas e em condições isométricas, o rácio recomendado entre flexores/extensores do joelho é de 50-60%. Este rácio aumenta à medida que a velocidade angular aumenta e estes valores sobem para 80%-100% nas velocidades mais altas, entre 300°/s e 450°/s (Crossier et al., 2008; Brown,2000; Aagaard et al., 1998;).

Neste sentido, quando se fala de fibras musculares, temos de abordar os diferentes tipos de velocidade de contração. Os diferentes tipos de fibras apresentam velocidades de contração diferentes, isto é, a força desenvolvida numa ação isométrica máxima é independente do tipo de fibra estando relacionada com o diâmetro da sua área seccional. Já quando a velocidade vai aumentando, o músculo deixa de depender exclusivamente do número de fibras e passa a ganhar importância o tipo de fibra que é recrutada (Tabela 2).

Tabela 2 - Solicitação do tipo fibra em função da velocidade

Velocidade (V)	Produção de Força(F)	Tipo de Fibra
V=0 (Isometria)	F= número de fibras	Tipo de fibra lenta
V +	50 a 60% do numero total de fibras	Tipo de fibra rápidas
V++	80 a 90 % do numero total de fibras	Tipo de fibra rápidas

Um estudo de Zabka et al (2001) mostrou que a 60°/s o valor do rácio entre antagonista e agonista foi de $57,8 \pm 8,4$ e de $69,5 \pm 8,9$ a 240 °/s. Também no mesmo sentido, Weber et al (2010) verificam que os atletas tiveram um valor de rácio entre músculos perto dos valores normativos segundo a literatura, com valores próximos a 0,66 em velocidades a 60 °/s..

O uso deste cálculo de determinação do rácio entre quadricípite e isquiotibial como indicadora de desequilíbrios apresenta limitações, pois a contração concêntrica dos isquiotibiais simultânea à contração concêntrica do quadríceps é uma situação que não ocorre durante a execução de movimentos funcionais. No movimento total do remate, por exemplo, ocorre a contração concêntrica dos extensores do joelho (quadricípite) e excêntrica dos mesmos. Desta forma, a comparação dos torques

máximos durante os referidos tipos de contração, seria a mais indicada para a observação dos desequilíbrios na articulação do joelho em jogadores de futebol.

2.3.9 Estudos correlacionais entre variáveis cinemáticas e testes isocinéticos

Na literatura, poucos são os estudos que efetuam correlações entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos.

Narici et al (1988), encontraram uma relação nos testes isocinéticos a velocidade máxima da bola, no entanto esta relação só se verificou entre os valores dos ângulos dos torques máximos ($r=0.82$), não se verificando igualmente esta relação nos valores do torque máximo. Segundo o mesmo autor, o resultado pode ser explicado pelo fato da avaliação isocinética condicionar ou limitar um movimento que na sua realidade é natural. Mognoni et al (1994) no seu estudo, verificaram que o torque máximo não é um bom indicador da velocidade de saída de bola, pois, não verificou correlação significativa entre as duas variáveis.

Numa linha de resultados contrários, estão estudos de Asami e Togari (1968) citado por (Reilly e Williams., 2003) que obtiveram uma correlação significativa nos valores de força dos extensores do joelho com a velocidade da bola no remate do futebol.

Também DeProft et al (1988) concluíram um resultado semelhante ao anterior. Em dois momentos de avaliação diferentes, antes e depois de um programa de treino específico de força. Os valores da correlação entre a *performance* de remate e o teste concêntrico dos flexores da coxa foram de 0.60 antes do treino e 0.85 após o programa de treino, já a relação entre o desempenho de remate e o teste concêntrico dos extensores da coxa foi de 0,74 antes do programa de treino específico para 0.85. Existindo uma correlação alta entre um bom desempenho no remate com os testes isocinéticos.

CAPÍTULO III – Metodologia

Neste capítulo consta todo o quadro metodológico, considerando a *caracterização da amostra*, a *instrumentização*, os *procedimentos cinematográficos e isocinéticos* para a realização do estudo, as *variáveis do estudo* e o *tratamento estatístico*.

3.1. Caracterização da amostra

No presente estudo foram avaliados sete futebolistas do sexo masculino que competem atualmente na Divisão de Honra da Associação de Futebol de Coimbra. A amostra apresenta uma média de idades de $25,1 \pm 1,96$ e todos tinham pelo menos 14 anos de prática competitiva na modalidade. Na Tabela 3 são apresentados os dados demográficos (idade), antropométricos (peso e estatura) e as posições, que variaram entre guarda-redes e médios.

Tabela 3 - Dados antropométricos dos sujeitos

Sujeitos	Peso	Altura	Idade	Posições
B02	72,9	176,0	24,6	Médio defensivo
F03	68,7	173,7	26,9	Médio ofensivo
W04	83,9	175,4	26,6	Médio ofensivo
G05	68,1	173,0	22,1	Médio defensivo
J06	76,4	171,5	23,1	Guarda-Redes
P07	70,6	168,9	27,9	Médio ofensivo
Y08	76,0	182,3	24,5	Médio defensivo
Média e desvio-padrão	$73,80 \pm 5,12$	$174,22 \pm 4,56$	$25,1 \pm 1,97$	--

De salientar que nenhum dos sujeitos declarou ter tido alguma lesão/limitação nos últimos três meses, nem durante o período de recolha de dados. Os mesmos voluntariaram-se para fazer parte do estudo, tendo assinado um pedido de autorização por escrito (Anexo1). A escolha deste tipo de atletas e o seu número reduzido da

amostra prende-se com uma estabilização da mesma, limitando assim fatores que podem influenciar a análise isocinética e cinemática, como o nível competitivo dos sujeitos.

3.2. Instrumentação

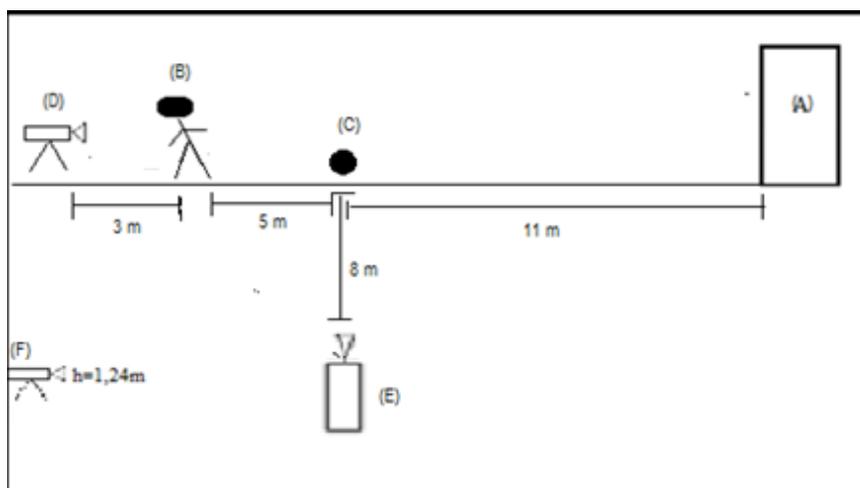
Para a análise cinemática e cinética do remate de futebol, o presente trabalho implicou a utilização de um conjunto de instrumentos que serão expostos de seguida.

3.2.1 Instrumentação na cinematografia

Para o registo das imagens foram utilizadas duas câmaras, uma de marca Sony HDR-6x330E e uma câmara de marca Ipad 2-16gb, Apple A5 Dual Core. Foram utilizados dois tripés (Hanna) e para a calibração do software foi utilizado a medida da perna de cada sujeito. A colocação das câmaras está demonstrada na figura 13.

Foi utilizada uma balança (Digital portátil Seca, modelo 770) para determinar o peso corporal dos atletas e um Estadiómetro (Portátil Harpenden, modelo 98.603) para a medição da altura.

A bola utilizada no estudo (Adidas EPP Glider) tinha uma circunferência de cerca 70 cm e pesava entre os 410 a 450 gramas, de forma a cumprir com as Leis estipuladas pela FIFA. Foram também utilizadas, uma baliza (7,32 x 2,44m) e uma fita métrica (Tylon 3Mx13mm) para marcar as distâncias entre as câmaras e o atleta e igualmente para delinear a distância de 11 metros entre a bola e o alvo. O calçado foi utilizado normalmente em competição.



Legenda: (A) baliza; (B) sujeito; (C) localização da bola; (D) câmara situada a três metros do sujeito; (E) câmara para captura do comportamento angular, tempos e velocidade de bola; (F) valor da altura do tripé.

Figura 13 - Disposição do equipamento cinematográfico necessário para o estudo

Para as marcações dos centros articulares, foi utilizado uma fita castanha tamanho (Mefix 5cm x 2.5m) e uma fita métrica (Profi, 150cm), para verificar as medidas do comprimento da coxa e da perna.

Para observação, registo e medição das variáveis biomecânicas do remate de futebol recorreu-se ao *software Kinovea* (Version 0.8.15). O Microsoft Office Excell 2010 para preparação análise, comparação e cálculos das variáveis a estudar.

3.2.2. Instrumentação da análise isocinética

Para a análise isocinética os sujeitos usaram um Cicloérgometro (Monark Ergomedic Peak 894E) para primeira fase do estudo, posteriormente, utilizou-se um dinamómetro isocinético como instrumento de avaliação para a determinação dos valores de força (Figura 14).



Figura 14 - Dinamómetro- Biodex Multijoint System 3 Pro 2

3.3. Procedimentos

3.3.1. Fase preparatória

Uma primeira fase do trabalho compreendeu a realização de dois estudos pilotos, tendo por objetivo a familiarização do avaliador no uso dos instrumentos da análise cinemática e dos testes no isocinético.

O primeiro estudo piloto foi realizado devido às dificuldades sentidas na recolha e seleção das imagens. Com isto, tentamos selecionar através de um teste de quatro câmaras, verificar qual a mais vantajosa para o trabalho (Anexo 2). Foi então selecionada, uma *Sony HDR-6x330E Handycam 9.2*, para câmara cálculo dos comportamentos angulares, temporais e velocidade de saída de bola. Para calcular a distância entre o pé de apoio e a bola optou-se por um Ipad2. A primeira câmara filma com um intervalo entre cada imagem entre três segundos e quatro imagens por segundo (Formula 2) e a segunda câmara filma a 25 imagens por segundo.

$$\frac{1s}{0,033} = 30 \text{ imagens por segundo}$$

Fórmula 1 - Cálculo do intervalo de tempo para determinar o número de imagens por segundo

Finalmente, um último estudo piloto foi realizado com um sujeito, praticante de futebol, onde o objetivo foi de familiarizar o avaliador com o dinamómetro. (Anexo 3).

3.3.2. Fase experimental do procedimento cinematográfico

A realização da análise cinematográfica foi realizada no Estádio Universitário de Coimbra no relvado natural e teve a duração de 2 horas

Os sujeitos foram novamente informados do tipo de estudo e familiarizados com o protocolo do estudo. Seguidamente, retiraram-se as medições antropométricas necessárias e assim procedeu-se à marcação dos respetivos centros articulares (Quadro 3), apenas no lado dominante do atleta, de modo a facilitar a posterior análise.

Quadro 3 - Referências anatómicas utilizadas para a colocação dos centros articulares para análise no software *Kinovea* (Pedro, R 2013)

Segmento Corporal	Referências anatómicas
Braço	Acrómio e Epicôndilo lateral cotovelo
Antebraço	Epicôndilo lateral cotovelo e processo estiloide punho
Tronco	Acrómio e grande trocânter
Coxa	Grande trocânter e côndilo lateral do fémur
Perna	Côndilo lateral do fémur e maléolo externo tibiotársica
Pé	Maléolo externo tibiotársica e V metatarso

O protocolo de aquecimento foi igual para todos os indivíduos, no qual constou um período de corrida durante cinco minutos, seguindo-se outros três minutos de alongamento dinâmico e por fim, dois minutos a simular o estudo.

Os sujeitos realizaram cinco remates, sendo o primeiro experimental, de ambientação e verificação do bom funcionamento das máquinas e para familiarização às vozes de comando (3,2,1, remata).

O remate foi realizado a uma distância de 11 metros do alvo, com a bola parada, na qual os participantes foram instruídos a realizar os remates aplicando a máxima velocidade à bola possível. No entanto a corrida de aproximação foi limitada a 5 metros.

3.3.3. Seleção das imagens do filme

Os sujeitos realizaram cinco remates onde, quatro destes remates foram avaliados, à exceção do primeiro. Foi selecionado e analisado o remate que apresentou maior valor de velocidade de saída da bola e que alcançou o alvo.

O corte do filme foi feito no momento em que os atletas tiram o pé do solo para iniciar a corrida de aproximação à bola e a última imagem corresponde ao ponto máximo de extensão da perna de remate que realiza após o contacto com a bola. Porém, os dados da corrida de aproximação só foram usados para a variável de tempo, para as outras variáveis foi discriminada a corrida de velocidade e começamos a avaliar o comportamento angular do remate a partir do momento em que o pé de remate sai do solo em direção à bola.

3.3.4. Definição das variáveis cinematográficas

Os parâmetros cinemáticos estudados para a análise do remate de futebol foram divididos em tempos, distâncias, velocidades angulares e velocidade da bola.

3.3.4.1. Tempos

-Tempo total do movimento de remate, (tempo decorrido entre o início da primeira fase, início da corrida de aproximação até ao momento em que a perna dominante realiza máxima extensão após o contato com a bola).

-Tempo entre a fase dois e a três (tempo decorrido entre o momento em que o pé de apoio contata o solo e contata a bola)

-Tempo entre a fase três e quatro (tempo decorrido entre o momento em que o pé contata a bola até realizar máxima extensão)

-Tempo de flexão e extensão da perna durante o remate

-Cálculo do tempo em que o sujeito contactou a bola.

3.3.4.2. Distâncias

A distância do pé de apoio em relação à bola no momento do contacto foi calculada a partir da distância entre o calcâneo e o ponto no meio da bola.

3.3.4.3. Deslocamento do centro de gravidade

O cálculo da localização do centro de gravidade (C.G) foi determinado apenas no momento em que o sujeito contactou a bola. Esta medição da trajetória do ponto de gravidade foi calculada a partir do eixo de coordenadas x e y do *software Kinovea* (Figura 15). O posterior cálculo foi efetuado no Microsoft Excell.



Figura 15 - Resultado do valor do centro de gravidade no momento do remate

3.3.4.4. Deslocamentos angulares

No quadro seguinte, são apresentados os ângulos calculados.

Quadro 4 - Seleção dos ângulos a calcular no software *Kinovea*

Ângulos relativos (°)	Ângulos absolutos (°)
Valores do ângulo relativo do joelho de remate	Valores do ângulo absoluto do tronco
Valores do ângulo relativo do cotovelo do lado da perna de remate	Valores do ângulo absoluto da coxa
Valores do ângulo relativo da cintura pélvica	Valores do ângulo absoluto da perna.

3.3.4.5. Velocidades angulares

Cálculo do comportamento da velocidade angular dos segmentos corporais (tronco, coxa e perna) e do centro articular (coxofemoral, joelho e tibiotársica) durante o remate.

3.3.4.6. Velocidade da bola

Através do software *Kinovea* e a partir de uma distância conhecida, calculou-se a velocidade de saída da bola, através do cálculo de duas imagens, a imagem antes do remate e a imagem após o sujeito contactar a bola. Foi medida a distância entre os dois intervalos de tempo, sendo depois aplicada a fórmula da velocidade. (Figura 16).



Figura 16 - Cálculo da distância no *software Kinovea* para retirar a velocidade de saída da bola

3.3.5. Fase experimental do procedimento isocinético

Procedeu-se à recolha dos dados no Laboratório da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física de Coimbra, tendo sido realizada durante quatro dias.

Foram medidas as forças concêntricas dos músculos quadricíptes e isquiotibiais apenas do membro dominante a partir de um dinamómetro isocinético (Biodex Multijoint System 3 Pro 2).

No dia dos testes, procedeu-se a uma nova verificação dos equipamentos e do funcionamento do *software*. De seguida, os sujeitos foram novamente informados de todos os procedimentos do estudo, desta vez sobre o funcionamento do dinamómetro e procedeu-se à primeira fase de preparação do sujeito, com extração de dados da massa corporal e altura.

Posteriormente, os sujeitos realizaram um aquecimento de 8 minutos no ciclo ergómetro (Monark), com uma resistência de 2% da massa corporal, a uma velocidade constante de 50 rpm (Brown, L.,2000). Seguiu-se um período de alongamento dinâmico, em detrimento do tradicional estático, pois, com este último tipo de alongamento há uma influência negativa na produção de força e potência, resultando num decréscimo da *performance* e conseqüente influência nos resultados dos testes (Aguilar et al., 2012). A ordem e escolha dos exercícios (cinco agachamentos e cinco “afundos” a uma perna) foram igualmente aplicados por todos os atletas em ambos os dias do estudo.

Para a realização desta prova foram aplicadas as três principais regras de posicionamento dos segmentos para provas isocinética. 1- Alinhamento do segmento corporal em prova com o braço do dinamómetro; 2- alinhamento do eixo anatómico do joelho com o eixo rotacional do dinamómetro; 3- fixação ao aparelho (uma tira colocada no abdómen, duas tiras no tronco cruzadas entre si, uma fixada no terço distal da coxa e outra colocada no terço distal da perna, cerca de 3 cm acima do maléolo interno) (Brown, L.,2000).

Foi pedido a todos os sujeitos que durante o teste os braços estivessem colocados de forma cruzada e fixa no peito, se possível segurando-se nas tiras de estabilização.

Os testes foram realizados em quatro dias e as velocidades foram introduzidas de forma intercalada, entre baixas e altas. (Tabela 4)

Tabela 4 - Datas e velocidades realizadas no estudo isocinético

Data/velocidades	Dia 1-	Dia 2 –
Velocidades	60°/s, 180°/s 300°/s	120°/s e 500°/s.

As provas foram de quatro repetições máximas, com um intervalo de 30 segundos entre cada velocidade, havendo sempre antes de cada teste um período de ambientação à velocidade.

Durante a realização dos testes foi dado o *feedback* verbal e visual. O visual através do monitor do dinamómetro isocinético, onde foi colocado numa posição visível para os sujeitos e o *feedback* verbal foi dado pela mesma pessoa em todas as velocidades e sujeitos.

3.3.5.1. Definição das variáveis isocinéticas

Relativamente ao uso do dinamómetro isocinético, os parâmetros a avaliar em estudo são: Torque Máximo (**TM**), o momento/ peso corporal, ângulo para o valor máximo e respetivas velocidades angulares e por último, o rácio entre agonista/antagonista.

3.3.5.2. Torque Máximo

O **TM** é definido como a força máxima que uma articulação desenvolve pela contração muscular de um segmento corporal ao longo de um determinado deslocamento angular, ou seja, representa o efeito de rotação de uma força em relação a um eixo articular. Expressa-se em N-m.

3.3.5.3. Torque máximo /peso corporal

Representa um rácio expresso em percentagem do torque máximo normalizado ao peso corporal de cada sujeito.

3.3.5.4. Ângulo para o valor máximo de força

Determina qual o valor angular do **TM** detetado e a velocidade a que foram desenvolvidas.

3.3.5.5. Rácio entre agonista/antagonista

Representa o rácio expresso em percentagem (%) entre flexores e extensores da coxa, sendo desenvolvido.

3.4. Análise estatística

O tratamento estatístico das variáveis do estudo foi efetuado através das ferramentas de análise de dados do Microsoft Office EXCELL 2007. Aqui foram calculadas as variáveis da estatística descritiva (média, erro padrão, mediana, desvio padrão, variância, intervalo, mínimo, máximo e a soma) (Anexo 4).

Em seguida, procedeu-se a uma análise de correlação utilizando o índice correlacional de Bravais-Pearson, para valores de $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.001$. Esta análise foi dividida em duas partes, uma primeira parte apenas tendo em conta as variáveis cinemáticas do remate do futebol, de modo a estabelecer uma classificação e uma segunda parte em que se relacionaram as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos.

Foi calculada uma regressão múltipla com as variáveis que apresentaram correlações mais altas com a variável velocidade de saída da bola e ainda foi feito um teste t-student para verificar se existiam diferenças significativas nos testes isocinéticos. Note-se que em todo o tratamento só foi aceite um $P \leq 0.05$.

CAPITULO IV- Apresentação e discussão das variáveis

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas variáveis cinemáticas do remate do futebol e dos testes isocinéticos do joelho. Relativamente às cinemáticas as variáveis calculadas foram: tempos, distâncias, posição do centro de gravidade, ângulos, deslocamentos angulares, velocidades angulares e velocidade de saída da bola. Nos testes isocinéticos as variáveis calculadas foram: o torque máximo, torque máximo/ peso corporal, valor do ângulo do torque máximo e o rácio entre músculos agonistas/antagonistas.

4.1. Resultados e discussão da análise cinemática do remate do futebol

4.1.1. Tempos

Os tempos descritos e analisados neste trabalho foram: tempo total do remate (**TempoTotal**), tempo da corrida de aproximação, desde o início do movimento até ao pé de apoio ficar fixo ao solo (**Tempofase1**), tempo até ao contacto do pé com a bola (**Tempofase2**), tempo da última fase do remate, ocorre desde o contacto do pé com a bola até ao ponto máximo do joelho (**Tempofase3**). O tempo de flexão e extensão do joelho, o de flexão decorre desde que o pé de apoio fica fixo ao solo até ao movimento de flexão máximo do joelho da perna remate, o tempo de extensão decorre desde o ponto máximo de flexão até ao contacto do pé com a bola e a percentagem do tempo em que ocorreu o contacto do pé com a bola.

A figura 17 ilustra os resultados das variáveis temporais, à exceção da percentagem do tempo total em que ocorreu o contacto com a bola.

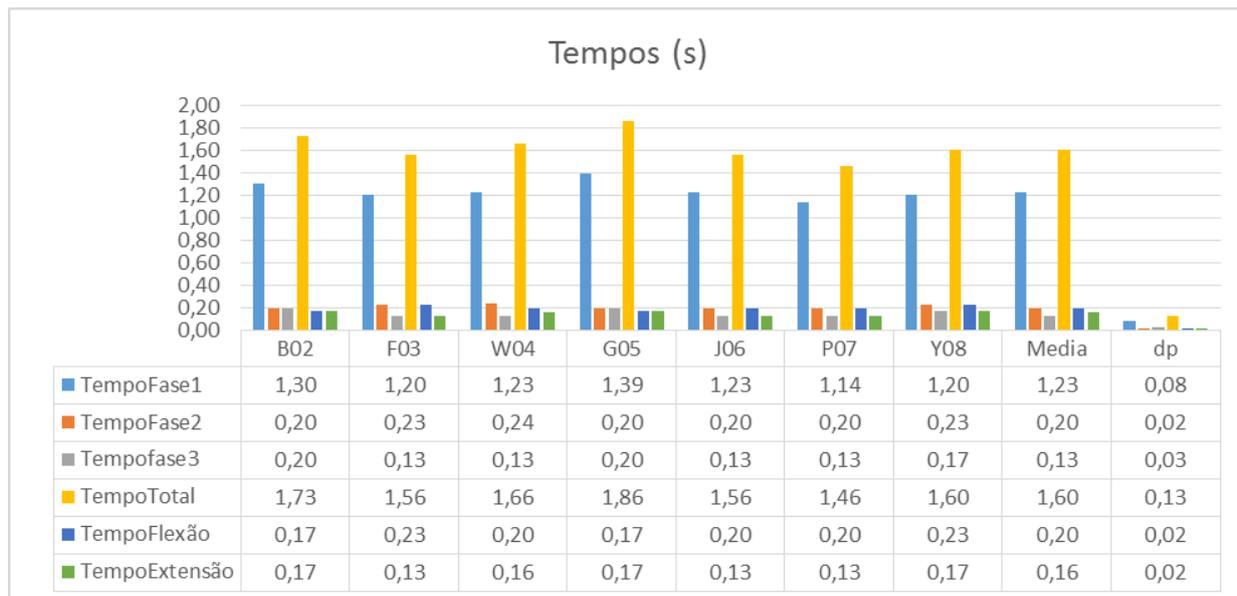


Figura 17 - Tempo de todas as fases do remate

Da análise da Figura 17, verifica-se que em média, o tempo total do remate durou $1.60s \pm 0.13$, sendo que a maior parte deste tempo é despendida na corrida de aproximação (**Tempofase1**), com uma média de $1.23s \pm 0.08$ do tempo total. O destaque vai para o sujeito “G05” que obteve o remate com maior tempo de execução, de 1.86s, onde 1.39s foram despendidos no **Tempofase1**. Por outro lado, o sujeito “P07” foi quem obteve o remate com um menor tempo total (1.46s) e com um **Tempofase1** de 1.14s. Em relação aos valores médios do tempo de extensão e flexão, estes situaram-se entre os $0.20s \pm 0.02$ enquanto o da flexão foi de $0.16s \pm 0.02$.

No nosso estudo a corrida de aproximação foi limitada a todos os sujeitos a cinco metros de distância como referido no capítulo anterior. Segundo a literatura, esta variável possui uma importância acrescida ao sucesso do remate de futebol. Santos et al., (2012) num estudo realizado em atletas de futsal com 14 anos de idade, verificaram que a velocidade da corrida de aproximação proporciona um aumento da velocidade da bola ($R = 0,167$; $B = 0,41$; $P < 0,04$).

Calculando a velocidade de corrida de aproximação, observamos valores médios de $4.33 \text{ m/s} \pm 0.54$. No entanto, não verificamos os mesmos resultados, como mostra o último estudo. Os resultados na correlação da velocidade da corrida de aproximação

com a velocidade de saída da bola não são significativos no nosso estudo. ($r=0.019$ $P<0.05$),

Foi calculada a percentagem do tempo total em que ocorreu o contacto do pé com a bola (Gráfico 1).

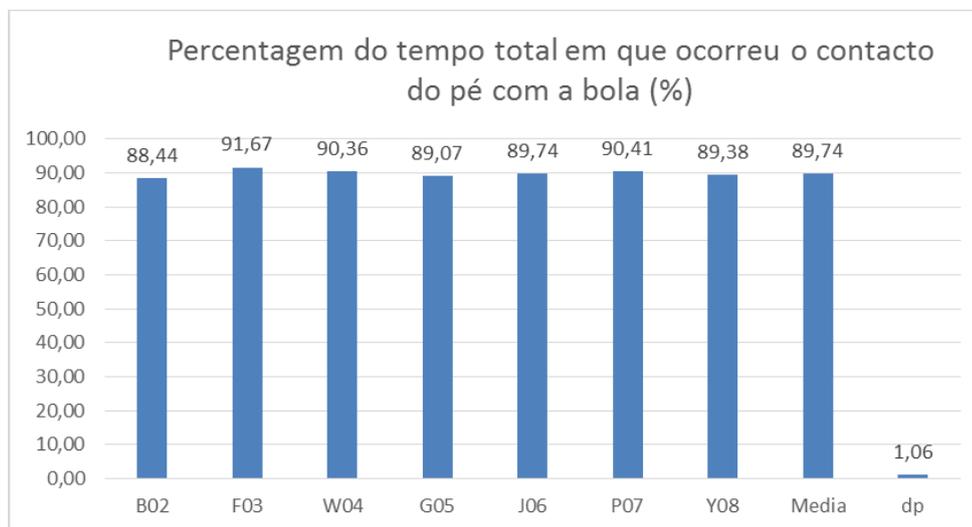


Gráfico 1 - Percentagem do tempo total em que ocorreu o contacto do pé com a bola

Analisando o Gráfico 1, averiguamos, que a percentagem do tempo de contacto do pé com a bola, acontece em média aos $89.74 \% \pm 1.06$ do tempo total do remate. Estes dados percentuais destacam o facto de que os sujeitos que contactam a bola mais tarde (F03, W04 e o P07) têm uma última fase do movimento mais curta e velocidades de saída mais baixos do que a restante amostra.

4.1.2. Distância do pé à bola

No presente trabalho final de mestrado, a distância analisada foi a do pé de apoio à bola no momento do contacto do pé com a bola. Este posicionamento do pé de apoio auxilia o direcionamento da bola com o alvo e na estabilização do movimento. O Gráfico 2 apresenta os valores da distância entre o pé de remate e a bola em todos os sujeitos.

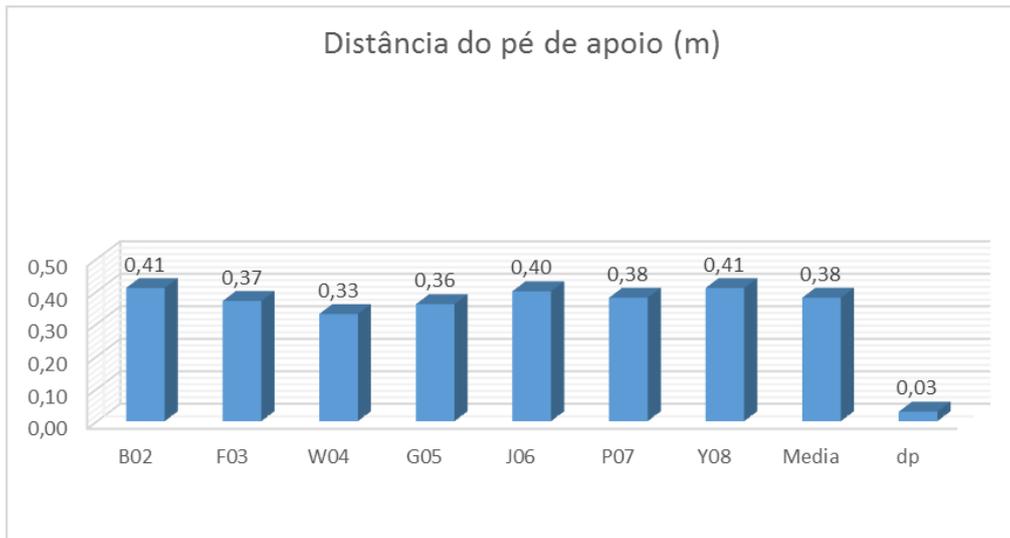


Gráfico 2 - Distância do pé de apoio em relação à bola

Na análise do Gráfico 2, percebe-se que houve três resultados acima de 0.40m inclusivo. A média do grupo situa-se nos 0.38m \pm 0.03. Podemos também afirmar que os três sujeitos que alcançaram os maiores valores da distância do pé de apoio, foram também aqueles que maior velocidade imprimiram à bola.

Numa investigação de Barbieri et al (2006) realizada em seis atletas de futsal foram observados valores de distância entre, o pé de apoio e a bola no momento do contato, de 43,08 cm \pm 11,72. Perante este resultado, verificamos que o valor médio alcançado no nosso estudo é ligeiramente inferior (0.38m \pm 0.03). Tal pode ter ocorrido devido ao fato das estaturas dos atletas serem diferentes, pelas diferenças de calçado e solo praticado no futsal e futebol.

A distância dos comprimentos dos membros pode estar influenciada nesta variável, uma vez que os atletas que verificaram valores mais baixos na nossa amostra (W04 e G05) são os mais baixos da amostra.

4.1.3. Posição do centro de gravidade

Esta variável foi determinada no momento em que o sujeito contactou a bola. A posição do C.G foi calculada a partir da localização do C.G de cada sujeito em pé e apresentada em valor percentual de altura do C.G, como podemos verificar no Gráfico 3.

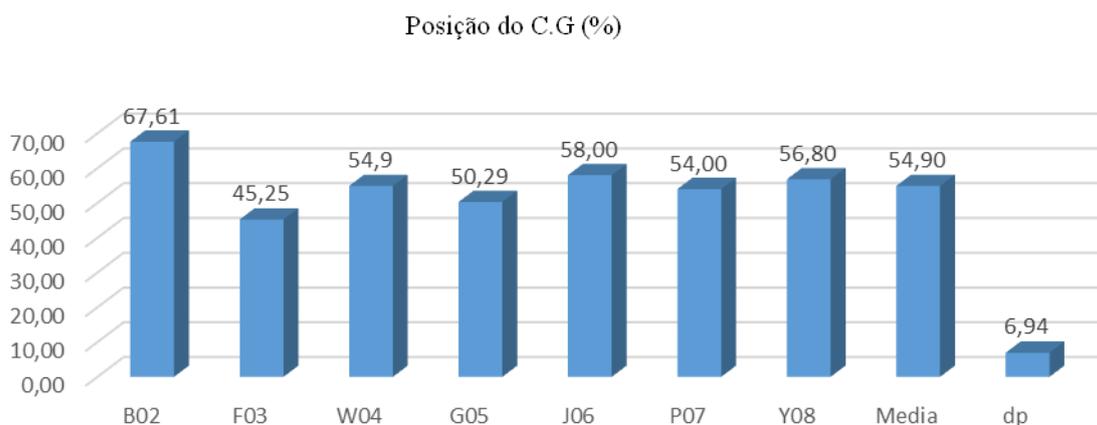


Gráfico 3 - Posição do centro de gravidade

Examinando o gráfico 3, percebe-se que a média situa-se nos 54.90 % \pm 6.94 da posição da localização do C.G, estando, quatro sujeitos da amostra acima do valor médio verificado (B02,W04, J06 e o Y08), correspondendo aos sujeitos que apresentaram velocidades de saída de bola mais alta.

Para Fraccaroli (1981) o equilíbrio é instável no momento de execução do remate e a relação do C.G tem uma grande importância no sucesso do remate, pois, ao projetar o centro de gravidade para trás, o contacto da bola será feito de baixo para cima, ou seja, a bola tende a subir, se o C.G for projetado para a frente, a bola tenderá a sair perto do solo. Segundo este mesmo autor, no momento da execução do gesto, o peso do corpo deverá ser transportado para a perna de apoio, procurando dar maior intensidade e equilíbrio do C.G.

4.1.4. Ângulos

Os comportamentos angulares descritos e analisados neste trabalho foram divididos em ângulos relativos e absolutos. Sendo os relativos, o ângulo da cintura pélvica (ANGCIT), cotovelo (ANGCOT) e ângulo do joelho (ANGJOE), enquanto os absolutos foram referentes aos segmentos da coxa (ANGCOX), do tronco (ANGTRO) e da perna (ANGPER).

Na figura 18, pode-se observar um exemplo do trabalho realizado num sujeito (B02). Este padrão de análise foi observado em todos os sujeitos da amostra.

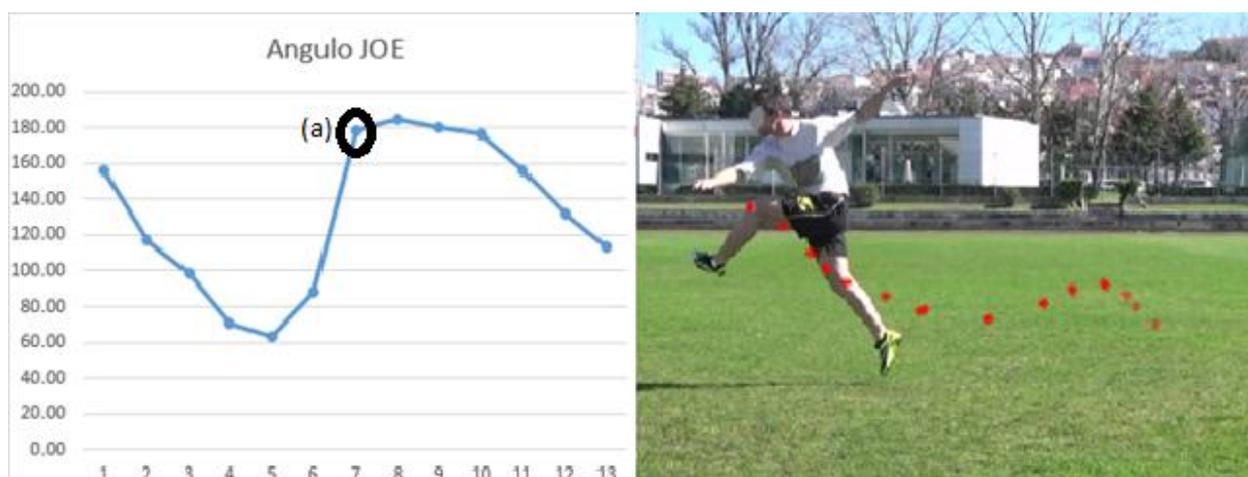


Figura 18 - Comportamento do ângulo do joelho e localização do remate. (a) simboliza o ponto de contacto do pé com a bola

A figura anterior (Fig. 18) do lado esquerdo mostra-nos um gráfico do comportamento angular do joelho e da localização do contacto do pé com bola. Já a do lado direito dá-nos a trajetória linear do joelho que nos ajuda a interpretar o gráfico do lado esquerdo. Estas curvas correspondem às curvas da flexão e extensão durante fase dois e três do remate de futebol. Esta análise permite-nos observar o comportamento angular no momento do contacto do pé com da bola.

Esta observação foi também realizada por todos os outros ângulos acima mencionados, como se poderá verificar na Tabela 5.

Observando a Tabela 5, é possível averiguar o comportamento angular de toda a amostra. No **ANGCOT** o valor médio situou-se nos $158^{\circ} \pm 9.34$, enquanto que no **ANGJOE** registou-se um valor médio mais alto ($172^{\circ} \pm 5.44$) e no **ANGCIT** foi obtido um valor médio de $156^{\circ} \pm 11.96$.

Tabela 5 - Comportamento dos ângulos no momento do contacto do pé à bola

	AngCOT	AngJOE	AngCINT	AngTRO	AngCOX	AngPER
B02	169	178	173	96	113	110
F03	160	171	162	99	130	111
W04	146	160	145	92	132	105
G05	159	173	146	96	134	106
J06	162	175	159	100	139	108
P07	143	172	141	97	133	112
Y08	168	176	171	107	131	108
Media	158	172	156	98	130	108
dp	9,34	5,44	11,96	4,32	7,55	2,38

Nos ângulos absolutos, os valores para o **ANGTRO** foram em média de $98^\circ \pm 4.32$, para o **ANGCOX** foi verificado um valor superior em relação ao último ($130^\circ \pm 7.55$) e para o **ANGPER** registou-se um valor médio de $108^\circ \pm 2.38$. O deslocamento angular foi calculado para o ângulo do joelho e da perna durante os movimentos de flexão e extensão do joelho.

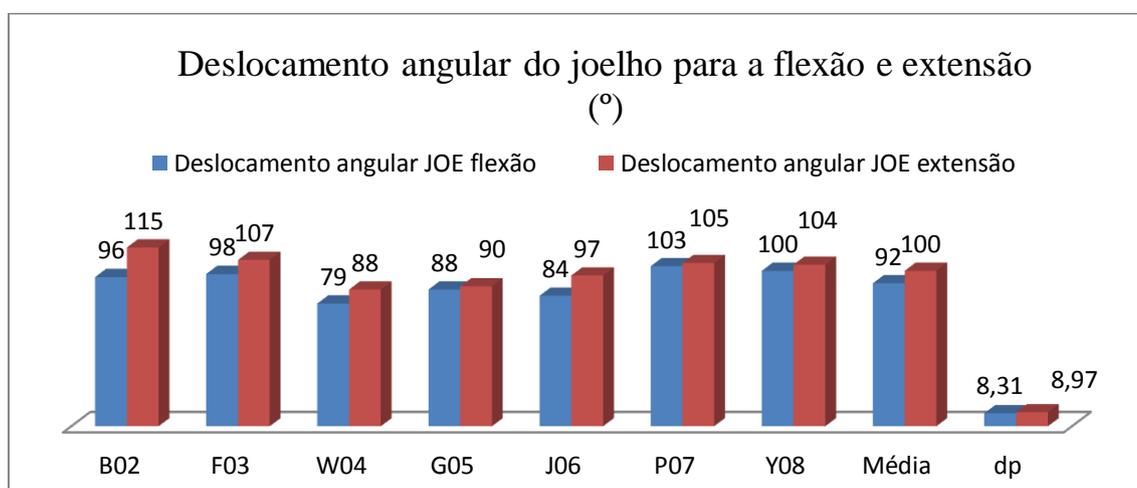


Gráfico 4 - Deslocamento angular do joelho para a flexão e extensão

Após análise do Gráfico 4, destaca-se o valor médio para o deslocamento angular do joelho para a flexão de $92^\circ \pm 8.31$ e para a extensão de $100^\circ \pm 8.97$.

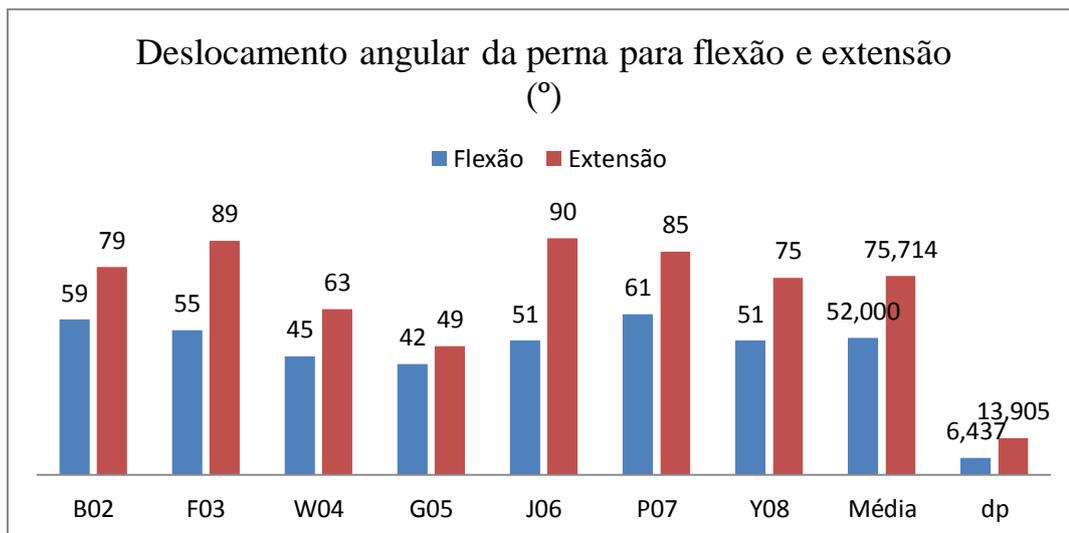


Gráfico 5 - Deslocamento angular da perna para a flexão e extensão

Da análise do gráfico 5, salientamos o valor médio do deslocamento angular da perna para a flexão de $52^{\circ} \pm 6.44$ e para a extensão de $75.71^{\circ} \pm 13.90$. Neste sentido, é possível verificar maior variação do deslocamento angular da perna durante a extensão do que na flexão.

4.1.5. Velocidade angulares

Os Gráficos 6 e 7 mostram as velocidades angulares nos ângulos absolutos e relativos de um sujeito da amostra (B02) durante o movimento.

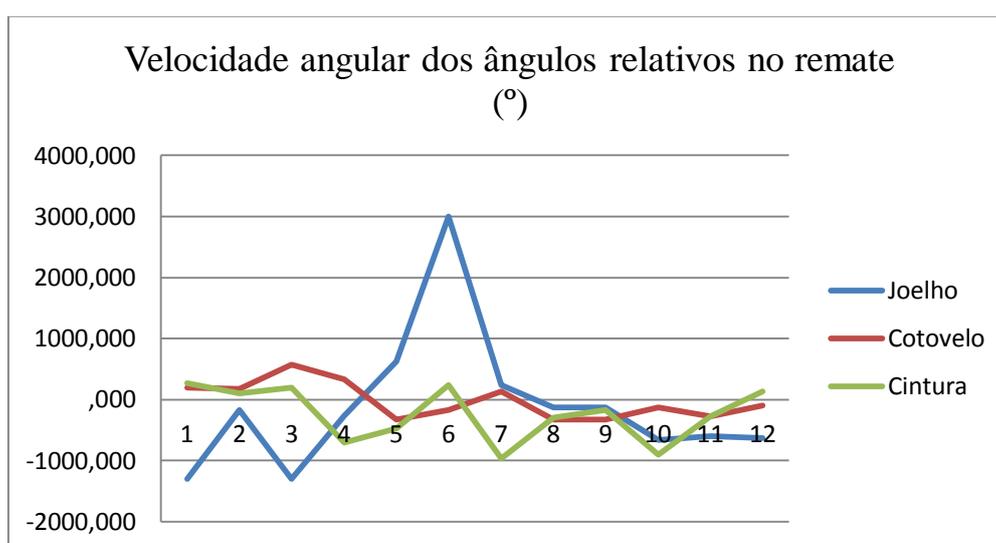


Gráfico 6 - Análise do comportamento angular dos ângulos relativos do sujeito B02

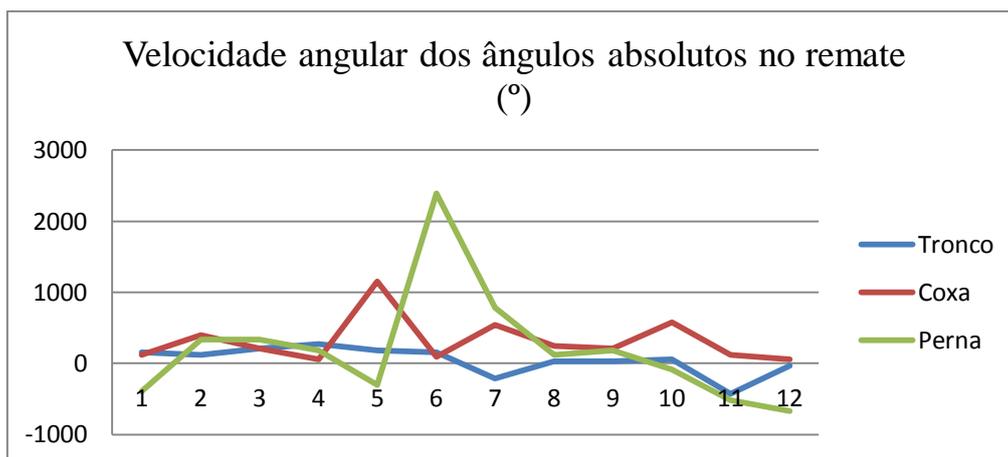


Gráfico 7 - Análise do comportamento angular dos ângulos absolutos do sujeito B02

Da observação dos dois gráficos anteriores (6 e 7) destacam-se o **ANGJOE** e o **ANGPER**, pela ocorrência do pico de velocidade que acontece no momento antes do impacto do pé com a bola. É possível verificar a existência de uma sequência dos picos de velocidade dos segmentos coxa-perna. O comportamento destes dois ângulos será analisado em detalhe.

De seguida, o gráfico 8 representa os valores médios da velocidade máxima do joelho em todos os sujeitos ($2523.81 \text{ }^\circ/\text{s} \pm 11.89$). Estes dados revelam que os três sujeitos com velocidades angulares superiores (B02, J06 e Y08) foram também aqueles que obtiveram valores superiores na velocidade de saída de bola. Já os resultados verificados no gráfico 9, para a média da velocidade máxima angular da perna foram de 2294.37 ± 421.36 .

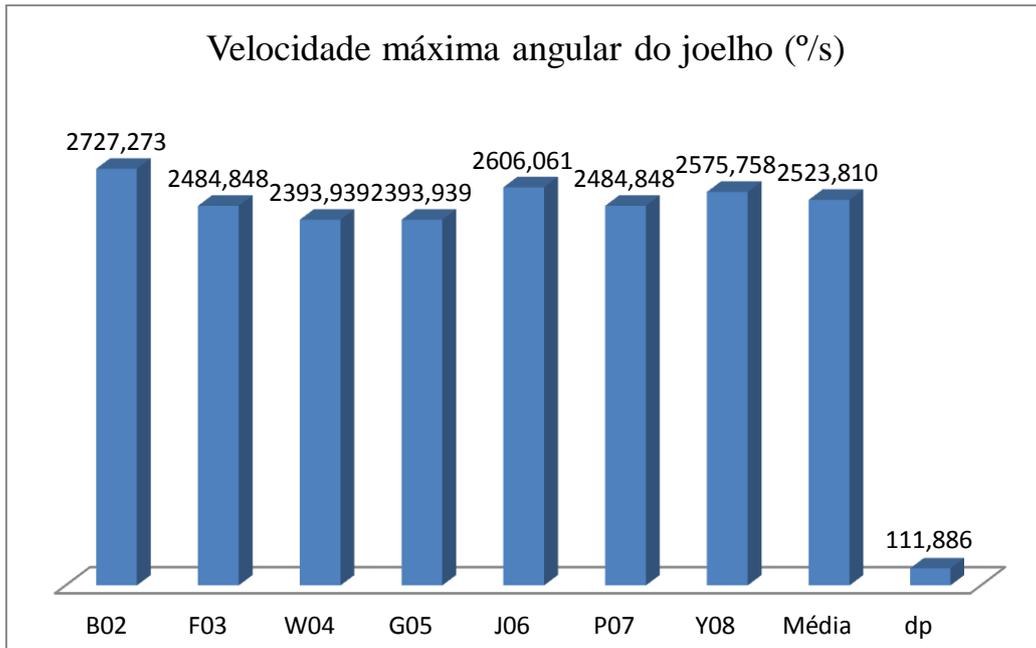


Gráfico 8 - Velocidade máxima angular do joelho

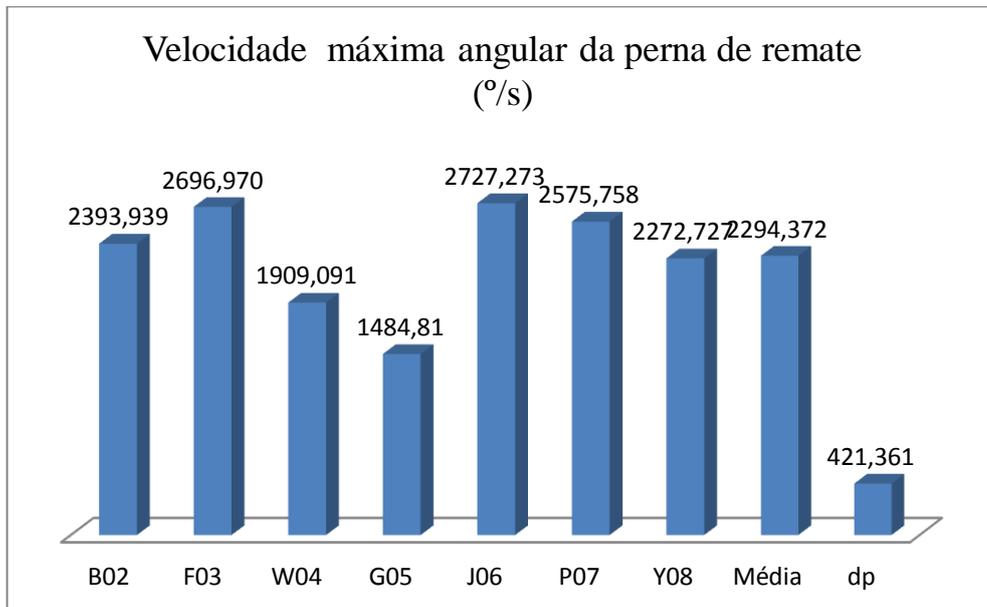


Gráfico 9 - Velocidade máxima angular da perna

Segundo a literatura estudada, o nosso resultado apresenta valores acima dos observados por Kellis e Katis (2007) quando da realização de uma revisão bibliográfica. (1206 °/s a 1874 °/s)

O valor verificado no nosso estudo apresenta-se superior, quando comparado a estudos com uma amostra em que se diferencia pelo nível competitivo (amador e profissional). Num estudo de Kellis et al (2006) observaram-se valores médios de 1220 %s \pm 332. Também Rodano e Tavana (1993) estudaram atletas treinados e obtiveram valores médios de 1206 %s \pm 218. Na mesma linha de estudos, Lees and Nolan. (2002) e Barfield et al. (2002) testaram atletas treinados e verificaram um valor médio de 1364 %s \pm 80 e de 1134 %s \pm 257 correspondentemente.

Os resultados apresentados no nosso trabalho foram superiores, quando comparado à literatura. Isto pode ser explicado pelo facto das câmaras utilizadas no estudo (30 imagens por segundo e 25 imagens por segundo), apresentarem um intervalo de tempo entre imagens de 0.033 segundo. Concluindo, a velocidade de saída da bola depende da velocidade atingida pela perna e pelo joelho ao momento em que o pé contata a bola (Asami e Nolte., 1983).

4.1.5. Velocidade de saída da bola

No remate do futebol um dos indicadores de sucesso é a velocidade de saída da bola (Manolopoulos et al., 2006), sendo umas das variáveis que pode servir para classificar o gesto.

No gráfico 9 são apresentados os valores alcançados da velocidade de saída da bola no início da sua trajetória aérea.

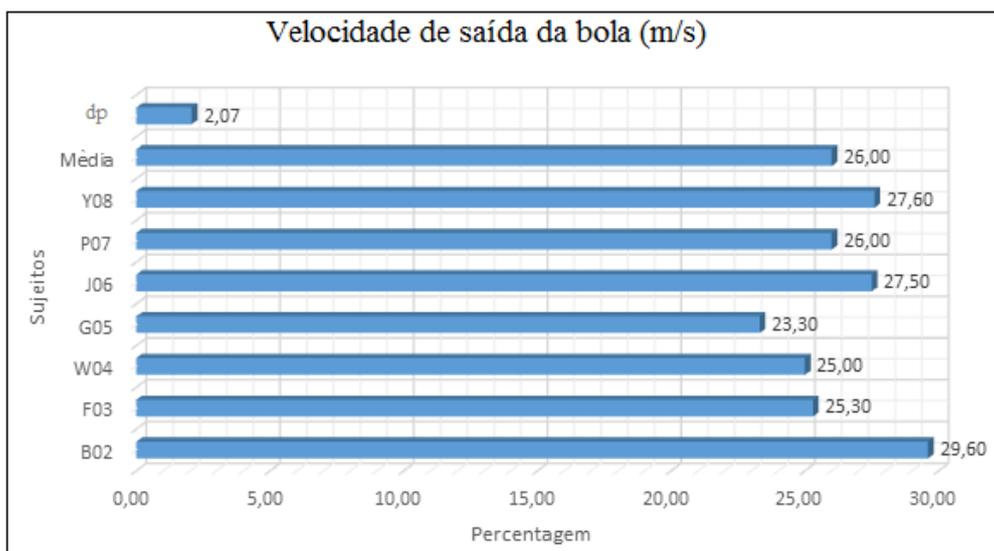


Gráfico 10 - Velocidade de saída da bola

Observando o Gráfico 10, verificamos que a velocidade de saída média foi de 26 m/s \pm 2.07. O valor mais alto registado foi de 29.60 m/s enquanto o mais baixo foi de 23.30 m/s.

Segundo a revisão de literatura analisada, apenas num estudo de Dorge et al., (2002) foi possível verificar um valor superior do nosso estudo em comparação à literatura (24.7 m/s \pm 2.5). Enquanto estudos de Asami e Nolte (1983), verificamos um valor inferior do nosso estudo (29.9 m/s \pm 2.9). Igualmente comparando a estudos de Levanon e Dapena (1998) e Lee and Nolan (2002), observamos valores de 28.6 m/s \pm 2.2 para o primeiro e de 28.4 m/s para o segundo estudo, ambos são superiores aos obtidos no nosso trabalho.

Os nossos resultados foram inferiores a estudos realizados em atletas profissionais. Estas diferenças entre os valores nos estudos que observamos com os nossos, pode ter ocorrido devido ao diferente nível competitivo das amostras. Segundo Manolopoulos et al., (2006), o diferente tipo de treino tem uma relação significativa com o aumento da velocidade de saída de bola.

4.2. Apresentação e discussão dos resultados dos testes isocinéticos do joelho

4.2.1. Torque máximo

Foram efetuados testes isocinéticos no joelho às velocidades 60 %/s, 120 %/s, 180 %/s, 300, %/s e a 500 %/s nos movimentos de flexão e extensão do joelho (Figura 19)

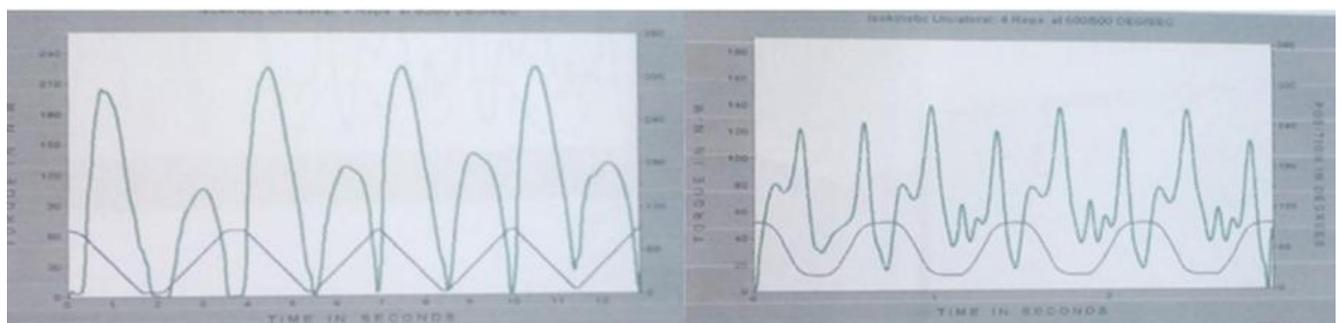


Figura 19 - Curva no teste isocinético da extensão e flexão a 60%/s (à esquerda) 500%/s (à direita)

Tal como mostra a figura 19, à medida que o teste vai aumentando de velocidades, as curvas de flexão e extensão aproximam-se mais umas das outras. Isto é explicado pela influência do diâmetro da área seccional do músculo no desenvolvimento da força nas velocidades lentas. Esta influência vai diminuindo quando a velocidade do

teste vai aumentando, deixando de ser importante o número de fibra, mas sim o tipo de fibra recrutada, como já mencionado na revisão da literatura.

Os gráficos 11 e 12 mostram o torque máximo de um teste concêntrico em extensão e flexão nas diferentes velocidades. O gráfico 11 apresenta o valor do torque máximo, durante a extensão em todas as velocidades por todos os sujeitos da amostra. O valor médio do torque máximo para a velocidade de 60°/s foi de 227.5 Nm ± 29.63, para 120°/s foi de 173.9 Nm ± 21.26, para a velocidade de 180°/s o valor médio foi de 150.9 Nm ± 14.72, para 300°/s o valor foi de 110.4 Nm ± 19.00 e por fim na velocidade dos 500°/s, o valor foi de 127.3 Nm ± 23.30.

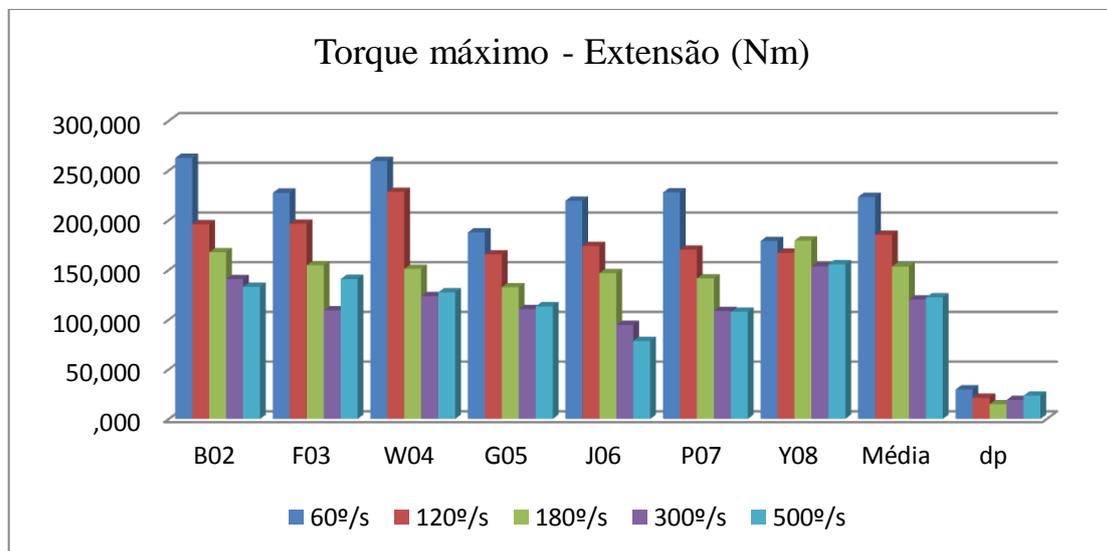


Gráfico 11 - Valor do pico torque em todas as velocidades- Extensão

Da análise do gráfico 11, percebe-se que na ordem dos 60°/s aos 500°/s existe uma tendência do valor do torque máximo em extensão ir diminuindo ao longo dos testes. Como se pode verificar na figura 20, com a c.f.v de dois sujeitos (B02 e P07), estando de acordo com a curva clássica da curva concêntrica de Hill. Contudo, esta ordem é alterada dos 300°/s para os 500°/s em muitos sujeitos, afetando a média, onde o valor da velocidade a 500°/s é superior.

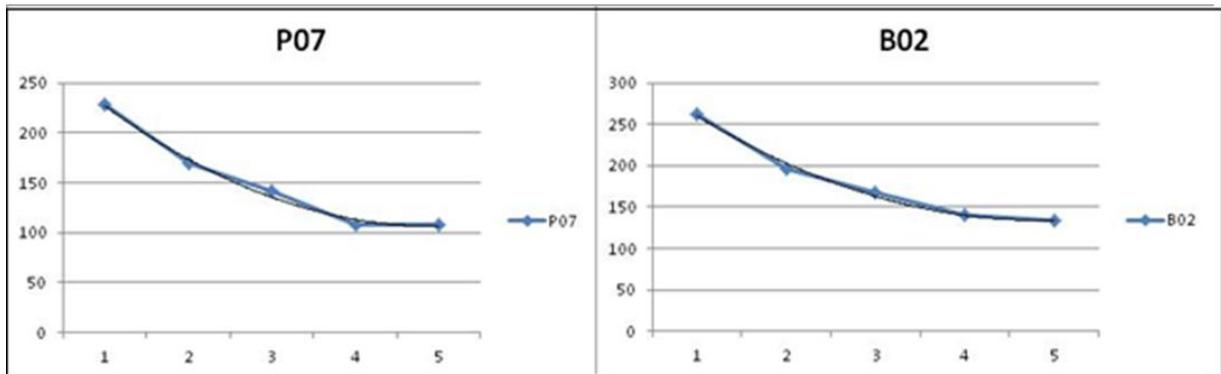


Figura 20 - Cfv para extensão em dois sujeitos (B02 e P07)

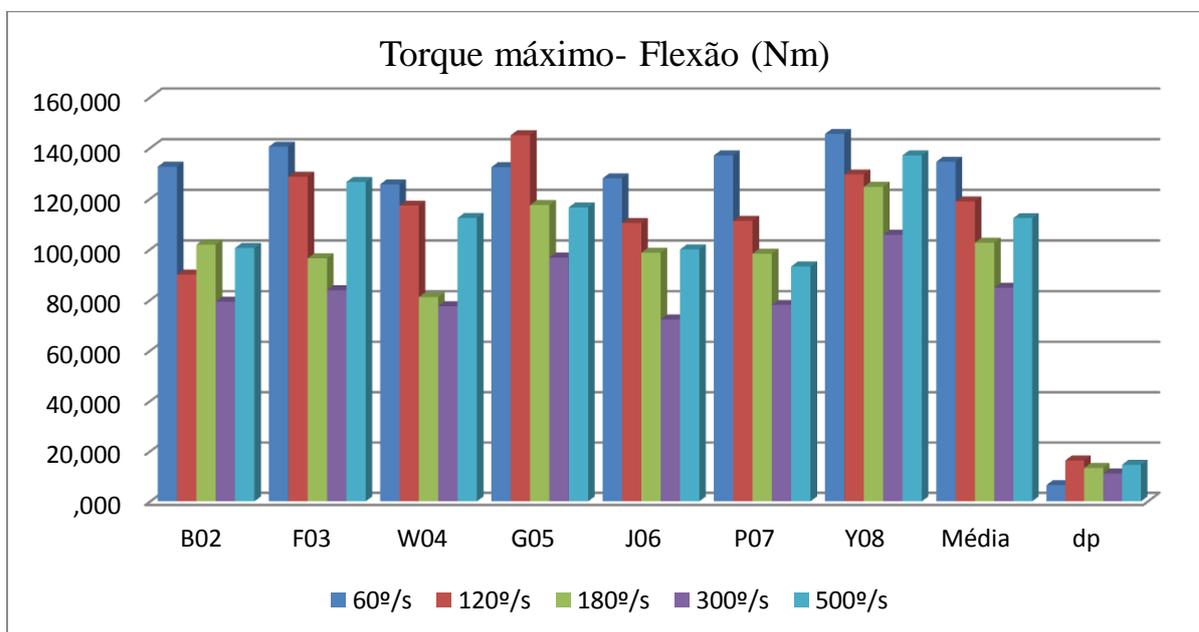


Gráfico 12 - Valor do torque máximo em todas as velocidades - Flexão

Analisando o Gráfico 12, verifica-se que o valor médio do pico torque para a velocidade de 60 %/s foi de 132.6 Nm \pm 6.46, para 120 %/s foi de 117.2 Nm \pm 16.29, para a velocidade de 180 %/s o valor médio foi de 98.6 Nm \pm 14.72, para 300 %/s o valor foi de 79.3 Nm \pm 11.11 e por fim na velocidade dos 500 %/s, o valor foi de 112.3 Nm \pm 14.30. À semelhança dos resultados observados no torque máximo da extensão, nos valores de flexão houve uma alteração da ordem normal dos resultados dos testes isocinéticos (Figura 21). O erro foi consistente em todos os sujeitos e de acordo com a curva força-velocidade de Hill (1922) este resultado não é fisiologicamente possível. Asssume-me

que estes dados podem ser explicados por um problema do equipamento que por vezes descalibra em velocidades mais altas ou pela ordem dos testes nos dois dias.

Aceita-se que os dados para a velocidade de 500°/s não estão corretos e a partir desta análise estes resultados irão ser excluídos do estudo.

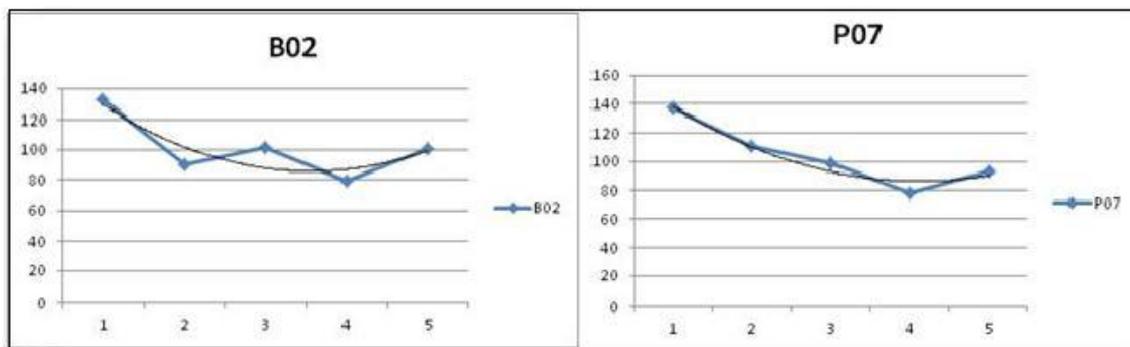


Figura 21 - Cfv para a flexão em dois sujeitos (B02 e P07)

Comparando os nossos dados com a revisão bibliográfica, verificamos que os resultados alcançados no nosso estudo foram inferiores ao que a literatura apresentou.

Num estudo de Fonseca et al (2007) realizado em 117 atletas profissionais brasileiros com uma média de idades de $24,67 \pm 4,06$ anos, estes concluíram que a velocidades de 60 °/s, os resultados para o torque máximo foram de $358,13 \text{ Nm} \pm 49,56$ para os extensores e para os flexores de $293,97 \text{ Nm} \pm 64,70$, a velocidades de 180°/s os resultados foram de $234,94 \text{ Nm} \pm 25,90$ para os extensores e de $150,19 \text{ Nm} \pm 23,13$ para flexores. Para velocidades de 300 °/s os resultados para os extensores foram de $180,96 \text{ Nm} \pm 31,19$ e de $134,30 \text{ Nm} \pm 23,79$ para os flexores.

Também para Weber et al (2010), a velocidades de 60 °/s os resultados foram semelhantes ao último estudo. Este último avaliou 27 atletas profissionais e dividiu os grupos por avançados, médios e defesas. Os resultados para os extensores foram de $379,1 \text{ Nm} \pm 53,8$ para os atacantes, $353,0 \text{ Nm} \pm 49,8$ para os médios e de $403,0 \text{ Nm} \pm 72,3$ para os defesas. Para os flexores os resultados para os avançados foram de $248,8 \text{ Nm} \pm 32,5$, para os médios foram de $218,0 \text{ Nm} \pm 48,6$ e para os defesas foram de $259,7 \text{ Nm} \pm 28,2$.

Também num estudo de Zabka et al. (2011) realizado em atletas profissionais, o resultado a 60 %/s foi de $336,6 \text{ Nm} \pm 33,1$ para a flexão os valores foram de $193,6 \text{ Nm} \pm$

25,3, para velocidade de 240 %/s, os valores para a extensão foram de 201 Nm \pm 23,1 e 138,3 Nm \pm 16,4 para os flexores.

Já Eniseler (2012), num estudo realizado em atletas profissionais turcos observou resultados nas velocidades de 60 %/s de 253.72 Nm \pm 42.16 para os extensores e de 172.92 Nm \pm 69.84 para os flexores. A 300 %/s os valores para os extensores foram de 148.98 Nm \pm 19.73 e de 96.83 Nm \pm 14.17 para os flexores. Na velocidade de 500 %/s os resultados foram de 137.92 Nm \pm 17.18 para os extensores e para os flexores o resultado foi de 133.6 Nm \pm 20.96.

Neste último estudo, também foi verificada a lacuna detetada no nosso trabalho durante a velocidade de flexão a 500 %/s, onde obteve valores maiores do que a 300 %/s.

Os nossos resultados apresentam-se claramente inferiores, o que pode ser explicado devido ao nível competitivo, pois os atletas de elite apresentam um nível de produção de força maior do que atletas amadores (Cometti et al., 2001). Outra explicação para o facto de o nosso estudo estar abaixo da média perante os outros estudos pode dever-se ao facto de termos apenas um sujeito da amostra que desempenha a função de guarda-redes, sendo os restantes de posições mais avançadas no terreno de jogo, ou também, pelo fato da média de estatura da nossa amostra ser de 174.22 \pm 4.56. Como estudos no isocinético (Magalhães et al., 2004; Carvalho e Cabri., 2007) revelaram que a sua posição desempenhada em campo, determina o torque máximo específico para cada atletas e os que apresentam parâmetros de força elevados, são os guarda-redes e os defesas centrais face aos jogadores que jogam mais a frente no terreno como médios e avançados. Estas diferenças parecem ser atribuídas a fatores genéticos que resultam em diferenças antropométricas nos atletas.

Comparando a um estudo realizado por Martins (2011) em atletas amadores portugueses estamos em concordância. Apesar de este autor diferenciar defesas e avançados é possível verificar semelhanças nos resultados. Este constatou valores de torque máximo para a extensão a 60% de 236.1 Nm \pm 29.0 para os defesas e de 219 Nm \pm 34.5 para os avançados. Já na velocidade de 180%/s as semelhanças entre estudos mantiveram-se. (159.1 Nm \pm 23.0 para os defesas e de 154.3 Nm \pm 24.4 para os avançados).

4.2.2. Torque máximo / peso corporal

O torque máximo pode, também, ser expresso pela percentagem do peso corporal do indivíduo e pode ser um elemento diferenciador da eficiência mecânica, no âmbito de relacionar a massa corporal com a potência desenvolvida. O gráfico 13 mostra os resultados alcançados nesta variável.

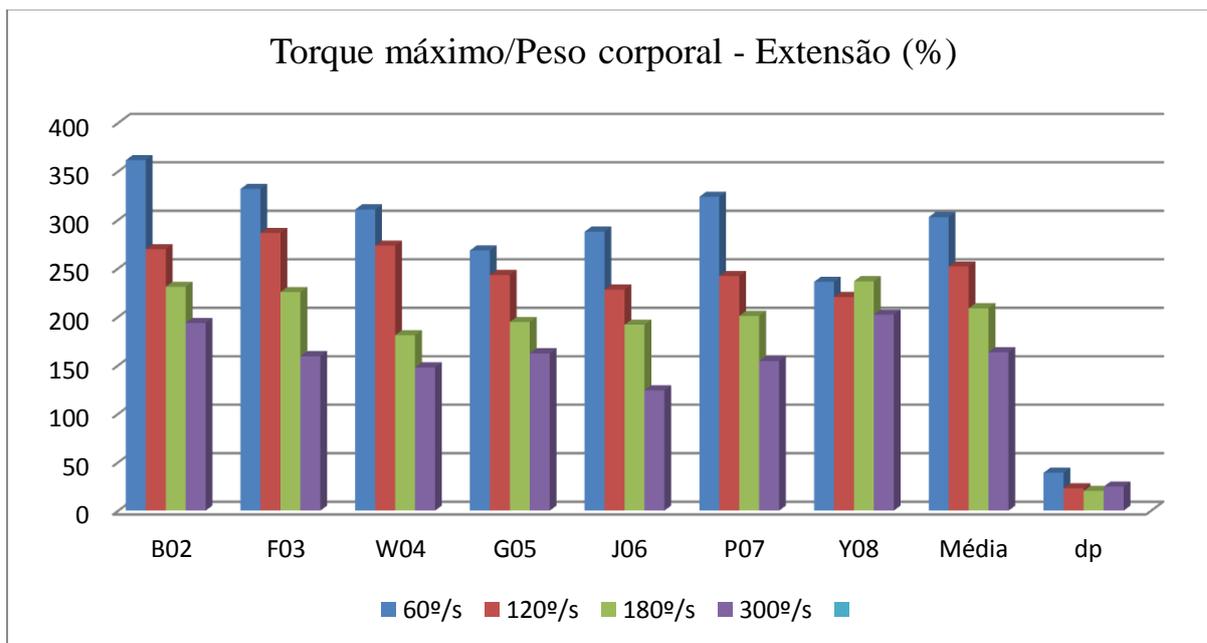


Gráfico 13 - Valor do torque máximo/ peso corporal em todas as velocidades – Extensão

Após análise do gráfico 13, é possível observar que os resultados médios para a velocidade a 60 °/s foi de 302.81 % ± 39.04, para 120 °/s de 251.79 % ± 23.02, para 180 °/s foi de 208.62 % ± 20.25 e para a velocidade a 300 °/s de 163.33 % ± 24.79.

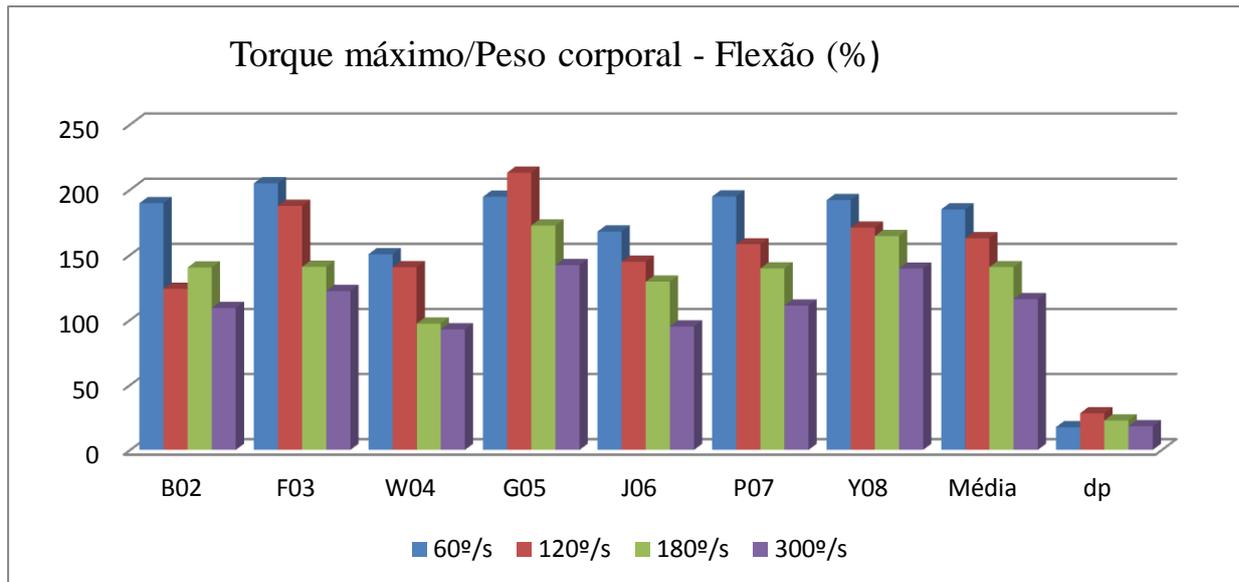


Gráfico 14 - Valor do torque máximo/ peso corporal em todas as velocidades – Flexão

Examinado o gráfico14, constata-se que os resultados médios para a velocidade a 60º/s foi de 184.81 % ± 17.49, para 120º/s de 162.61% ± 28.20, para 180º/s foi de 140.50% ± 22.66 e para a velocidade a 300 º/s de ± 115.89 % ± 18.22

Comparando os nossos resultados aos observados por Martins (2011), encontramos valores muito semelhantes, observando um torque máximo/peso corporal na velocidade de extensão a 60º/s de 323.3 Nm ± 28.9 para os defesas e de 316.2 Nm ± 39.3 para os avançados. Na velocidade a 180º/s a semelhança entre valores foi ligeiramente inferior com o estudo em causa verificar valores médios de 217.7 Nm ± 24.6 para os defesas e de 222.3 Nm ± 21.9 para os avançados.

Estes últimos dados justificam os anteriormente descritos. Em estudos isocinéticos o valor do torque máximo só por si, não é considerado um bom indicador quando necessário comparar dados. Uma explicação prende-se pela amostra do nosso estudo ser baixa estatura e de baixo peso corporal quando comparado a atletas de elite, com peso superior estavamos a discriminar um elemento importante para a análise da produção de força do músculo.

4.2.3. Valor do ângulo no torque máximo

O ângulo no torque máximo refere-se ao valor angular que corresponde ao pico do torque máximo. A Figura 22 apresenta os valores do ângulo no torque máximo durante a extensão e a Figura 23 durante a flexão.

O valor do ângulo durante a extensão em todas as velocidades não varia muito (Figura 22). Os valores médios foram para a velocidade de 60 °/s de $62.29^\circ \pm 3.28$, para 120°/s foi de $63.86^\circ \pm 4.82$, para 180 °/s, o valor foi de $57.14^\circ \pm 5.54$ e por último, na velocidade a 300 °/s o valor foi de $57.86^\circ \pm 5.77$.

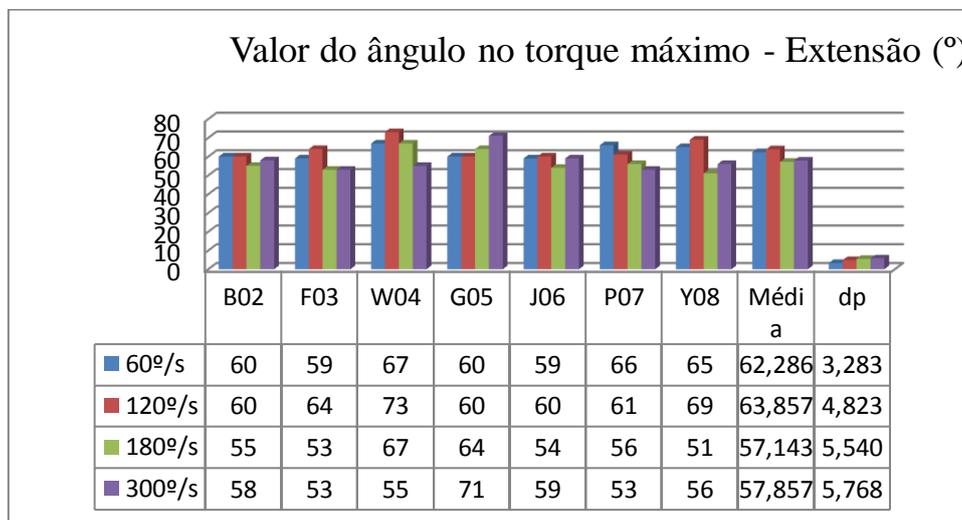


Figura 22 - Valor do ângulo no torque máximo em todas as velocidades – extensão

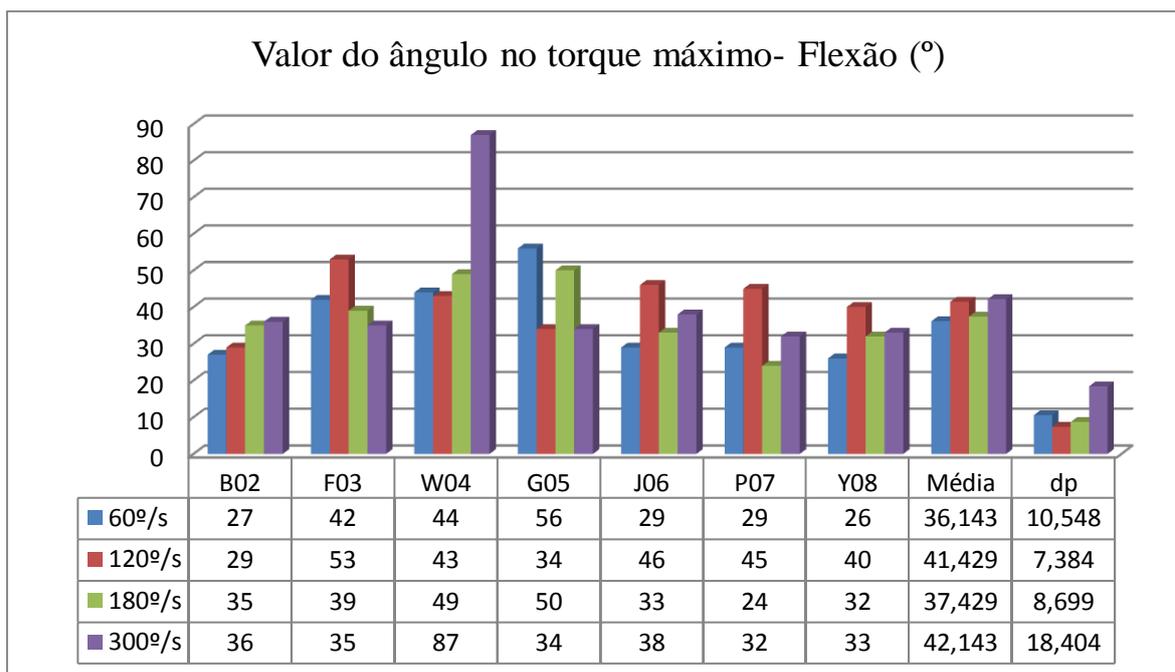


Figura 23 - Valor do ângulo no torque em todas as velocidades – flexão

Analisando a figura anterior, verificamos valores médios muito próximos. Contudo, existe um valor na velocidade de 300°/s por parte de um sujeito (W04) que está errado, apesar do aparelho isocinético o ter classificado com este valor.

Foi efetuado um teste de T-student entre estes valores de ângulos para averiguar se existiam diferenças significativas (Anexo 5), observando-se valores não significativos para um $P < 0.05$. Já realizando o mesmo teste estatístico para a análise dos valores de torque máximo em extensão encontrou-se valores significativos com $P < 0.05$.

4.2.4. Rácio entre agonista e antagonista

A relação entre agonista/antagonista é uma forma adequada para saber se existe proporção e conseqüentemente equilíbrio muscular neste caso nos músculos da coxa. A figura 24 mostra o valor do rácio entre agonista e antagonista nas velocidades definidas para o estudo.

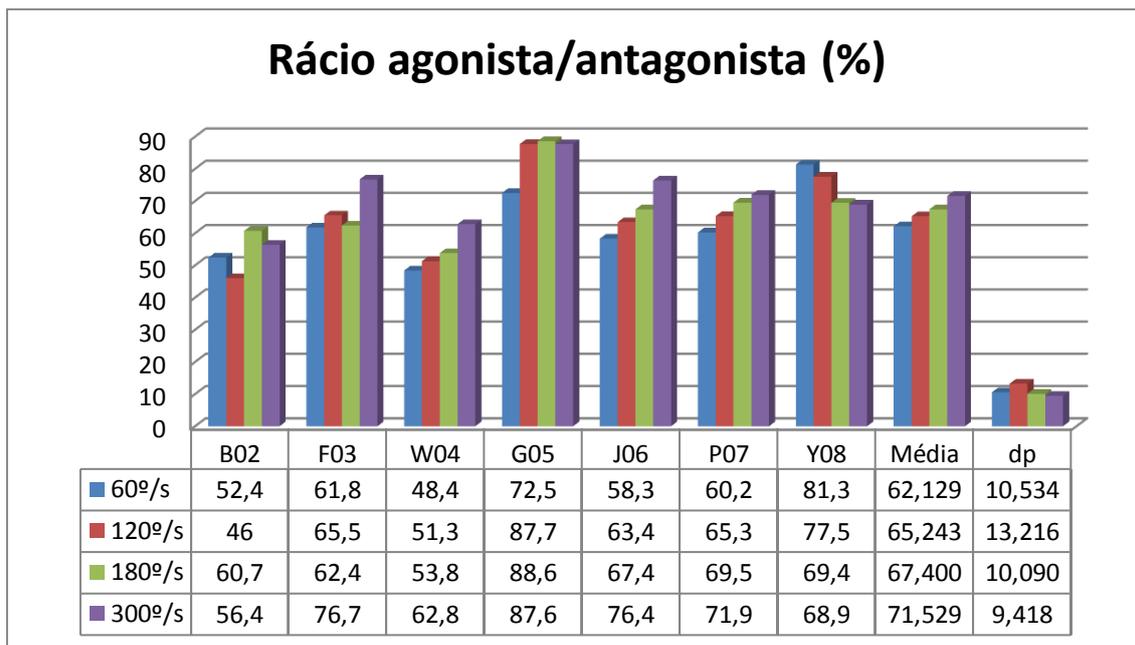


Figura 24 - Rácio entre agonista e antagonista em todas as velocidades

Na figura acima, é possível observar os valores médios de 62,13 % para a velocidade a 60 °/s, de 65,24 % para a velocidade a 120 °/s, de 67,40 % para a velocidade de 180 °/s e para a velocidade a 300 °/s o valor foi de 71,53 %.

Os nossos resultados encontram-se dentro dos valores normativos, nas velocidades baixas e altas. À medida que o teste vai aumentando de velocidades, o rácio também aumenta de acordo com a justificação dada na revisão de literatura. Estudos de Aagaard et al., (1998) verificam que em velocidades mais baixas e em condições isométricas o valor encontrado foi entre 50-60%. Em velocidades mais altas os valores sobem para 80%-100% (Brown., 2000; Aagaard et al., 1998).

Também Faro, A et al (1997) encontraram nas cinco velocidades testadas (60°/s, 180°/s, 300°/s, 400°/s e 500°/s) num estudo realizado em crianças e adultos, valores de rácio entre agonista/antagonista que também aumentavam consoante o incremento da velocidade, dentro dos resultados dos estudos anteriores.

Comparando a um estudo de Zabka et al (2001) em atletas profissionais averiguou-se que a 60°/s o valor do rácio entre antagonista e agonista foi de 57,8 % ± 8,4 e de 69,5 % ± 8,9 a 240 °/s. Também, Weber et al (2010) observaram valores próximos a 0,66 em velocidades a 60 °/s.

Num estudo realizado em atletas amadores (Martins, 2011) constata-se que os nossos valores são superiores nas duas velocidades tanto a 60°/s ($53.6 \% \pm 6.2$ para os defesas e $55.4 \% \pm 6.5$ para os avançados) como também na velocidade a 180°/s ($61.1 \% \pm 8.0$ para os defesas e de $61.9 \% \pm 5.1$ para os avançados).

O nosso estudo vai de encontro às conclusões observadas por Cometti et al., (2001) em que os atletas com maior valor de torque máximo, possuem um maior desequilíbrio entre o agonista/antagonista. Tal observa-se nos atletas B02 e W04, com valores de rácio de 52.4% para o primeiro e de 48.4 % para o segundo.

Este desequilíbrio entre forças dos isquiotibiais e o quadricípite pode predispor à ocorrência de lesões e resultar em problemas no desempenho do atleta em competição. (Aargaard et al.,1998; Croisser et al, 2002).

CAPÍTULO V- Classificação das variáveis cinemáticas do remate do futebol

No capítulo anterior foram apresentados e discutidos os resultados da análise cinemática do remate do futebol e dos testes isocinéticos. Neste, será efetuado um estudo correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos. Entendemos que este tipo de análise seja pertinente uma que vez que dos artigos consultados na revisão bibliográfica, apenas cinco (Narici et al. 1988, Asami e Togari., 1968, De Proft et al., 1988 e Kellis e Katis (2007) realizaram estudos correlacionais entre as mesmas variáveis.

Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira parte, a classificação das variáveis cinemáticas do remate do futebol através de um estudo correlacional, na segunda um estudo da relação das variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos.

A partir dos dados apresentados no capítulo anterior, foram calculadas três matrizes de correlação utilizando o índice de correlação de Bravais-Pearson e foram calculados três níveis de significância ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.01$; $P \leq 0.001$). Sendo a primeira a matriz entre as variáveis cinemáticas do remate de futebol (Anexo 6), a segunda matriz, das variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos do joelho (Anexo 7) e a última uma matriz de correlação entre as diferenças dos resultados dos testes isocinéticos nas várias velocidades de teste. (Anexo 8)

Num total de 210 correlações calculadas na matriz de correlação (Anexo 6) entre as variáveis cinemáticas no remate de futebol, verificamos que existem 38 correlações significativas, sendo, 19 correlações para um $P \leq 0.05$, 13 correlações para um $P \leq 0.01$ e seis correlações para um $P \leq 0.001$.

5.1.1 Velocidade de saída da bola

No remate do futebol a velocidade de saída da bola é considerada uma das variáveis que pode servir para classificar o gesto (Manolopoulos et al., 2006).

Um dos elementos de diferenciação do remate é a distância de partida da bola em relação à baliza (Lee e Nolan, 1998). Na maior parte dos remates, como os livres

diretos e penaltis, quanto maior for a velocidade de saída de bola, menor o tempo do guarda-redes em reagir, aumentando a probabilidade de almejar o objetivo do jogo, marcar golo.

A partir da matriz de correlação apresentada no Anexo 6, foi possível extrair uma tabela (Tabela 6) que representa os valores da relação da velocidade de saída de bola com as restantes, a fim de verificar quais as variáveis da análise cinemática do remate do futebol com maior significância.

Tabela 6 - Valores de correlação da velocidade de saída da bola com as variáveis cinemáticas do remate do futebol

	Velocidade de saída de bola	
	r	p
Tfase1	-0,23	
Tfase2	-0,20	
Tfase3	0,16	
T.total	-0,25	
tflexão	0,00	
textensão	0,08	
% Cont.Bola	-0,43	
% Pos. CG	0,83	**
Dist.Pé	0,81	**
AngCOT	0,55	
AngJOE	0,58	
AngCINT	0,76	*
AngTRO	0,35	
AngCOX	-0,59	
AngPER	-0,09	
VelMax JOE	0,96	***
Vel.Perna	0,58	
Des.Ang perna ext	0,70	*
Desl angjoe Ext	0,58	

Legenda		
r=0,66	P≤0,05	*
r=0,79	P≤0,01	**
r=0,89	P≤0,001	***

Observando a Tabela 6, verificamos que das 19 variáveis cinemáticas analisadas, cinco apresentam resultados significativos com a velocidade de saída de bola.

A variável, Velocidade máxima do joelho (Velmaxjoe) apresentou o valor mais alto de significância. ($P \leq 0.001$ $r = 0.96$). A Percentagem da posição do CG (% Pos. C.G) e distância do pé de apoio à bola (Dist. Pé) verificaram valores de significância de $P \leq 0.01$, $r = 0.83$ e $r = 0.81$ respectivamente.

As outras duas variáveis que apresentaram valores de correção altos ($P \leq 0.05$) foram: o ângulo da cintura pélvica (AngCINT) ($r = 0.76$) e o deslocamento angular do joelho durante a extensão (Desl.angjoe.ext) ($r = 0.70$).

A Figura 25 apresenta um diagrama das variáveis cinemáticas do remate de futebol classificadas a partir do valor de correlação com a variável velocidade de saída de bola.

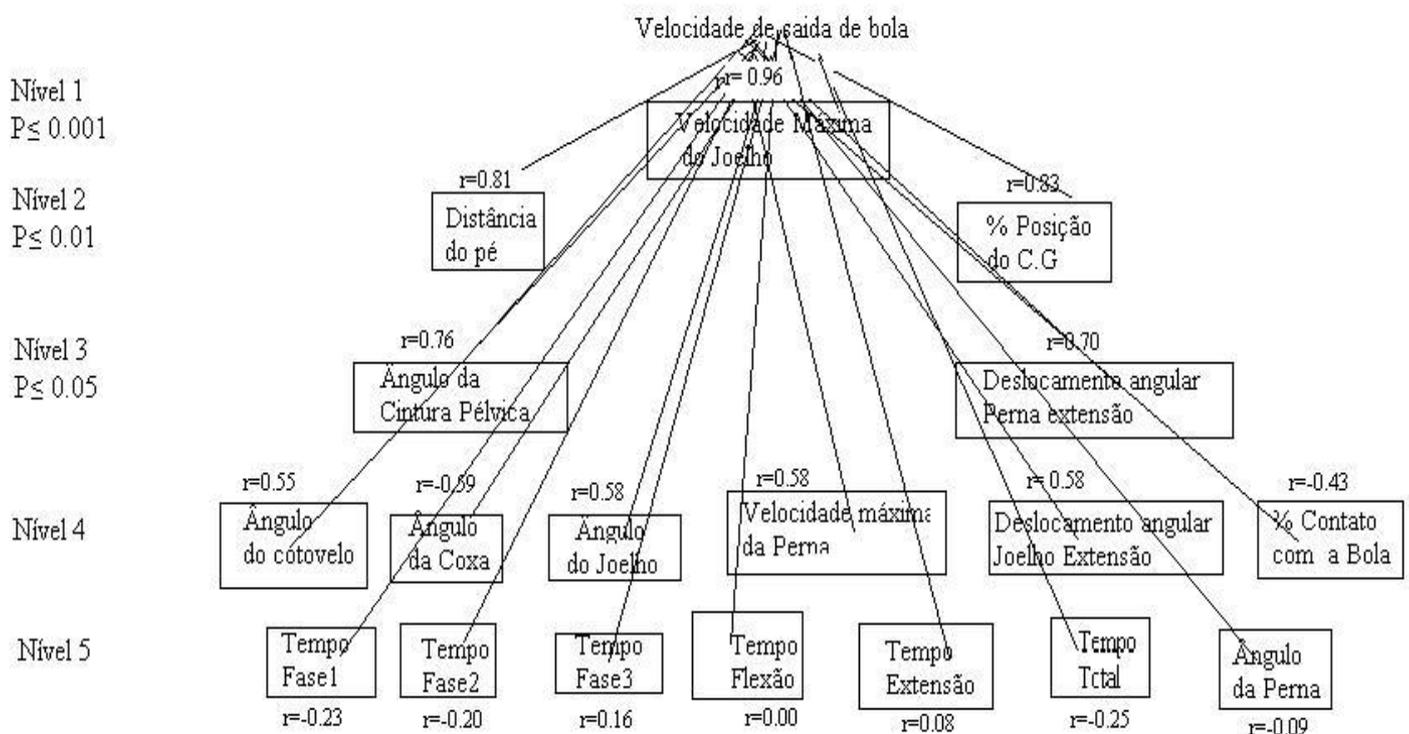


Figura 25 - Diagrama das variáveis cinemáticas do remate do futebol com a velocidade de saída da bola

Descrevendo a Figura 25, é possível entender a dependência da velocidade de saída de bola com fatores biomecânicos. O nível 1 classifica as variáveis com um

$P \leq 0.001$, o nível 2, as variáveis com um $P \leq 0.01$, o nível 3, as variáveis com um $P \leq 0.05$ e os níveis 4 e 5 correspondem às classificações das variáveis que não têm nenhuma correlação significativa com a velocidade de saída da bola. As variáveis que obtiveram um valor de $P \leq 0.05$ irão ser analisadas em detalhe mais à frente neste capítulo, surgindo por ordem de importância.

Foi efetuada uma regressão múltipla das cinco variáveis com os valores de correlação significativos (Anexo 9) sendo representada na Tabela 7.

Tabela 7 - Regressão múltipla nas variáveis com significância com a velocidade de saída de bola

Regressão múltipla			
		r	r ²
Fase 1 $P \leq 0.001$	Velocidade máxima do joelho	0.96	0.92
Fase 2 $P \leq 0.01$	Velocidade máxima do joelho	0.97	0.94
	% Posição do C.G		
	Distância do Pé		
Fase 3 $P \leq 0.05$	Velocidade máxima do joelho	0.98	0.96
	% Posição do C.G		
	Distância do Pé		
	Ângulo Cintura Pélvica		
	Deslocamento Angular Perna extensão		

Legenda	
r	R múltiplo
r ²	Quadrado de R

Da análise da Tabela 7, verificamos que esta regressão múltipla foi realizada em três fases, numa primeira fase foi realizado para a variável com $P \leq 0.001$ (Velocidade máxima do joelho), representando 96% da variação da velocidade de saída da bola. A segunda fase foi realizada tendo em conta as variáveis com um $P \leq 0.01$ (Percentagem da altura do C.G e Distância do pé de apoio com bola) onde estas variáveis explicam 97% da variação da velocidade saída de bola. Na terceira fase foi extendida uma análise de regressão múltipla às variáveis com $P \leq 0.05$ e verificamos que 98% da velocidade de

saida de bola podem estar dependentes destas cinco variáveis (velocidade máxima do joelho, percentagem da posição do C.G, distância do pé, ângulo cintura pélvica, deslocamento angular perna extensão).

Comparando o nosso estudo com o de Witt e Hinrichs (2012) encontramos valores semelhantes com a velocidade relativa do joelho ($r=0.96$; $P\leq 0.001$), no entanto, algumas diferenças foram verificadas em outras correlações com maior significância. Ainda neste estudo verificaram que a maior correlação entre as variáveis estudadas com a velocidade de saída de bola tinha sido o centro de massa do pé ($r=0.83$), a velocidade angular da coxa ($r=0.64$) e a velocidade relativa do joelho no momento do impacto ($r=0.65$).

Também Sinclair et al (2014) verificaram que a velocidade de extensão do joelho contribui para o sucesso do remate de futebol ($r= 0.39$; $P<0.01$). Rodano e Tavana (1993) encontraram uma correlação positiva, entre a velocidade de saída de bola e a velocidade angular do joelho.

5.1.2. Velocidade máxima do joelho

A variável com maior significância com a velocidade de saída de bola foi a velocidade máxima do joelho ($P\leq 0.001$ $r= 0.96$). Na Tabela 8 serão apresentados os valores da correlação da velocidade máxima do joelho com as restantes variáveis.

Tabela 8 - Análise correlacional da velocidade máxima do joelho com as variáveis com significância

	Velocidade máxima do joelho	
	r	P
Dist.Pé	0.88	**
ANGCINT	0.81	**
% Pos.CG	0.78	*
ANGJOE	0.74	*
ANGCOT	0.69	*

Legenda		
$r=0.66$	$P\leq 0.05$	*
$r=0.79$	$P\leq 0.01$	**

Analisando a Tabela 8, estão apresentadas as variáveis por ordem de importância que se relacionam com a velocidade máxima do joelho, verificamos que existem

correlações significativas com cinco variáveis, sendo duas destas variáveis com um $P \leq 0.01$ (**Dist.Pé** e **ANGCINT**).

A variável com maior correlação ($r = 0.88$; $P \leq 0.01$) foi a distância do pé com a bola. A variável **ANGCINT** também apresentou um valor de $r = 0.81$ para um $P \leq 0.01$. Estes resultados explicam que, um atleta que realize o remate com uma distância do pé alta e equilibrada (cerca de 0.40m) no momento do contacto com a bola e um valor de ângulo de cintura pélvica perto dos 178° , terá um valor de velocidade angular do joelho superior.

5.1.3. Percentagem da posição do C.G

Verificando através da matriz de correlação, a segunda variável com maior valor de correlação foi a percentagem da posição do C.G, com um $r = 0.83$ para um $P < 0.01$. A tabela 9 apresenta as variáveis que se relacionam com significância com esta variável.

Tabela 9 - Análise correlacional da variável da percentagem da altura do C.G com as variáveis com significância

	% da Posição do C.G	
	r	P
Vel.Máx.Joe	0.78	*

Legenda		
$r = 0.66$	$P \leq 0.05$	*

Da análise da Tabela 9, verificamos que a variável com mais significância com a percentagem da altura do C.G. é a velocidade máxima do joelho (Vel.Máx.Joe) ($r = 0.78$ $P < 0.05$). Significando assim que quanto maior for o valor da velocidade máxima do joelho, maior será a percentagem da posição do C.G.

5.1.4. Distância do pé à bola

A partir da análise feita anteriormente, a variável distância do pé à bola foi a segunda mais importante. Analisando a tabela 10, podem-se verificar quais as variáveis com significância que relacionam com a distância do pé à bola.

Tabela 10 - Análise correlacional da variável distância do pé de apoio à bola com as variáveis com maior significância do estudo

	Distância do pé à bola	
	r	P
Vel.Máx.Joe	0.88	**

Legenda		
r=0.79	P≤0.01	**

A variável velocidade máxima angular do joelho da perna de remate apresentou uma correlação de $r= 0.88$; $P\leq 0.01$, existindo uma relação forte entre esta variável e a distância do pé de apoio. Este resultado diz-nos que o atleta que realize o remate com uma velocidade angular do joelho superior no momento do contato com a bola, poderá obter um valor de distância entre o pé de apoio à bola superior.

5.1.5. Ângulo da cintura pélvica

A partir da matriz realizada anteriormente, foi possível verificar que o valor do ângulo na cintura pélvica correspondia a um nível de significância de $r= 0.76$; ($P\leq 0.05$), com a velocidade de saída de bola. A Tabela 11 apresenta o resultado da correlação do ângulo da cintura pélvica com as restantes.

Tabela 11 - Análise correlacional da variável do ângulo da cintura pélvica com as variáveis com significância

	Ângulo da cintura pélvica	
	r	P
Vel.Máx.Joe	0.89	***
Desl.Ang.Per.Ext	0.81	**

Legenda		
r=0.79	P≤0.01	**
r=0.89	P≤0.001	***

Após análise da Tabela 11, verificamos que o **ANGCINT** correlaciona-se positivamente com a velocidade máxima do joelho ($r=0.89$; $P\leq 0.001$) e com o deslocamento angular da perna durante extensão ($r=0.81$, $P\leq 0.01$).

A partir dos dados anteriores, podemos concluir que quanto maior for o valor da velocidade máxima do joelho e do deslocamento angular da perna em extensão, maior será o valor do ângulo da cintura pélvica.

De todas as correlações realizadas até ao momento, a variável velocidade máxima do joelho surge em todas as correlações. Este destaque a esta variável prende-se com o fato desta velocidade ser importante para a velocidade de saída de bola.

5.1.6. Deslocamento angular do joelho em flexão

O deslocamento angular do joelho durante a flexão verificou um valor de correlação de $P \leq 0.05$ ($r = 0.70$) com a velocidade de saída da bola. A Tabela 12 apresenta os resultados da correlação das restantes variáveis com o deslocamento angular do joelho em flexão.

Tabela 12 - Análise correlacional da variável, deslocamento angular do joelho em extensão com as variáveis com significância

	Deslocamento angular do joelho em extensão	
	r	P
Vel.perna.ext	1.00	***
T.Total	- 0.82	**
T. Extensão	-0.73	*
T.Fase1	-0.72	*

Legenda		
r=0.66	$P \leq 0.05$	*
r=0.79	$P \leq 0.01$	**
r=0.89	$P \leq 0.001$	***

A partir da análise da Tabela 12, verifica-se que esta variável é a única das que apresentaram correlação com a velocidade de saída de bola que obteve valores de correlação com as variáveis temporais (**T.Total**, **T.extensão** e **T.Fase1**). Esta correlação é inversamente proporcional, sendo possível de observar que quanto maior for o tempo de extensão, tempo total e tempofase1, mais curtos irão ser os deslocamentos angulares do joelho em extensão.

A partir destas análises efetuadas para as variáveis cinemáticas do remate de futebol, é possível concluir que, para obter uma alta velocidade de saída da bola é

necessário que, decorra uma velocidade máxima angular do joelho alta, decorra de igual forma um valor alto da percentagem de altura do C.G (entre 56 a 67 %) e se houver uma distância do pé de apoio à bola entre 40-41 cm maior será a velocidade de saída de bola.

A partir da revisão de literatura e do conhecimento empírico dos treinadores, as variáveis que são abordadas durante o ensino do gesto técnico são: O comportamento do C.G durante o movimento do remate, a posição do pé de apoio e o próprio alinhamento com a baliza.

Após esta análise, verificamos que duas correlações coincidem com o que tem sido verificado no treino (Percentagem da posição do C.G e a distância do pé), embora a variável mais importante verificada no nosso estudo para a velocidade de saída da bola (velocidade máxima angular), raramente é abordada entre os treinadores, o mesmo acontecendo para o deslocamento angular da perna em extensão e o valor do ângulo da cintura pélvica. Estas últimas não aparecem no vocabulário do treinador pelo fato de serem difíceis de analisar numa observação direta e apenas possíveis de detectar através ao recurso a software de análise de movimento.

Este trabalho pretende alterar o comportamento dos treinadores no processo do treino e no direcionamento do *feedback* durante o ensino do gesto.

5.2. Classificação das variáveis cinemáticas com as dos testes isocinéticos do joelho

A partir das três matrizes de correlação efetuada entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os testes isocinéticos do joelho foi possível obter, 196 correlações analisadas para com torque máximo, 196 correlações com os ângulos dos torques máximos e 318 correlações com as diferenças dos picos torques nas diferentes velocidades. Segundo Cabri (1988), uma vez que existe uma grande variação nos testes isocinéticos, no que respeita aos diferentes equipamentos, às diferentes velocidades de teste e protocolo utilizados, só devem ser utilizadas correlações com um $P \leq 0.01$. No nosso trabalho vamos incluir o $P \leq 0.01$ e $P \leq 0.001$.

5.2.1. Análise correlacional dos resultados do torque máximo com as variáveis cinemáticas

Das correlações 196 correlações calculadas entre os resultados dos torques máximos com as variáveis cinemáticas do remate do futebol, foi possível verificar quatro correlações significativas para um $P \leq 0.01$, entre as variáveis cinemáticas com os testes isocinéticos do joelho.

A Tabela 13 apresenta uma análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados de torques máximos dos testes isocinéticos.

Tabela 13 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados de torques máximos dos testes isocinéticos

Correlação entre as variáveis cinemáticas com os resultados dos torques máximos			
	Extensão 180 °/s	Flexão 120°/s	Extensão 300°/s
Variáveis/ Testes isocinéticos	r		
ANGCINT	0.84 **		
Vel.Bola		-0.80**	
% Pos. C.G		-0.79**	
T.Extensão			0.75 **

Legenda		
r=0.79	$P \leq 0.01$	**
r=0.89	$P \leq 0.001$	***

Após a análise da Tabela 13 verifica-se um número reduzido de correlações entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com o torque máximo (quatro correlações).

Verificamos que existe apenas uma correlação com os testes isocinéticos em velocidades altas no movimento de extensão com as variáveis cinemáticas (Tempo de extensão com um $r = 0.75$ à velocidade de 300°/s em extensão). Verificamos que o valor do torque em flexão a 120°/s foi onde se obteve o maior valor maior de correlações.

No remate do futebol verificamos que os músculos extensores, têm uma maior participação na ação concêntrica e excêntrica no movimento, portanto seria expectável, encontrar um maior número de relações de extensão do que com a flexão, o que não se

verifica. Isto só se explica porque os valores testados no isocinético são diferentes (300°/s) com os valores encontrados no movimento real (2294,37 °/s).

Eventualmente, se tivéssemos realizado um estudo cinemático na perna de apoio do remate, poderíamos ter encontrado maior relação entre os torques máximos e as velocidades do movimento.

5.2.2. Análise correlacional dos resultados do ângulo do torque máximo com as variáveis cinemáticas

Das 196 correlações calculadas, foram verificadas 12 correlações significativas (quatro para um $P \leq 0.001$ e oito para um $P \leq 0.01$) entre as variáveis cinemáticas com os ângulos do torque máximo nos testes isocinéticos do joelho.

A Tabela 14 apresenta uma análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados dos ângulos torques máximos dos testes isocinéticos.

Verificamos que existe um número superior de correlações significativas no resultado dos ângulos do torque máximo do que nos resultados do torque máximo. Verificamos que a velocidade de teste em que existe maior número de correlações é a 120°/s durante a flexão, encontrando cinco correlações significativas.

Tabela 14 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados dos ângulos do torque máximo dos testes isocinéticos

Correlação entre os ângulos do torque máximo com as variáveis cinemáticas					
Variáveis/Velocidades	Flexão 120°/s	Extensão 120°/s	Extensão 300°/s	Extensão 180°/s	Flexão 60°/s
	r				
%Contato com a bola	0.94 ***				
TempoFase2		0.93***			
TempoFase1			0.91***		
TempoFase3	-0.90***		0.83 **		
TempoTotal			-0.83 **		
Vel.Bola					-0.88**
ANGPER	0.86**				
Dist.pé				-0.85**	
Textensão	-0.83**				
Vel.máx.joe					-0.79 **
ANGTRO				-0.79**	

Legenda		
r=0.79	P≤0.01	**
r=0.89	P≤0.001	***

Da análise da tabela anterior verificamos uma correlação da velocidade de saída de bola com o valor de 60°/s em flexão ($r=-0.88$), sendo este valor inversamente proporcional, ou seja, que quanto maior for a velocidade do ângulo de flexão a 60°/s menor será o valor de velocidade de saída de bola.

Tal como apresentado, no capítulo quatro, o fato dos ângulos não apresentarem diferenças significativas no seu valor de velocidade para velocidade, pode explicar o porquê de se encontrar mais relações com as variações cinemáticas do remate de futebol do que o valor do torque máximo.

O nosso estudo vai ao encontro dos resultados de Narici et al (1988), onde estes encontraram maiores relações entre nos valores angulares com a velocidade máxima da bola ($r=0.82$) do que no torque máximo. Segundo este autor, o resultado pode ser explicado pelo fato da avaliação isocínética condicionar ou limitar um movimento que na sua realidade é natural, como explicado anteriormente, onde a contribuição angular é a mesma nas duas situações.

Também Mognoni et al (1994) no seu estudo, verificaram que o torque máximo não é um bom indicador da velocidade de saída de bola.

Em oposição aos nossos resultados estão estudos de Asami e Togari (1968) (Reilly e Williams., 2003) que obtiveram uma correlação significativa nos valores de força dos extensores do joelho com a velocidade da bola no remate do futebol.

Também DeProft et al (1988) concluíram o mesmo resultado que o estudo anterior, num estudo em dois momentos de avaliação diferentes, antes e depois de um programa de treino específico de força. Os valores da correlação entre a *performance* de remate e o teste concêntrico dos flexores da coxa foram de 0.60 antes do treino e 0.85 após o programa de treino. Já a relação entre o desempenho de remate e o teste concêntrico dos extensores da coxa foi de 0,74 antes do programa de treino específico para 0.85, existindo uma correlação alta entre um bom desempenho no remate com os testes isocinéticos.

Segundo a nossa análise das duas tabelas anteriores (13 e 14) verificamos que o resultado do torque máximo não é o mais importante, como se comprova pelo baixo número de correlações, porque as velocidades praticadas nos testes isocinéticos são descontextualizadas da realidade de um remate de futebol, enquanto as velocidades angulares já se aproximam como se vê pelo número de correlações encontradas.

5.2.3 Análise correlacional dos resultados das diferenças dos torques máximos entre as diferentes velocidades dos testes isocinéticos com as variáveis cinemáticas

De um total de 318 correlações encontradas nas diferenças entre as velocidades dos torques máximos nas diferentes velocidades com as variáveis cinemáticas foram encontradas 12 correlações significativas (quatro para um $P \leq 0.001$ e oito para um $P \leq 0.01$), sendo este valor superior aos verificados nos resultados dos torques máximos (quatro correlações significativas encontradas) e tendo o mesmo valor de correlações significativas encontradas nos ângulos dos torques máximos.

Em análise da Tabela 15, verificamos que existe um maior número de relações entre as diferenças entre as velocidades do torque máximo do que o valor do torque máximo.

Isto poderá dizer-nos que este tipo de análise da diferença de resultados entre as várias velocidades nos testes isocinéticos, apresentam-nos mais informações tendo em conta o movimento real do remate do futebol.

Tabela 15 - Análise correlacional entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados das diferenças do torque máximo nas várias velocidades dos testes isocinéticos

Correlação entre as variáveis cinemáticas do remate do futebol com os resultados das diferenças do torque máximo nas várias velocidades dos testes isocinéticos								
	Extensão 180°/s- 120°/s	Flexão 180°/s- 120°/s	Extensão 180°/s- 60°/s	Flexão 300°/s- 120°/s	Extensão 300°/s- 180°/s	Flexão 300°/s- 180°/s	Flexão 120°/s- 60°/s	Flexão 180°/s- 120°/s
Variáveis/ Testes isocinéticos								
ANGJOE	-0.94 ***							
Dist.Pé	-0.88 **	-0.91***			0.79**			
ANGTRO			-0.90***					
Vel.Bola				-0.90***				
% Posição do C.G				-0.87**				
TempoFase2						0.85**		
Vel.Max.Joe				0.84**			-0.80**	
Textensão					-0.85 **			
ANGPER								0.80 **

Legenda		
r=0.79	P≤0.01	**
r=0.89	P≤0.001	***

Em análise à tabela 15 verificamos que do intervalo entre 60°/s a 120°/s poucas correlações acontecem, sendo este o intervalo com menos importância verificado na tabela anterior. No entanto, o intervalo entre os 120°/s e os 300°/s apresentam grande número de correlações, em particular com as variáveis mais importantes da análise cinemática do remate do futebol. A velocidade de saída de bola correlaciona-se com a diferença entre os 300°/s e os 120°/s em flexão. Sendo esta correlação inversamente proporcional ($r=-0.90$), assim sendo quanto maior a diferença entre os 300°/s e os 120°/s em flexão menor será a velocidade de velocidade de bola.

Como era de prever, o facto de existirem correlações inversamente proporcionais entre as velocidades em flexão com a velocidade de saída bola, comprova que os flexores têm um papel estabilizador no movimento do remate do futebol, sendo os extensores os principais promotores do movimento, apesar de não se ter verificado nenhuma correlação significativa entre estas velocidades em extensão.

Este tipo de análise poderá ser pertinente para um treinador, pois como verificado no nosso estudo, os resultados do torque máximo podem não acrescentar

muita informação à sua análise, no entanto, a análise dos ângulos dos torques máximos e a análise das diferenças entre os torques máximos dos diferentes velocidades realizadas nos testes isocinéticos poderá dar a informação para o atleta e para o treinador na avaliação e prescrição do treino de força no remate do futebol.

O objetivo do treinador será criar um efeito no treino que traduza uma deslocação da C.FV para a direita, tal como se apresenta na Figura 26.

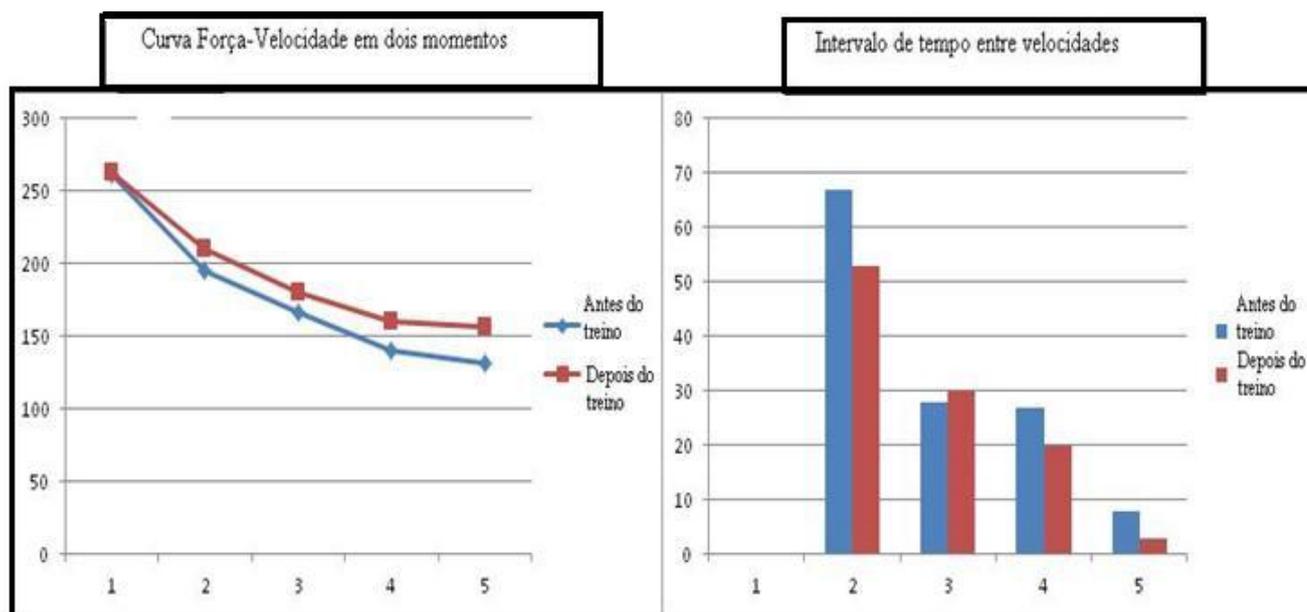


Figura 26 - Simulação da curva força-velocidade em dois momentos

Nesta Figura 26, apresentamos uma simulação de testes feitos ao sujeito B02 após uma época ideal de treino, onde se verifica uma menor perda no valor de força à medida que a velocidade do teste aumenta, traduzindo-se assim numa curva mais deslocada para a direita, como já foi apresentada na revisão da literatura.

CAPÍTULO VI- Conclusões

Este trabalho final de mestrado teve como principal objetivo determinar a influência dos valores da curva força-velocidade dos flexores e extensores do joelho no remate de futebol.

Foram efetuadas análises cinemáticas nas diferentes variáveis do remate de futebol e comparadas com testes feitos no isocinético. Aqui foram utilizadas diferentes velocidades de teste, a partir das quais foram calculados valores para a curva força-velocidade.

Este capítulo expõe as conclusões mais relevantes do estudo e uma lista de recomendações para futuras sugestões de investigação deste tema.

6.1. Conclusões do estudo

A partir das análises efetuadas nas variáveis cinemáticas do remate do futebol com a velocidade de saída da bola foram observadas cinco correlações significativas. A correlação mais forte ($r=0.96$; $P \leq 0.001$) foi verificada na velocidade angular máxima do joelho. As restantes quatro variáveis com correlações consideráveis foram a Percentagem da posição do **C.G** e a Distância do pé ($P \leq 0.01$) e o Ângulo da cintura pélvica e deslocamento angular da perna em extensão ($P \leq 0.05$).

A partir das análises efetuadas para as variáveis cinemáticas do remate de futebol, é possível concluir que, para se obter uma velocidade de saída da bola alta, é necessário que, decorra uma boa velocidade máxima angular do joelho, uma boa percentagem da posição do **C.G** (entre 56% a 67%) e uma distância ótima entre o pé de apoio à bola (40-41 cm).

O presente estudo pretende alterar o ensino tradicional da técnica de remate tendo em conta a velocidade de saída da bola, uma vez que só a distância, posição do pé de apoio e a posição do tronco são abordados frequentemente. O nosso estudo encontrou resultados semelhantes aos abordados no ensino tradicional, porém, como foi comprovado no nosso estudo, para uma melhor realização da técnica, a variável velocidade máxima angular do joelho foi a que maior correlação teve com a velocidade de saída da bola.

Na relação com variáveis cinemáticas e os valores do torque máximo verificamos que para quatro correlações observadas não houve maior número dos valores em extensão do que na flexão. Este fato anterior é de realçar uma que pela participação dos músculos extensores, no remate do futebol em ação concêntrica e excêntrica no remate, seria expetável encontrar um maior número de relações de extensão do que com a flexão. Uma justificação poderá ser o facto dos valores testados no isocinético (60°/s, 120°/s, 180°/s e 300°/s) serem diferentes dos valores encontrados no movimento real (2294,37 °/s).

Por outro lado, houve um aumento entre o número de correlações significativas (doze correlações) no resultado dos ângulos do torque máximo. Isto acontece devido aos ângulos não apresentarem diferenças significativas no seu valor de velocidade para velocidade.

Também foram verificadas doze correlações significativas entre as análises cinemáticas e as diferenças dos torques máximos para as diferentes velocidades de teste. Na análise das diferenças entre os valores dos torques máximos nas diferentes velocidades de teste, foi possível verificar que no intervalo entre os 120 °/s e os 300°/s houve um grande número de correlações, destacando-se a velocidade máxima da bola, com um $r=-0.90$; $P\leq 0.001$.

Nas restantes correlações significativas das diferenças entres os torques máximos nas diferentes velocidades, destacam-se os ângulos do joelho ($r=-0.94$; $P\leq 0.001$) para as diferenças entre 180°/s- 120°/s em extensão, o ângulo do tronco ($r=-0.90$ $P\leq 0.001$) para as diferenças entre 180°/s-60°/s em extensão e a distância do pé de apoio à bola ($r=-0.91$; $P\leq 0.001$) para as diferenças enntre 180°/s- 120°/s em flexão.

Concluindo, este tipo de estudo poderá ser pertinente para um treinador, no modo em que é dada uma nova utilidade dos testes isocinéticos tendo em conta o movimento real. Desta forma, a aplicação da análise da curva força velocidade através de valores das diferenças dos torques máximos nas diferentes velocidades de teste apresenta uma análise mais real do que os valores de torque máximo.

Além disso, um dos objetivos gerais do trabalho foi analisar e trabalhar com videos a 28 imagens por segundo através do *software* de análise de imagens *Kinovea* (*open source*). Este apresentou resultados válidos, uma vez que reproduziu valores

semelhantes aos encontrados em outros estudos apresentados na revisão bibliográfica para as diferentes variáveis.

6.2. Lista de recomendações para outros estudos

A partir da análise dos resultados e das conclusões do nosso estudo, encontramos sete hipóteses de desenvolvimento de estudos:

- Repetir o mesmo estudo com uma análise cinemática com mais de 30 imagens por segundo.
- Repetir o mesmo estudo com a possibilidade de utilizar a velocidade 500°/s no dinamómetro;
- Repetir o mesmo estudo com uma amostra maior.
- Repetir o mesmo estudo aplicando o teste isocinético em modo excêntrico;
- Repetir o mesmo estudo tendo em conta a análise do membro inferior de apoio;
- Testar vários tipos de treino e verificar qual provoca uma menor perda do valor de força, à medida que a velocidade do teste aumenta.
- Efectuar um estudo paralelo ao nosso analisando resultados das observações feitas pelos treinadores.

CAPÍTULO VII – Referências

- Aagaard, P, Simonsen, E.B, Trolle, M, Bangsbo, J, e Klausen K.(1996) Specificity Of Training Velocity And Training Load On Gains In Isokinetic Knee Joint Strength. *Acta Physiol Scand.* Feb; 156(2):123-9.
- Aagaard, P, Simonsen, E.B, Magnusson, S.P, Larson, B, e Dyhre-Poulsen, P. (1998) A new concepts for isokinetics hamstrings-quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 22, 262- 286.
- Aguilar, A.J, DiStefano, L.J, Brown, C.N, Herman, D.C, Guskiewicz, K.M, and Padua, D.A.(2012) A Dynamic Warm-Up Model Increases Quadriceps strength and Hamstring Flexibility. *J Strength Cond Res.* Apr; 26(4): 1130-41.
- Amadio, A.C, Duarte, M. (1996). Fundamentos Biomecânicos Para Análise Do Movimento Humano. São Paulo: EEFUSP.
- Asami, T. and Nolte, V. (1983) Analysis of powerful ball kicking. In: Biomechanics VIII-B. Eds: Matsui, H. and Kobayashi, K. Champaign IL: Human Kinetics. 695-700.
- Badillo, J. J. Ayestarán, E. G. (2001) Fundamentos Do Treinamento De Força – Aplicação Ao Alto Rendimento Desportivo. Porto Alegre: Artmed.
- Bangsbo. J, Mohr. M, e Krstrup. P. (2006) Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal Of Sports Sciences.* Jul; 24(7):665-74

- Barbieri, F.A, Lilian T. B, Gobbi, A , Paulo R. P, Santiago, C e Sérgio A. e Cunha, D (2010) Performance comparisons of the kicking of stationary and rolling balls in a futsal context. *Sports Biomechanics*. March 9(1):1–15.
- Barfield, W. R., Kirkendall, D. T., e Yu, B. (2002) Kinematic Instep Kicking Differences Between Elite Female And Male Soccer Players. *Journal Of Sports Science And Medicine*, 1, 72–79.
- Brooks, G.A, Fahey, T.D, e Balchin, K. M. (2005) Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications, 4th edn. McGraw, Hill. New York.
- Brown, L.E (2000), Isokinetics In Humans Performance, Human Kinetics, Champagne.
- Cabri J, De Proft E, Dufour W, e Clarys J. (1988) The Relation Between Muscular Strength And Kick Performance. In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy W, Eds. *Science And Football*. London: E & FN Spon, 186–193.
- Carvalho, C, Carvalho, A. (2006) Não se deve identificar força explosiva com potência muscular, ainda que existam algumas relações entre ambas. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 6(2) 241–248. 241.
- Carvalho,P, Cabri, J. (2007) Avaliação Isocinética Da Força Dos Músculos Da Coxa Em Futebolistas. *Revista Portuguesa De Fisioterapia No Desporto*, Junho, Vol1, N2.
- Chen,Y, Chang,J.H. (2010) An Investigation Of Soccer Ball Velocity On Instep Kick With And Without Arm Swaying. 28 International Conference On Biomechanics In Sports.

- Cometti, G, et al. (2001) Isokinetic Strength And Anaerobic Power Of Elite, Subelite And Amateur French Soccer Players. *Journal of Sports Medicine*; 22: 45±5.
- Croisier, J.L, et al, (2002) Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am Journal Sports of Medicine*. Mar-Apr; 30 (2):199-203.
- De Proft E, Cabri J, Dufour W, e Clarys J. (1988) Strength Training And Kick Performance In Soccer Players. In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ, Eds. *Science And Football*. London: E & FN Spon, 109–113.
- De Witt, J.K, Hinrichs, R.N. (2012) Mechanical Factors Associated With The Development Of High Ball Velocity During An Instep Soccer Kick Sports Biomechanics September; 11(3): 382–390.
- Dorge, H.C, Andersen, T.B, Sorensen, H, e Simonsen, E.B. (2002) Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences* 20, 293-299.
- Eniseler, N, Sahan, Ç. Vurgun, H, Mavi, H. (2012) Isokinetic Strength Responses to Season-long Training and Competition in Turkish Elite Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, vol 31, 159-168.
- Faro, A., (1995). Especificidade Da Força Muscular Nos Movimentos Desportivos: Um Estudo Em Ginástica. Tese De Doutoramento Em Ciências Do Desporto E Educação Física Da Universidade De Coimbra.

- Fonseca, S. et al. (2007) Caracterização da performance muscular em atletas profissionais de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 13, n. 3, p. 143-147.
- Fraccaroli, J. L. (1981). *Biomecânica: análise dos movimentos*. Cultura Médica. Rio de Janeiro.
- Gordon, A.M, Huxley, A.F e Julian, F.J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. *Journal of Physiology*, 184:170-192.
- Grimshaw, P, Burden, A. (2007) *Sport & Exercise Biomechanics. Instant Notes*. Taylor & Francis Group, New York and Oxon.
- Hakkinen, K, Komi, P.V. (1985) The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscle during concentric and various stretch- shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal of Sports Science* 7.
- Hall, S.J. (2012) *Basic Biomechanics, Sixth edition*. Mc Graw-Hill Companies, Inc. New York.
- Hill, A.V (1970) *First and last experiments in muscle mechanics*. Cambridge, University: Printing house.
- Isokawa, M. e Lees, A. (1988) A Biomechanical Analysis Of The Instep Kick Motion In Soccer. In *Science And Football*, Edited By Reilly, T., Lees, A., Davids, K. And Murphy, W.J. (London: E& FN Spon), 449–55.

- Kellis, E., Katis, A. and Vrabas, I.S. (2006) Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 16, 334-344.
- Kellis, E., Katis, A. (2007) Biomechanical Characteristics And Determinants Of Instep Soccer Kick. *Journal Of Sports Science And Medicine* 6, 154-165.
- Komi, P.V. (2003) Strength And Power In Sport. Blackwell Science. 2nd edition.
- Lago-Penas, C, Lago-Ballesteros, J, e Rey, E. (2011) Differences In Performance Indicators Between Winning And Losing Teams In The UEFA Champions League, *Journal Of Human Kinetics*.
- Lees, A, Nolan, L. (1998) The Biomechanics Of Soccer: A Review, *Journal Of Sports Sciences*, 16, 211± 234.
- Levanon, J, e Dapena, J. (1998) Comparison Of The Kinematics Of The Full instep And Pass Kicks In Soccer. *Medicine Science of Sports Exercise* 30: 917–927.
- Magalhães, J, Oliveira, J, Ascensão, A, Soares, J. (2004) Concentric Quadriceps And Hamstrings Isokinetic Strength In Volleyball And Soccer Players. *Journal Of Sports Medicine Physical Fitness*. Jun; 44 (2):119-25.
- Manolopoulos, E, Papadopoulos, C, Kellis, E. (2006) Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian Journal of Medicine and Sciences in Sports*, 16:102–110.

- Martins, B.S. (2011) Estudo comparativo dos perfis de força muscular isocinético do joelho entre avançados e defesas, praticantes de futebol amador. Projecto de estágio apresentada à Universidade Fernando Pessoa.
- Matvaiév, L. (2001) Teoria general del entrenamiento deportivo, Barcelona, Editorial Paridotribo.
- Mognoni, P., Narici, V., Sirtori, D. E, e Lorenzelli, f. (1994). Isokinetic torques and kicking maximal ball velocity in young soccer player. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 34: 357-361.
- Mohr, M., Krstrup, P e Bangsbo, J. (2003) Match performance of high-standard soccerplayers with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21, 439 – 449.
- Narici, M.V, Sirtoti, M.D, e Mognoni, P. (1988) Maximal Ball Velocity And Peak Torques Of Hip Flexor And Knee Extensor Muscles. In: *Science And Football*. Reilly, T, Lees, A, Davids, K, And Murphy WJ, Eds. London: E & F N Spon, 429–433.
- Nunome, H, Lake, M, Georgakis, A, e Lampros K. (2006) Impact phase kinematics of instep kicking in soccer. *Journal of Sports Sciences*, January 24(1):11 – 22.
- Pala, J.L. (2006) Comparação de curvas força-velocidade. Análise das diferenças entre curvas provenientes de um protocolo de cargas incremental linear e um aleatório, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

- Pedro, R.M. M (2013) Estudo biomecânico da marcha: análise cinemática da marcha com efeito da sobrecarga ponderal e da velocidade de deslocamento. Dissertação apresentada ao Instituto Superior D.Afonso III.
- Reilly, T. (1990) Football in Physiology of Sports (Eds Reilly.T, Secher. N, Snell. D Williams.C) E. & F.N. Spon, London, 372-401.
- Reilly. T, Williams, A.M. (2003) Science and Soccer. 2 and edition. London and New York Routledge.
- Rodana, R, e Tavana, R. (1993) Three Dimensional Analysis Of The Instep Kick In Professional Soccer Players. In: *Science And Football II*. Reilly T, Clarys J, And Stribbe A, Eds. London: E & FN Spon, 357– 361.
- Santos, P.C.R, Barbieri, F.A, e Gobbi, L.B.G.(2007) The preferred and non-preferred feet in four soccer-related movements. *Brit Journal Of Sports Medicine*.
- Silverthorn. D.U. (2003) Fisiologia humana; Uma abordagem integradra, 5º edição.
- Sinclair, J, et al. (2014) Three-dimensional kinematic correlates of ball velocity during maximal instep soccer kicking in males. *European Journal of Sport Science*, Vol. 14, No. 8, 799–805.
- Stolen. T, Chamari. K, Castagna. C e Wisloff U. (2005) Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6): 501-36.

- Togari, H, Ohashi, J, Oghushi, T. (1988) Isokinetic Muscle Strength Of Soccer Players.
In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ, Eds. *Science And Football*.
London: E & FN Spon, 181–185.
- Weber, F.S, Silva, B.G.C, Radielli, R, Paiva, C e Pinto, R.S. (2010) Isokinetic Assessment in Professional Soccer Players and Performance Comparison According to Their Different Positions in the Field. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 16, No 4 – Jul/Ago*.
- Zajac, F.(1989) Muscle And Tendons: Properties, Models, Scaling And Application To Biomechanics And Motor Control. Critical Review In *Biomedical Engineering*. 17.(4)., 359-411.
- Zakba, F.F, Valente, H.G, Pacheco, A.M. (2011) Isokinetic Evaluation of Knee Extensor and Flexor Muscles in Professional Soccer Players. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 17, No 3 – Mai/Jun*.