

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte**

Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

**ANÁLISE CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE DIFERENTES  
CHUTES DE ATLETAS DE TAEKWONDO: bandal tchagui e yop tchagui**

Belo Horizonte

2025

Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

**ANÁLISE CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE DIFERENTES  
CHUTES DE ATLETAS DE TAEKWONDO: bandal tchagui e yop tchagui**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque.

Coorientador (a): Dra. Liria Akie Okai-Nóbrega e Prof. Dr. Thales Rezende de Souza.

Belo Horizonte

2025

R467a Rezende, Ana Carolina Rodrigues Esteves de  
2025 Análise cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo [recurso eletrônico] : bandal tchagui e yop tchagui / Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende . – 2025.  
1 recurso online (85 f. : il.) : pdf.

Orientador: Maicon Rodrigues Albuquerque

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Inclui bibliografia.

1. Tae-ken-do – Teses. 2. Biomecânica – Teses. 3. Cinemática – Teses. 4. Membros inferiores – Teses. 5. Esportes – Treinamento técnico – Teses. I. Albuquerque, Maicon Rodrigues. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira Adão, CRB 6: nº 2106, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

ANA CAROLINA RODRIGUES ESTEVES DE REZENDE

Às 09:00 horas do dia 30 de outubro de 2025, a comissão examinadora de dissertação, indicada pelo Colegiado do Programa Pós-Graduação em Ciências do Esporte (PPGCE), reuniu-se, em banca realizada em formato híbrido, para julgar, em exame final, o trabalho de Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende, intitulado "Análise Cinemática dos Membros Inferiores de Diferentes Chutes de Atletas de Taekwondo: Bandal Tchagui e Yop Tchagui". Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das normas regulamentares do trabalho final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado.

#### MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (Orientador) – UFMG

Profa. Dra. Daniele Detânico - UFSC

Prof. Dr. Thales Rezende de Souza –UFMG

Profa. Dra. Líria Akie Okai-Nóbrega – UFMG

Profa. Dra. Juliana de Melo Ocarino - UFMG

Após as indicações, a candidata foi considerada: **APROVADA**

O resultado foi comunicado publicamente à candidata pelo presidente da comissão examinadora. Nada mais havendo a tratar, o presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 30 de outubro de 2025



Documento assinado eletronicamente por Daniele Detanico, Usuário Externo, em 19/11/2025, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Juliana de Melo Ocarino, Professora do Magistério Superior, em 24/11/2025, às 12:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior, em 24/11/2025, às 20:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por Líria Akie Okai de Albuquerque Nobrega, Usuária Externa, em 28/11/2025, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por Thales Rezende de Souza, Usuário Externo, em 05/12/2025, às 15:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 4640922 e o código CRC E7F8B5F8.

---

## AGRADECIMENTOS

Sempre esperei por este momento, o de defender minha dissertação de mestrado. Um trabalho árduo que me acompanhou não apenas pelos dois anos formais do curso, mas desde o início da minha trajetória na pesquisa, ainda no terceiro período da graduação. Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e aos meus guias espirituais, pois sem eles eu não teria chegado até aqui. Foram muitos dias de alegria, mas também de grandes desafios, e em todos eles senti o amparo e a força que me conduziram até este dia tão especial.

Agradeço com todo o coração à minha família, que sempre esteve ao meu lado, à minha mãe, Ana Paula, ao meu padrasto, Alex, ao meu irmão, Gabriel, e à minha cunhada, Luiza. Não poderia deixar de mencionar os dois maiores amores da minha vida que são minhas avós, Nilce e Valderis. Sem o amor, o cuidado e o incentivo de vocês, eu não estaria aqui. À minha madrinha e tia, a melhor do mundo, minha eterna gratidão por todo o apoio, amor e conselhos durante essa caminhada. Por fim, agradeço a todos os meus familiares, meus tios, tias e primos, pelo carinho, pelas palavras de incentivo e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais desafiadores.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Maicon Albuquerque, eu não poderia ter tido um orientador melhor, que foi além de tudo um pai, um conselheiro e um amigo. Tenho muito orgulho de ter sido orientada por você. Agradeço a minha coorientadora Líria Nóbrega, que me deu minha primeira oportunidade na pesquisa. Não tenho palavras para descrever minha gratidão, com você eu aprendi, cresci, amadureci, chorei e vivi momentos maravilhosos. Agradeço também ao meu coorientador Thales Resende por toda ajuda nesse tempo. Agradeço a Priscila Araújo "UAUUUUU". Minha eterna gratidão por tudo, por todas as risadas, por todos os aprendizados, por todos os momentos de raiva e alegrias na programação rsrs e por todo apoio em todos esses anos.

Eu não poderia esquecer daquele que sempre fez o melhor cafezinho do mundo. Délcio, muito obrigada por tudo, por todos os momentos, por todos os cafés e por toda conversa de apoio. Agradeço a melhor equipe de alunos de Iniciação

Científica que eu poderia ter, Carol Santiago, Lume, Pedro, Gabriel e Bruna, sem vocês nada disso seria possível, amo especialmente cada um de vocês. Agradeço a toda equipe do LAM, especialmente, Júlia, Alice, Natália, Renata Carvalho, Camila, Sabrina e aos demais colegas.

Por fim, agradeço imensamente as minhas amizades que viveram todo esse processo comigo e sempre estiveram ali para me apoiar e incentivar, fica meu agradecimento em especial a Júlia Rodrigues, Alice Campolina e Ellen Oliveira.

A todos, minha eterna gratidão!

## RESUMO

**Introdução:** o taekwondo (TKD) é um esporte de combate olímpico caracterizado pela aplicação de diversos golpes, tendo como destaque as técnicas de chute. Entre as técnicas mais utilizadas em combate estão o *bandal tchagui* e o *yop tchagui*, e, apesar da ampla utilização dessas técnicas, ainda persistem lacunas na literatura quanto à descrição detalhada da execução e às possíveis diferenças biomecânicas entre membros dominantes e não dominantes. **Objetivo:** descrever as variações angulares da pelve, quadril, joelho e tornozelo, nos três planos de movimento, assim como as velocidades lineares da pelve, joelho, tornozelo e pé, e investigar possíveis diferenças entre os membros. **Materiais e métodos:** foram avaliados 17 atletas de taekwondo de ambos os sexos e com experiência competitiva nacional e internacional. Para a coleta tridimensional do movimento, utilizou-se o sistema *Qualisys® Oqus* com 10 câmeras de espectro infravermelho, com uma frequência de 300Hz. Os marcadores foram rastreados pelo software *Qualysis Track Manager (QTM)* e os cálculos das variáveis angulares e das velocidades lineares foram processados por meio do *Software Visual 3D*. Para obter as curvas médias e o desvio-padrão em cada ponto da curva foram utilizadas rotinas customizadas com o uso do *Software Matlab®*. As séries temporais foram normalizadas e comparadas entre membros por meio do método *Statistical Parametric Mapping (SPM)*. **Resultados:** ambos os chutes apresentaram padrão multissegmentar e multiplanar, com sequência temporal próximo–distal de picos de velocidade, culminando em maiores velocidades no segmento distal. A análise das amplitudes de movimento e das velocidades lineares mostrou que o *bandal tchagui* se caracteriza por maior predominância de movimento rotacional e elevada velocidade nos segmentos distais, ao passo que o *yop tchagui* exige maior controle de abdução, elevação pélvica e precisão no contato. Por fim, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram observadas entre membros dominantes e não dominantes, indicando assimetrias biomecânicas. **Conclusão:** os chutes do taekwondo exigem alta coordenação intersegmentar e a análise multiplanar é essencial para compreensão do desempenho. Além disso, a identificação de assimetrias pode contribuir para o planejamento de estratégias de treinamento individualizado e prevenção de lesões em atletas.

Palavras-chave: taekwondo; biomecânica; cinemática; chutes; membros inferiores.

## ABSTRACT

**Introduction:** Taekwondo (TKD) is an Olympic combat sport characterized by the application of various striking techniques, with a particular emphasis on kicking. Among the most commonly used techniques in competition are the *bandal tchagui* and the *yop tchagui*. Despite their widespread application, gaps remain in the literature regarding a detailed description of their execution and the potential biomechanical differences between dominant and non-dominant limbs. **Objective:** to describe the angular variations of the pelvis, hip, knee, and ankle across the three planes of motion, as well as the resulting linear velocities of the pelvis, knee, ankle, and foot, and to investigate potential inter-limb differences. **Materials and Methods:** 17 taekwondo athletes of both sexes, with national and international competitive experience, were evaluated. Three-dimensional motion capture was performed using the Qualisys® Oqus system with 10 infrared cameras operating at 300 Hz. Markers were tracked with the Qualisys Track Manager (QTM) software, while angular variables and linear velocities were processed using Visual 3D (V3D). Customized routines in Matlab® were applied to obtain mean curves and standard deviations at each point of the trajectory. Time-series data were normalized and inter-limb comparisons were conducted using the Statistical Parametric Mapping (SPM) method. **Results:** both kicking techniques demonstrated a multisegmental and multiplanar pattern, with a proximal-to-distal temporal sequence of velocity peaks, culminating in higher velocities in the distal segments. Analysis of range of motion and linear velocities revealed that the *bandal tchagui* is characterized by greater rotational predominance and elevated distal velocities, whereas the *yop tchagui* requires greater control of abduction, pelvic elevation, and precision at impact. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between dominant and non-dominant limbs, indicating biomechanical asymmetries. **Conclusion:** taekwondo kicking techniques demand high intersegmental coordination, and multiplanar analysis is essential for understanding performance. Furthermore, the identification of asymmetries may contribute to the design of individualized training strategies and injury prevention in athletes.

Keywords: taekwondo; biomechanics; kinematics; kicks; lower limbs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Bandal Tchagui .....	11
Figura 2 - Yop Tchagui.....	13
Figura 3 - Imagem ilustrando marcadores anatômicos e clusters. ....	20
Figura 4- Imagem do set up de coleta.....	21
Figura 5 – Imagem da coleta estática e set up de coleta .....	22
Figura 6 – Imagem dos marcadores no QTM e ilustração dos segmentos criados no V3D; .....	24
Figura 7- Imagem ilustrativa do ciclo do Bandal Tchagui (Half-fly).....	26
Figura 8 - Imagem ilustrativa do ciclo do Yop Tchagui (Fly).....	27
Figura 9 - Gráficos das variações angulares do Bandal Tchagui. ....	30
Figura 10 - Velocidades Lineares Resultantes: Bandal Tchagui .....	33
Figura 11 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das variações angulares do bandal tchagui. ....	34
Figura 12 -Diferenças estatisticamente significativas via SPM: Velocidades .....	35
Figura 13 - Gráficos das variações angulares do Yop Tchagui.....	38
Figura 14 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das velocidades do yop tchagui. ....	41
Figura 15- Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das variações angulares do yop tchagui. ....	42
Figura 16 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das velocidades do yop tchagui. ....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com as amplitudes de movimentos (Maior° - Menor°) do bandal tchagui.....	32
Tabela 2 - Pico máximo das Velocidades lineares resultantes (m/s) e porcentagem do ciclo.....	33
Tabela 3 - Tabela com as amplitudes de movimentos (Maior° - Menor°) do yop tchagui.....	38
Tabela 4 - Pico máximo das Velocidades lineares resultantes (m/s) e porcentagem do ciclo.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM: amplitude de movimento.

D: lado dominante.

DP: desvio padrão.

ND: lado não dominante.

PSE: percepção subjetiva do esforço.

PSR: percepção subjetiva da recuperação.

QTM: Qualisys Track Manager.

SPM: Statistical Parametric Mapping.

TALE: termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

TCLE: termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TKD: taekwondo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO EXPANDIDA</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1 Objetivo Geral .....	16
2.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>3 HIPÓTESES</b> .....	<b>17</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
4.1 Cuidados ético .....	18
4.2 Delineamento do estudo .....	18
4.3 Amostra e Caracterização dos participantes.....	18
4.4 Procedimento do estudo .....	19
4.5 Coleta de dados .....	19
4.6 Preparação do sujeito .....	20
4.7 Aquecimento .....	21
4.8 Coleta tridimensional do movimento – Cinemática .....	21
4.8.1 Coleta Estática .....	22
4.8.2 Coleta Dinâmica.....	22
4.9 Análise e processamento de dados .....	23
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
5.1 Descrição dos movimentos angulares articulares – <i>Bandal tchagui</i> : .....	29
5.2 Descrição das velocidades lineares resultantes – <i>Bandal tchagui</i> :.....	32
5.3 Comparação das curvas médias das variações angulares (Dominante x Não dominante) – <i>Bandal tchagui</i> .....	33
5.4 Comparação das curvas médias das velocidades lineares resultantes (Dominante x Não dominante) – <i>Bandal tchagui</i> .....	35
5.5 Descrição dos movimentos angulares articulares – <i>Yop tchagui</i> : .....	36
5.6 Descrição das velocidades lineares resultantes – <i>Yop tchagui</i> :.....	40
5.7 Comparação das curvas medias das variações angulares (Dominante x Não dominante).....	41
5.8 Comparação das curvas médias das velocidades lineares resultantes (Dominante x Não dominante) .....	43
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
6.1 Amplitudes de Movimentos (ADM).....	44
6.2 Velocidades lineares resultantes .....	49
6.3 Lateralidade (dominante x não dominante).....	51
6.4 Aplicações Práticas.....	54
<b>7 LIMITAÇÕES</b> .....	<b>56</b>

<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO EXPANDIDA

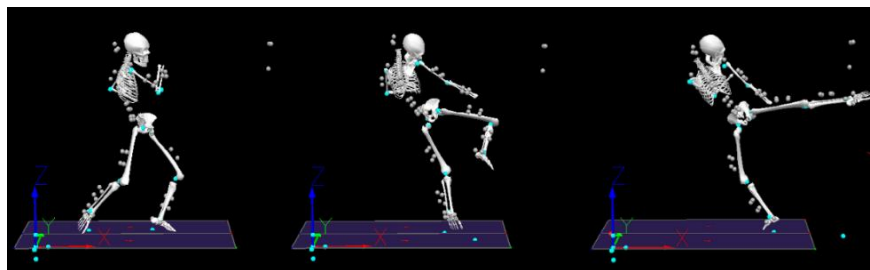
O taekwondo (TKD) é uma arte marcial de origem coreana que se consolidou como um esporte de combate olímpico, caracterizado por diferentes tipos de golpes (Huang *et al.*, 2025; Lin *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2021; Lystad; Pollard; Graham, 2009). Os atletas de TKD executam uma variedade de técnicas de chutes e de socos com graus variados de complexidade e eficácia de forma intermitente (Bridge *et al.*, 2014; Bridge; Jones; Drust, 2009). Sabe-se ainda que em situações de combate, os golpes devem ser deferidos com velocidade e precisão, a fim de superar a defesa ou reação do oponente com calibração suficiente para pontuar (Corcoran *et al.*, 2024; Góra *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2021). Nesse sentido, a eficácia do desempenho está diretamente relacionada à capacidade do atleta em integrar componentes motores, técnicos e táticos, adaptando-se às constantes variações e exigências impostas pelo oponente.

No TKD, as técnicas de chutes têm pontuações mais elevadas do que as técnicas de soco, sendo as principais habilidades de ataque durante um combate (Corcoran *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2010; Lin *et al.*, 2023; Miziara *et al.*, 2019). Os chutes oferecem uma maior área de contato para atingir o alvo, como o tórax e a cabeça, em comparação às técnicas de soco, que se restringem ao tórax (WORD TAEKWONDO, 2024). Além disso, os membros inferiores são capazes de alcançar distâncias maiores e gerar forças superiores em relação aos membros superiores (Kim *et al.*, 2010; Lin *et al.*, 2023). Estudos prévios têm demonstrado que a velocidade do chute é fundamental para determinar um vencedor, pois golpes com altas velocidades fazem com que os oponentes tenham menos tempo para se defenderem (Falco *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2021; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016; Moreira *et al.*, 2018). De acordo com Moreira *et al.* (2018), a velocidade e o tempo de chute desempenham papéis cruciais na produção da força de impacto, sendo diretamente influenciados pela energia cinética do movimento e resultantes das interações complexas entre as variações angulares e os momentos articulares.

Entre as técnicas de chutes do TKD, o *bandal tchagui* e o *yop tchagui* são amplamente utilizados durante um combate (Cheng *et al.*, 2015; Corcoran *et al.*, 2024; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016; Moreira *et al.*, 2018; Wasik, 2011). Apesar

dos poucos estudos relatados na literatura em relação à descrição biomecânica entre os tipos de chutes do TKD, a descrição do *bandal tchagui* é a mais encontrada na literatura, por ser o chute mais frequente durante um combate (Estevan; Falco, 2013; Kim *et al.*, 2010; Kwan Kim; Hyuk Kim; Ja Im, 2011; Liu *et al.*, 2021; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016;). O *bandal tchagui* também conhecido como *semicircular*, *roundhouse kick* ou *turning kick* (Harun; Jun, 2010; Moreira, 2015; Silva, 2013) tem como objetivo golpear o adversário na direção do tórax com o dorso do pé. De maneira geral, é descrito como um movimento de arco multiplanar com a articulação do joelho flexionada que ao se aproximar do impacto se estende de forma rápida para execução do golpe (Figura 1) (Bashar; Falco *et al.*, 2009; Osama, 2018). Somado a isso, sabe-se ainda que no *bandal tchagui* a impulsão da pelve para frente, a alta velocidade de rotação interna de quadril e a velocidade angular de flexão e extensão dos joelhos contribuem ativamente para a execução de um chute rápido e forte (Kwan Kim; Hyuk Kim; Ja Im, 2011; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016; Vieira *et al.*, 2018).

Figura 1- *Bandal Tchagui*



Fonte: autoria própria

Alguns autores que descrevem biomecanicamente o *bandal tchagui* têm classificado essa técnica como um chute de balanço, ou seja, considerando um padrão de transmissão “próximo-distal” (Estevan *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2010; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016; Vieira *et al.*, 2018). Em termos biomecânicos, o movimento de um chute é caracterizado por uma sequência coordenada em que o segmento proximal inicia e acelera o movimento antes que o segmento distal atinja seu pico de velocidade (Kim *et al.*, 2010; Kwan Kim; Hyuk Kim; Ja Im, 2011; Moreira *et al.*, 2015). Dessa forma, a velocidade do segmento distal é influenciada tanto pela velocidade do segmento proximal quanto pela interação entre os diferentes segmentos corporais. Segundo Estevan *et al.*, (2015), a cinemática do *bandal*

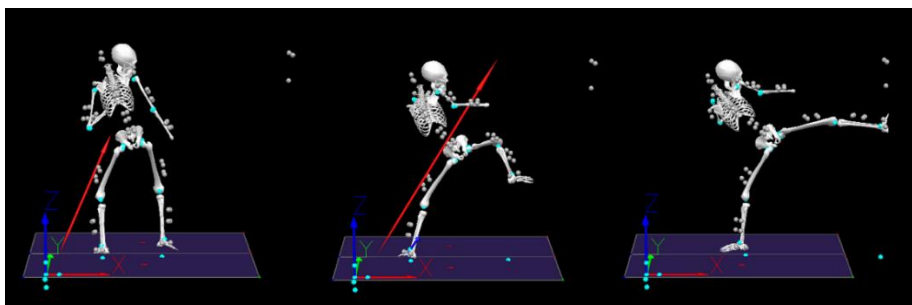
*tchagui* é marcada inicialmente pela aceleração dos segmentos proximais, enquanto os segmentos distais desaceleram. À medida que o momento do impacto se aproxima, ocorre uma inversão nesse padrão: os segmentos distais passam a ser acelerados, enquanto os proximais desaceleram. Um estudo realizado por Liu *et al.*, (2021) que buscou entender a relação de características cinemáticas do chute em diferentes ângulos de ataque observou que competidores de TKD parecem ser capazes de ajustar rapidamente o ângulo de ataque ao alvo mantendo uma elevada velocidade linear da pelve garantindo que o pé de ataque atinja rapidamente o alvo. Esse estudo ainda demonstrou que independente do ângulo de ataque, o pico das velocidades lineares das articulações distais era maior do que das articulações proximais nos diferentes ângulos perto do impacto com o alvo. No entanto, ao contrário de outras modalidades esportivas, cuja biomecânica do chute já é mais consolidada na literatura, no taekwondo ainda são escassos os estudos que investigam esse padrão de movimento e em diferentes tipos de chutes.

Somado a isso, alguns aspectos metodológicos observados em estudos que descrevem a cinemática do *bandal tchagui* merecem ser discutidos. Por exemplo, a distância inicial em relação ao alvo é definida com base no comprimento do membro inferior do atleta ou de acordo com a altura do abdome, como foi realizado no trabalho de Moreira e colaboradores (2015) e de Thibordee S e Prasartwuth (2014) respectivamente. Um estudo conduzido por Kim *et al.*, (2010), cujo objetivo foi investigar os efeitos da distância ao alvo no chute circular, verificou que a variação da distância influencia diretamente a biomecânica do movimento, afetando, principalmente, parâmetros como a flexão do quadril e a rotação da pelve. Assim, ao se adotar uma distância inicial fixa para descrever o gesto do chute, corre-se o risco de desconsiderar fatores essenciais, como a altura, o peso e até mesmo as preferências individuais do atleta para a execução do movimento. Outro ponto relevante é que alguns estudos (Góra *et al.*, 2024; Miziara *et al.*, 2019; Gavagan., 2017; Moreira *et al.*, 2015, Kim Kim Im., 2011) utilizam alvos imaginários ou de pequenas dimensões para descrever a cinemática do chute, o que compromete a representatividade da tarefa. Considerando que o chute no taekwondo é altamente orientado ao alvo, a ausência de um estímulo visual realista, como um boneco de *sparing*, por exemplo, pode reduzir o esforço do atleta e alterar variáveis

biomecânicas importantes, como os deslocamentos angulares e a velocidade do chute.

Embora a maior parte da literatura biomecânica tenha se concentrado no *bandal tchagui*, outras técnicas fundamentais, como o *yop tchagui*, também merecem uma atenção. Atualmente, o *yop tchagui (side kick)* também tem se destacado nos combates por sua versatilidade, sendo amplamente empregado tanto em ações ofensivas quanto defensivas, além de ser utilizado estrategicamente para induzir o oponente ao ataque (Lin *et al.*, 2023). Além disso, Huang *et al.* (2025) descrevem que em atletas campeões a taxa de utilização do chute lateral durante os combates têm sido significativamente maior comparada aos demais atletas, sendo sua eficácia relacionada a sua potência e sua velocidade de execução. Sendo assim, atualmente, o *yop tchagui* tem se tornado uma das principais técnicas de chute devido ao seu movimento rápido e preciso. De maneira geral, é caracterizado como um chute lateral de ataque direto, executado deslocando-se o pé de apoio para o lado e elevando a perna de chute lateralmente realizando flexão simultânea do quadril, abdução e flexão do joelho, seguida de extensão do joelho para atingir o adversário com a sola do pé (Figura 2) (Corcoran *et al.*, 2024; Lin *et al.*, 2023; Wąsik, 2011). Entretanto, ainda existem lacunas na literatura quanto à compreensão dessa técnica em situações de combate, uma vez que grande parte dos estudos disponíveis se concentra na análise do chute lateral aplicado especificamente ao movimento de pomsae e de quebra de tábuas (Hwang *et al.*, 2025)

Figura 2 - *Yop Tchagui*



Fonte: autoria própria

Embora o *yop tchagui* seja frequentemente classificado como um movimento de trajetória predominantemente linear, levando muitos treinadores a concentrarem

seus treinamentos no plano sagital, estudos prévios (Lin *et al.*, 2023; Wąsik, 2011) têm destacado a relevância dos demais planos de movimento na execução eficaz dessa técnica. Por exemplo, Wasik (2011), ao investigar a biomecânica do *yop tchagui* com base no tempo de execução das articulações do joelho e do pé, concluiu que a maior velocidade do pé ocorreu em associação com o pico de velocidade angular do joelho. No entanto, o estudo desconsiderou articulações proximais fundamentais, como o quadril e a pelve, que exercem papel central na coordenação intersegmentar. Corroborando essa perspectiva, estudos realizados por Kim *et al.* (2010) e Lin *et al.* (2023) demonstraram que atletas de elite são capazes de adaptar seus movimentos a diferentes alturas-alvo, principalmente por meio de ajustes em variáveis cinemáticas do plano transversal, como a velocidade linear e angular da pelve e do quadril. Esses achados reforçam a importância de uma abordagem mais profunda na análise e no treinamento do *yop tchagui*, ampliando a compreensão da complexidade biomecânica envolvida na técnica.

Sabe-se ainda que, em competições de taekwondo, os atletas precisam alternar continuamente o uso dos membros inferiores para realizar movimentos ofensivos e defensivos, em resposta às demandas dinâmicas e imprevisíveis do combate. Segundo Falco *et al.* (2009), em modalidades de combate que incluem diversas técnicas de chute, essa alternância é fundamental para manter a eficácia do desempenho durante a luta. Para que isso ocorra de forma eficiente, é necessário que exista um equilíbrio nos parâmetros biomecânicos entre os membros inferiores dominante e não dominante. A presença de assimetrias relevantes entre os membros inferiores pode comprometer a qualidade técnica do golpe, reduzir a capacidade de gerar velocidade e, conseqüentemente, resultar em menor pontuação. Apesar disso, ainda existem lacunas na literatura sobre o comportamento cinemático entre os membros em contextos mais dinâmicos, que envolvem a execução de chutes consecutivos. Os poucos estudos realizados com atletas de nível nacional e internacional (Wąsik *et al.*, 2022; Falco *et al.*, 2009; Tang, Chang e Nien., 2007) apontam uma redução das diferenças entre dominante e não dominante, sem variações significativas em velocidades, tempos ou impacto. Entretanto, todos esses trabalhos analisaram chutes semicirculares partindo de posições estáticas. Nesse sentido, é plausível que análises baseadas em séries temporais possam revelar diferenças sutis de desempenho entre os membros.

Além da importância da simetria entre os membros para o desempenho esportivo, desequilíbrios na lateralidade podem estar associados a um maior risco de lesões, uma vez que os atletas tendem a desenvolver assimetrias estruturais e funcionais ao longo do tempo (Helme *et al.*, 2021; Maloney, 2018). Essas diferenças podem gerar sobrecarga em articulações específicas, alterar padrões de movimento e comprometer tanto a eficiência técnica quanto a longevidade da carreira esportiva. Nesse sentido, compreender as possíveis assimetrias entre os membros inferiores torna-se essencial não apenas para otimizar o desempenho competitivo, mas também para fundamentar estratégias de prevenção de lesões, de prescrição de treinamento individualizado e de monitoramento contínuo, especialmente em atletas de alto rendimento que estão sujeitos a demandas intensas e repetitivas.

Portanto, embora existam estudos que investigaram a biomecânica do *bandal tchagui* e do *yop tchagui*, como exemplificado acima, ainda são limitadas as pesquisas que abordam a execução desses movimentos em contextos metodológicos diferentes e que investiguem como se comporta o padrão de movimento nas diferentes técnicas de chutes e na lateralidade entre os membros inferiores. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi descrever as variações angulares das articulações do membro inferior de chute (pelve, quadril, joelho e tornozelo) nos planos sagital, frontal e transversal, assim como a velocidade linear da pelve, joelho, tornozelo e pé, durante a execução do *bandal tchagui* e do *yop tchagui*. Além disso, descrever possíveis diferenças cinemáticas entre o membro dominante e não dominante de chute.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Descrever as amplitudes de movimentos das articulações do membro inferior de chute (pelve, quadril, joelho e tornozelo) nos planos sagital, frontal e transversal, assim como a velocidade linear da pelve, joelho, tornozelo e pé, durante a execução do *bandal tchagui* e do *yop tchagui*. Além disso, comparar possíveis diferenças cinemáticas entre o membro dominante e não dominante de chute.

### 2.2 Objetivos Específicos

- I. Descrever os movimentos angulares e as amplitudes de movimento do membro inferior de chute (pelve, quadril, joelho e tornozelo) nos três planos de movimento, durante a execução do *bandal* e do *yop tchagui*.
- II. Descrever os picos das velocidades lineares resultantes da pelve, joelho, tornozelo e pé durante a execução do *bandal* e do *yop tchagui* no membro dominante e não dominante de chute.
- III. Comparar se há diferenças cinemáticas (variações angulares e velocidades lineares) entre os membros inferiores de chute, dominante e não dominante, durante a execução do *bandal* e do *yop tchagui*.

### 3 HIPÓTESES

- I. As amplitudes de movimento articular serão maiores no membro de chute dominante quando comparado com o membro de chute não dominante, tanto no *bandal tchagui* como no *yop tchagui*.
- II. O membro dominante de chute irá produzir maiores picos de velocidades lineares quando comparado com o membro de chute não dominante, tanto no *bandal tchagui* como no *yop tchagui*.
- III. Os picos das velocidades lineares ocorrerão sequencialmente dos segmentos proximais para os segmentos distais, tanto no *bandal tchagui* como no *yop tchagui*.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Cuidados éticos

O presente estudo foi apresentado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - (CAAE 81274024.2.0000.5149). Os voluntários maiores de idade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A). Para os participantes menores de 18 anos, foi obtido o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), enquanto seus responsáveis assinaram o Termo de Consentimento correspondente (APÊNDICE B). O termo de autorização de uso da imagem foi apresentado e assinado por todos os participantes (APÊNDICE C).

### 4.2 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo exploratório descritivo do tipo transversal. Esse estudo seguiu e pontuou a lista de itens de verificação *STROBE* que devem ser incluídos em estudos transversais (ANEXO A)

### 4.3 Amostra e Caracterização dos participantes

Foram recrutados, por conveniência, 19 atletas de elite do taekwondo, de ambos os sexos, com níveis de atuação nacional, internacional, mundial e olímpico (Tóquio e Paris). A seleção foi realizada por meio de contato direto com treinadores e preparadores físicos, sendo os participantes provenientes do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE-UFMG), do Centro de Treinamento CART-Contagem e do Instituto Icaro Miguel, todos sediados em Minas Gerais. Dois atletas foram excluídos da amostra devido ao histórico de lesão e à perda de dados. Dessa forma, foram analisados no total 16 atletas de faixa preta e 1 atleta de faixa roxa apresentando as seguintes características: 11 homens e 6 mulheres;  $20,3 \pm 4,46$  anos;  $1,73 \pm 0,10$  m de altura;  $67,3 \pm 13,3$  kg de massa corporal;  $11,35 \pm 5$  anos de prática;  $19,4 \pm 6$  horas de treinamento por semana; todos destros. Como critério de inclusão, os atletas deveriam ser competidores ativos de nível nacional e/ou internacional, com mais de 16 anos de idade, com uma frequência de 4 a 5 treinos

por semana e que não apresentassem histórico de lesão nos últimos três meses anteriores à coleta. Neste trabalho, lesão foi caracterizada como qualquer comprometimento tecidual ou disfunção funcional que resultasse na interrupção da prática esportiva e na diminuição do desempenho (Bahr *et al.*, 2020). Foram definidos como critérios de exclusão atletas que apresentassem qualquer doença neuromuscular (distrofias musculares, neuropatias...), condição neuropsíquica, relato de dor em membros inferiores na semana de coleta, ou que relatassem nota menor que 7/10 na Percepção Subjetiva da Recuperação (PSR) no dia da coleta.

#### 4.4 Procedimento do estudo

Os voluntários compareceram ao Laboratório de Análise do Movimento (LAM) do departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em uma única visita com média de duas horas e meia de duração. Todos os voluntários foram instruídos a manter a rotina de atividades, mas evitar consumo de álcool e cafeína nas 12 horas que precederam a coleta. Todas as coletas foram realizadas no mínimo 24 horas após o último treino do atleta. Os participantes passaram pelas seguintes etapas: coleta de dados, preparação do sujeito, aquecimento e coleta do movimento tridimensional.

#### 4.5 Coleta de dados

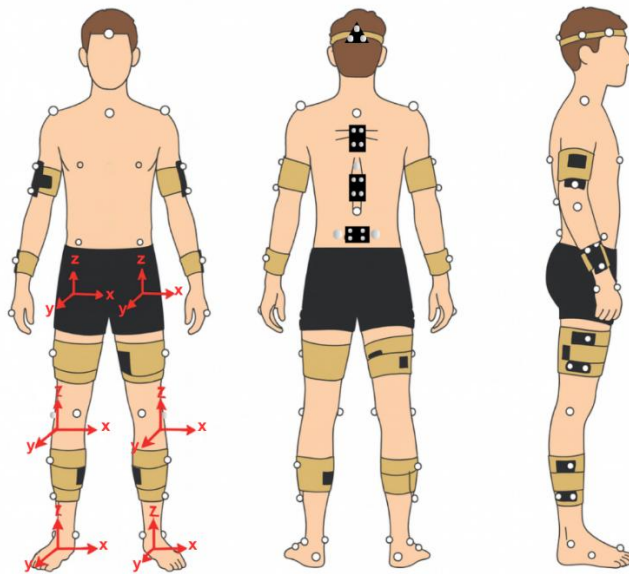
Em um primeiro momento, após as assinaturas dos termos de consentimento, foram registrados os dados pessoais e antropométricos (massa corporal, altura e comprimento do membro inferior) dos voluntários por meio de uma balança digital com altímetro (Filizola S.A. – São Paulo, SP– Brasil). Em seguida, foi realizado um questionário chamado “Perfil do Atleta” (ANEXO B) que contém informações como, o tempo de prática, categoria participante, quantidade de dias e horas de treinamento por semana, número e nível das competições nos últimos dois anos, e se houve lesões nos últimos seis meses. Além disso, era apurada a Percepção Subjetiva da Recuperação (PSR) proposta por Laurent *et al.*, (2011) (ANEXO C) no início de cada coleta, objetivando avaliar a percepção do próprio atleta sobre seu processo de recuperação em relação ao último treino evitando que o nível de fadiga estivesse

elevado no dia da coleta. A fim de saber a dominância de membro inferior, foi utilizada a seguinte pergunta: “Se você fosse chutar uma bola, com qual perna chutaria?” (Barfield; Kirkendall; Yu, 2002).

#### 4.6 Preparação do sujeito

Foram colocados 40 marcadores anatômicos de 14 mm de diâmetro para a construção do modelo biomecânico do participante (Figura 3). As proeminências anatômicas em que os marcadores eram afixados eram identificadas por meio de palpação e marcadas na pele do atleta com caneta hidrográfica pela pesquisadora principal (APÊNDICE E). Foram colocados 52 marcadores de rastreamento que, agrupados em pequenos conjuntos (3-4), são denominados *clusters* (Figura 3). Os *clusters* têm como função rastrear os movimentos dos segmentos e foram fixados por meio de fita dupla-face e/ou por *Kinesio Tape* em regiões específicas. Para definições de eventos das fases do chute e para informar a posição do alvo no espaço, foram colocados 3 marcadores em um boneco de *sparing* (marca Boomboxe equipado com um protetor de tórax – modelo *Daedo*®).

Figura 3 - Imagem ilustrando marcadores anatômicos e clusters utilizados durante a coleta estática.



Fonte: autoria própria

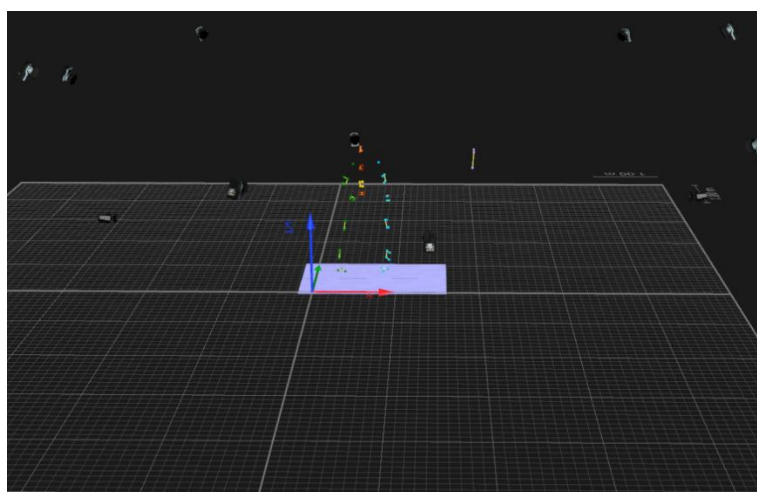
#### 4.7 Aquecimento

Após a preparação do sujeito, foi realizado um aquecimento de cinco minutos seguindo o protocolo estabelecido por Mesquita *et al.* (2019), sendo dois minutos de corrida autorritmada e três minutos de chutes no ar, também em ritmo autoimposto. A única condição estabelecida foi que durante os chutes no ar pelo menos uma vez o atleta deveria realizar a técnica do *bandal* e do *yop tchagui*. Após o aquecimento, o atleta seguiu para a coleta do movimento tridimensional.

#### 4.8 Coleta do movimento tridimensional – Cinemática

Para a coleta do movimento tridimensional foi utilizado o sistema passivo de fotogrametria da *Qualisys® Oqus* (Qualisys medical AB®. 411 12 Gothenburg, Suécia), que consistiu em dez câmeras de espectro infravermelho e duas câmeras de vídeo (Figura 4). As reflexões das ondas infravermelhas nos marcadores permitem descrever a localização desses marcadores no espaço-tempo e, dessa forma, criar um modelo tridimensional computadorizado de cada segmento do atleta. A frequência de amostragem de captura foi definida em 300 Hz.

Figura 4- Imagem do *set up* de coleta e modelo *QTM*.

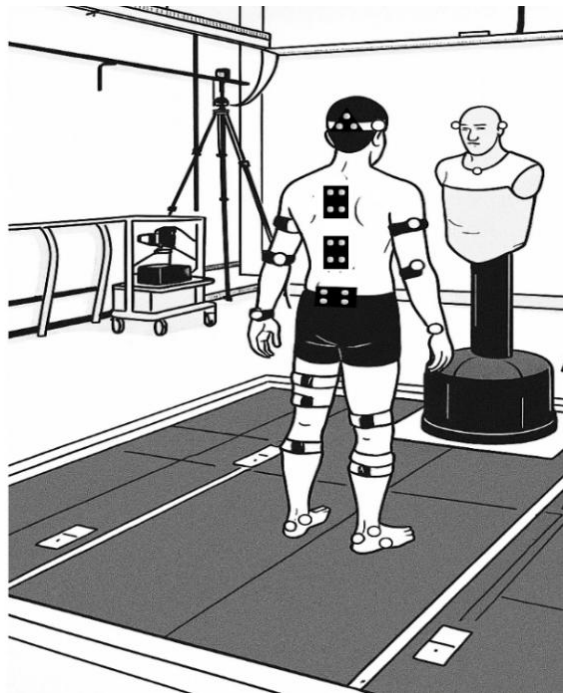


Fonte: autoria própria

#### 4.8.1 Coleta Estática

Para a análise tridimensional do movimento, é necessária a realização de uma coleta estática, que é a fase de reconhecimento da postura padrão ortostática do atleta e verificação de todos os marcadores pelo sistema. Para isso, os voluntários foram instruídos a ficar em pé sobre uma esteira instrumentada do tipo *Bertec*<sup>®</sup> (modo parado), o máximo relaxado, por um período de 10 segundos (Figura 5).

Figura 5 – Imagem da coleta estática e *set up* de coleta com o Boneco de *Sparing*.



Fonte: autoria própria

#### 4.8.2 Coleta Dinâmica

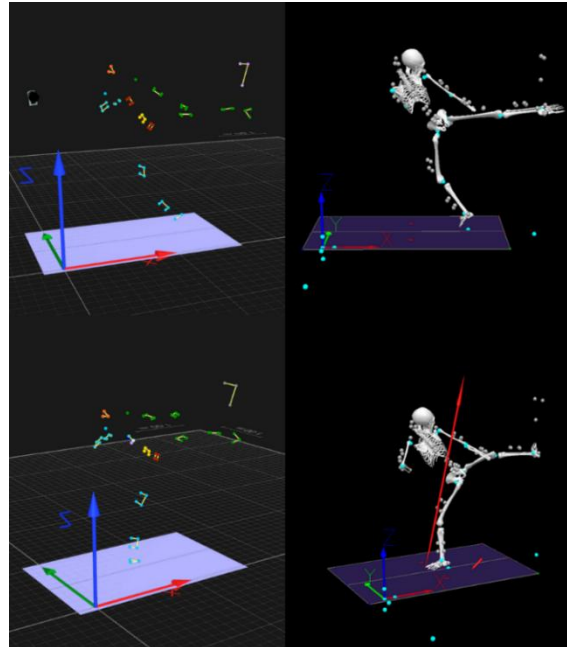
Para a coleta dinâmica, após a coleta estática, foram retirados 32 marcadores anatômicos, mantendo os *clusters* e os marcadores dos acrômios, dos sustentáculos do tálus, das tuberosidades peroneais e dos calcâneos. A ordem de execução das técnicas de chute foi randomizada para cada atleta por meio de uma fórmula de aleatoriedade programada no *Excel* (*Microsoft Office*<sup>®</sup>). Cada técnica de chute foi

atribuída a um número, sendo: 1) *bandal tchagui*, 2) *yop tchagui*. Todos os voluntários realizaram as duas técnicas de chute direcionadas ao boneco de *sparring*. Cada atleta realizou seis chutes sequenciais com cada membro inferior para cada técnica, iniciando com a perna em que se sentia mais confortável. Todos os voluntários optaram pela perna dominante (direita). Os atletas foram instruídos a realizar as técnicas de chute como realizariam durante um combate para a marcação de pontos, seguindo o seguinte comando: “Eu quero que você chute como chutaria durante um combate para acertar o adversário e pontuar”. O intervalo para troca de perna após os 6 chutes sequenciais foi de 10 segundos, e o tempo de descanso entre as técnicas foi de 60 segundos, similar ao tempo de intervalo entre os *rounds* de um combate de taekwondo. Esse tempo de descanso foi estabelecido com o propósito de evitar a indução de fadiga e exaustão, garantindo que a execução dos movimentos ocorresse de forma mais natural e representativa possível. O tempo foi cronometrado pela pesquisadora responsável por meio de um telefone celular e os atletas eram instruídos a começar no seguinte comando “Prepara... vai”. Durante os intervalos de descanso entre as técnicas e entre os chutes, era coletada a *Escala de Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)* (BORG.,1982) (ANEXO D). A altura do BOB foi ajustada em relação à incisura jugular do participante e cada um pode escolher a distância horizontal até o alvo com que se sentisse mais confortável para iniciar o chute. Durante a coleta não foi fornecido nenhum estímulo de incentivo para os atletas.

#### 4.9 Análise e processamento de dados

Para análise dos dados, os marcadores e clusters foram reconhecidos e nomeados por meio do *Software Qualisys Track Manager® (QTM)* (Figura 6), que é um programa que informa e traduz para o computador os dados coletados pelas câmeras reconhecendo os marcadores referentes e informando suas trajetórias no espaço tridimensional. As séries dos dados que continham perda de quadros (até 10%) foram interpoladas por meio de equações matemáticas geradas pelo próprio QTM, baseado em interpolação polinomial.

Figura 6 – Imagem dos marcadores no QTM e ilustração dos segmentos criados no V3D; Imagens superiores ilustram o movimento do *Bandal tchagui* e as imagens inferiores do movimento *Yop tchagui*.



Fonte: autoria própria

Após o processamento no *Software QTM*, os dados foram transferidos para o *Software Visual 3D*<sup>®</sup>, onde foi criado o modelo biomecânico dos segmentos rígidos com 6 graus de liberdade (Figura 6), com seus sistemas de coordenadas, incluindo os seguintes segmentos: cabeça, tronco, membros superiores, pelve, coxa, pernas e pés. Contudo, neste trabalho serão avaliados os movimentos dos membros inferiores que incluem: pelve, coxa, pernas e pés. O segmento da pelve foi definido com base nas espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS) e póstero-superiores (EIPS), sendo utilizado um cluster rígido posicionado na base do sacro, entre as EIPS, para seu rastreamento. O segmento da coxa teve como referências anatômicas os epicôndilos medial e lateral do fêmur (distalmente) e o centro articular da cabeça do fêmur (proximalmente), sendo rastreado por um cluster fixado no terço distal do segmento. Para o segmento da perna, consideram-se como referências os maléolos medial e lateral (distalmente) e os epicôndilos do fêmur (proximalmente), com o rastreamento realizado por um cluster posicionado também no terço distal da perna. Por fim, o segmento do pé foi definido a partir das cabeças dos primeiro e quinto metatarsos (distalmente) e dos maléolos medial e lateral (proximalmente). O

rastreamento desse segmento foi realizado por meio de um corpo rígido formado por três pontos anatômicos: sustentáculo do tálus, tuberosidade peroneal e calcâneo.

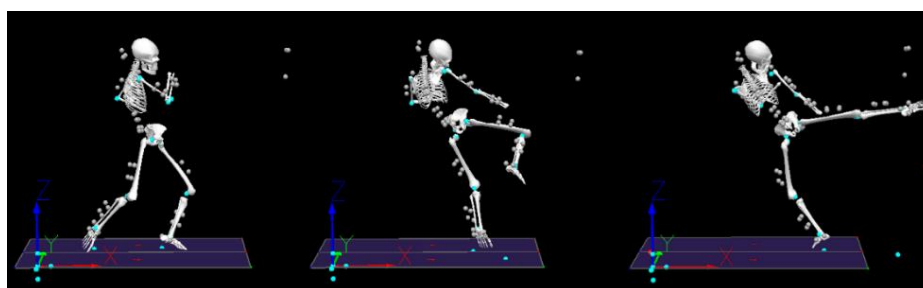
Nesse mesmo programa, os dados foram filtrados com um filtro passa-baixa *Butterworth* de segunda ordem e frequência de corte de 10 Hz, como utilizado por Moreira, Goethel e Gonçalves (2016). Ademais, também foram definidos e calculados os ângulos articulares intersegmentares a partir do sistema de coordenadas do segmento distal em relação ao sistema de coordenadas do segmento proximal, exceto a pelve, que foi calculada em relação ao sistema de coordenadas global (do laboratório). Também foi realizado o cálculo das velocidades lineares resultantes dos centros de massa da pelve e do pé. A velocidade linear resultante do joelho foi considerada como a velocidade da extremidade distal do fêmur e a velocidade linear resultante do tornozelo foi considerada como a velocidade da extremidade distal da tíbia. A velocidade resultante foi calculada como a magnitude escalar das velocidades nos eixos latero-medial, anteroposterior e supero-inferior ( $x, y, z$ ) ( $v = \sqrt{Vx^2 + Vy^2 + Vz^2}$ ) do segmento ou articulação, no sistema de coordenadas global. Além disso, para esse estudo foi considerada a seguinte sequência de Cardan: latero-medial, anteroposterior e supero-inferior ( $x, y, z$ ).

Para obter as curvas médias e o desvio-padrão em cada ponto da curva, foram utilizadas rotinas customizadas com o uso do *Software Matlab*<sup>®</sup>, onde as curvas foram plotadas para a descrição dos dados cinemáticos. Os valores máximos e mínimos das curvas médias foram extraídos pelo *Matlab*<sup>®</sup> e descritos em uma planilha do *Excel*<sup>®</sup> (*Microsoft Office*<sup>®</sup>) onde foram calculadas as amplitudes de movimento (diferença entre o maior e o menor valor encontrado na curva média). Foram descritas, também, as velocidades lineares resultantes. Além disso, as curvas normalizadas em relação ao ciclo do chute foram usadas para investigar diferenças entre o membro dominante e não dominante de chute. Deve-se ressaltar que, para análise das variáveis cinemáticas, o primeiro chute de cada série e técnica foi excluído por ter sido realizado com os pés em posição inicial fixa, o que poderia comprometer a representatividade de um movimento mais dinâmico e realista. Assim, as séries temporais dos 5 chutes em ambas as técnicas foram normalizadas

em 101 pontos, correspondendo aos 100% do ciclo do chute.

Para análise de dados é necessária a determinação de eventos para que o ciclo do chute seja definido. Baseado em Moreira et al. (2014), o ciclo do chute do TKD geralmente é denominado como “fly”, que representa a saída do pé até a volta do mesmo pé para o solo. Entretanto, ao avaliar qualitativamente o movimento do *bandal tchagui*, percebeu-se que a fase de retorno do pé ao solo não poderia ser incluída nessa análise, uma vez que cada atleta apresentava padrões distintos de recuo, por vezes com movimentos mais curtos, terminando a frente do pé de apoio e, por vezes mais longos, terminando atrás do pé de apoio, o que altera significativamente a biomecânica dessa etapa. Neste presente estudo, então, optou-se pela denominação do ciclo do *bandal tchagui* como “Half-fly”, que representa a saída do pé até o impacto do chute (contato entre o pé e o alvo - BOB). O ciclo foi normalizado de 0 a 100% (Figura 7). O início do movimento, ou seja, a saída do pé, foi definido pelo momento em que o pé de chute se desprende do solo. Para isso, foi utilizado o início da curva ascendente da velocidade do calcanhar no eixo vertical, e o momento do impacto foi determinado pelo pico vertical de deslocamento do centro de massa do pé. Como o objetivo do presente estudo foi descrever a técnica de chute de forma mais natural do movimento, nenhuma restrição ou padronização foi imposta quanto à forma de retorno do membro. A única orientação fornecida aos atletas foi a utilização da perna traseira como perna de chute.

Figura 7- Imagem ilustrativa do ciclo do *Bandal Tchagui*. As imagens representam o ciclo *Half-fly* (0-100%) – à esquerda, a saída do pé de chute, no centro, a flexão máxima do joelho e à direita, o momento de impacto.

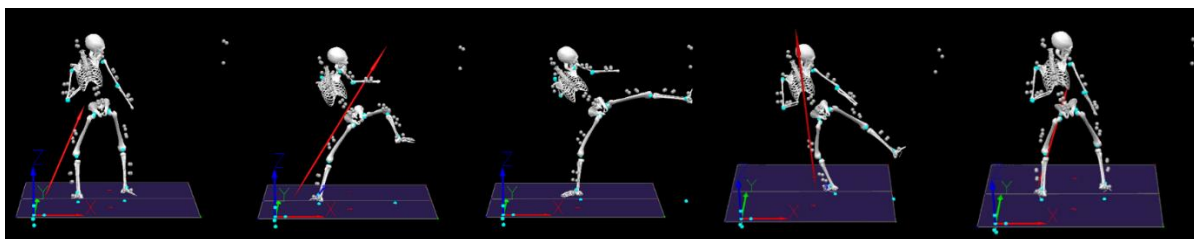


Fonte: autoria própria

Já para a análise dos dados do ciclo do *yop tchagui*, foi possível incluir a fase de retorno do membro de chute, uma vez que o padrão de recuo após o impacto se

mostrou semelhante entre os atletas. Dessa forma, o ciclo completo foi denominado como "*fly*" e normalizado de 0 a 100%, sendo considerado como início o momento em que o pé de chute se desprende do solo e como término o instante em que esse mesmo pé retorna em contato com o solo (Figura 8). Também foi identificado o momento do impacto, definido como o contato entre a sola do pé e o alvo (BOB). Para determinar os eventos de saída e retorno do pé, utilizou-se o início da curva ascendente da velocidade do calcanhar no eixo vertical e o momento do impacto foi identificado com base no pico vertical do deslocamento do centro de massa do pé, conforme adotado anteriormente para o *bandal tchagui*.

Figura 8 - Imagem ilustrativa do ciclo do *Yop Tchagui (Fly)*. As imagens representam o ciclo Fly (0-100%) – à esquerda, saída do pé de chute, no centro o momento do impacto e à direita, a volta do mesmo pé para o solo.



Fonte: autoria própria

Para análise das velocidades lineares resultantes considerou-se o ciclo como a saída do pé até o momento do impacto para ambas as técnicas de chute, para a pelve, joelho, tornozelo e pé. Essa análise foi realizada com o objetivo de explorar e entender como se comportam as velocidades lineares dos segmentos e articulações em diferentes chutes do taekwondo e investigar se realmente há um padrão de movimento e como as articulações se comportam tanto no *yop* como no *bandal tchagui*.

Para análises comparativas entre os membros inferiores, foi utilizado o método *Statistical Parametric Mapping (SPM)*, extraído livremente do site "<https://spm1d.org/>" em formato de código a ser utilizado no *Software Matlab*<sup>®</sup>. A análise foi proposta por Pataky (2012), a partir da teoria de *random field theory* (Pataky; Robinson; Vanrenterghem, 2013). O *SPM* permite analisar ponto a ponto as curvas das séries temporais, destacando não somente se houve diferença entre os

chutes descritos na curva média, mas também em que etapa do ciclo do chute essa diferença foi significativa, diferentemente da estatística clássica utilizada nos estudos de chute do TKD que tendem a comparar valores discretos como os picos e as médias. Nesta pesquisa, foi realizado um teste t de *Student* pareado para a comparação do lado dominante (D) e não dominante (ND) nas variações angulares e nas velocidades lineares resultantes, com nível de significância de 0,05 via *SPM*. A análise da normalidade das curvas foi realizada a priori para determinação da distribuição dos dados, sendo realizado teste de Wilcoxon para dados paramétricos e teste de Mann-Whitney para dados não paramétricos.

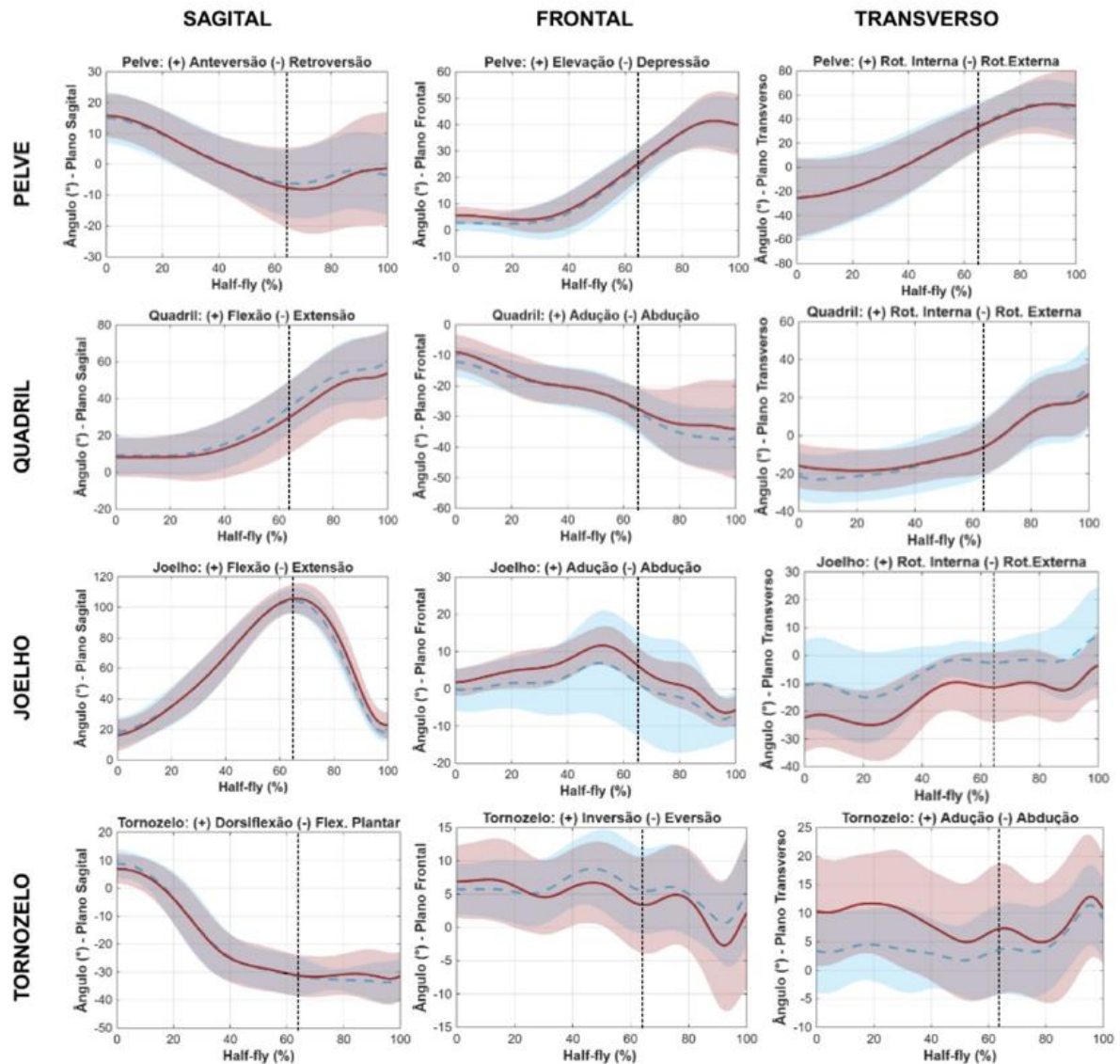
## 5 RESULTADOS

### 5.1 Descrição dos movimentos angulares articulares – Bandal *tchagui*:

Para um maior entendimento da descrição dos movimentos angulares do *bandal tchagui* o ciclo *Half-fly* foi subdividido em duas fases denominadas: fase aérea, que corresponde da saída do pé de chute até a flexão máxima do joelho, representando aproximadamente 65% do ciclo do chute, e; fase de Impacto, que corresponde da flexão máxima do joelho até o momento do contato com o boneco de *sparing*. Foram analisadas as articulações da pelve, quadril, joelho e tornozelo nos três planos de movimento como mostra a Figura 9.

Ao analisar os movimentos angulares da pelve, é possível notar que tanto o membro dominante como o membro não dominante de chute se comportam de maneira semelhante cinematicamente, por esse motivo, a descrição do movimento pélvico foi realizada com base no lado dominante de chute. Na fase aérea do ciclo, a pelve inicia o movimento com uma anteversão pélvica de  $15,8^\circ (\pm 6,9)$  conjugada com uma elevação de  $5,7^\circ (\pm 3,3)$  e uma rotação externa de  $25,3^\circ (\pm 32,5)$ , contudo, ao se aproximar da flexão máxima do joelho a articulação da pelve passa a apresentar um movimento de retroversão conjugada com uma rotação interna e um aumento da elevação pélvica. Já mais próximo do momento do impacto o movimento de retroversão e de elevação pélvica diminuem, enquanto o movimento osteocinemático de rotação interna parece se manter em um platô constante. Entre todos os planos de movimento, o plano transversal apresentou a maior amplitude de movimento entre o maior e o menor valor ( $77,83^\circ$ ), seguido pelo plano frontal ( $37,45^\circ$ ) e sagital ( $23,95^\circ$ ) como demonstrado na Tabela 1. O plano sagital foi o que apresentou o maior desvio padrão entre todos os planos, principalmente durante a fase de impacto.

Figura 9 - Gráficos das variações angulares do *Banda Tchagui*.



Legenda: As curvas vermelhas contínuas correspondem ao lado dominante e as curvas azuis tracejadas correspondem ao lado não dominante. Linha preta tracejada na vertical representa a flexão máxima do joelho ( $\approx 65\%$ ).

A articulação do quadril apresentou ao longo de quase todo o ciclo do chute um padrão de flexão associado à abdução e rotação interna. A única exceção ocorreu no início do movimento, quando o quadril partiu de uma posição em rotação externa, com valores médios de  $15,8^\circ (\pm 11,8)$  no membro dominante e  $21,3^\circ (\pm 12,3)$  no membro não dominante. Além disso, entre os planos analisados, o sagital apresentou a maior amplitude de movimento, com amplitude de movimento de  $45,7^\circ$

no lado dominante e de  $51^\circ$  no lado não dominante. Já no momento do impacto, o lado não dominante apresentou pico de flexão de quadril, cerca de  $60^\circ$ , enquanto o lado dominante atingiu cerca de  $53,9^\circ$  de movimento. Ainda nesse instante, o quadril do membro dominante encontrava-se em menor abdução. De forma geral, parece que durante a execução do *bandal tchagui*, o quadril do membro dominante apresenta uma menor amplitude de movimento em rotação, assim como por menores amplitudes de movimento de flexão e abdução de quadril.

Sabe-se que a maior parte dos movimentos do joelho ocorre no plano sagital, entretanto, ainda que os movimentos nos demais planos apresentem menor amplitude sob a perspectiva cinesiológica e funcional, compreender o comportamento global dessa articulação é essencial. No joelho, maiores variações angulares e os menores valores de desvio padrão ocorreram no plano sagital em ambos os membros, demonstrando um padrão de movimento consistente dessa articulação nesse plano, com amplitude de movimento de aproximadamente  $89^\circ,74$ . No início do movimento, o joelho apresenta uma semiflexão em torno de  $16,2^\circ$  ( $\pm 10,1$ ) para o lado dominante e  $18,2^\circ$  ( $\pm 9,8$ ) para o lado não dominante. Na fase aérea do movimento, o joelho apresentou flexão, adução e rotação externa, atingindo seu pico flexor em 65% do ciclo, com valores de  $105,7^\circ$  ( $\pm 9,7$ ) no membro dominante e  $104,1^\circ$  ( $\pm 8,2$ ) no não dominante. No momento do impacto, observou-se uma inversão do padrão cinesiológico, com a articulação do joelho passando a apresentar movimentos osteocinemáticos de extensão, abdução e rotação interna até o contato com o alvo.

Já a articulação do tornozelo apresentou um padrão de movimento caracterizado por progressiva flexão plantar ao longo de todo o ciclo, partindo próximo à posição neutra e atingindo maiores valores na fase de impacto, sendo  $31,4^\circ$  ( $\pm 8,8$ ) para o lado dominante e  $32,6^\circ$  ( $\pm 7,5$ ) para o lado não dominante. No plano frontal, houve pequenas oscilações entre inversão e eversão, mantendo-se, entretanto, valores próximos da neutralidade durante todo o ciclo do *bandal tchagui*. Já no plano transversal, houve predominância de adução do tornozelo, sobretudo na fase final do ciclo, imediatamente antes do impacto. Esse padrão foi mais estável no membro dominante, enquanto o não dominante apresentou maior variabilidade angular. De forma geral, o tornozelo demonstrou maior amplitude de movimento no

plano sagital, enquanto os planos frontal e transversal parecem ter atuado principalmente em ajustes de posicionamento.

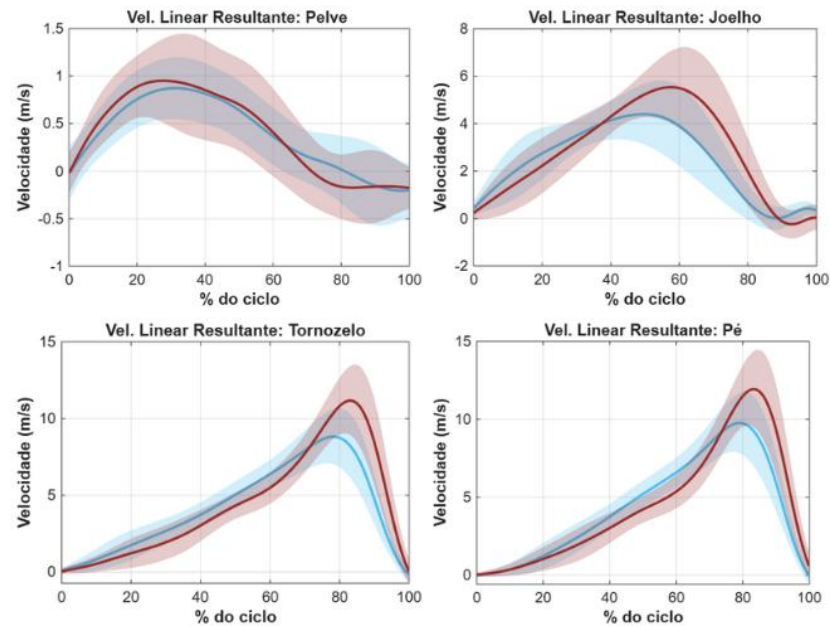
Tabela 1 - Tabela com as amplitudes de movimentos (Maior° - Menor°) do *bandal tchagui*

	Sagital		Frontal		Transverso	
	Dom	N. Dom	Dom	N. Dom	Dom	N. Dom
<b>Pelve</b>	23,95°	21,33°	37,45°	38,93°	77,83°	78,89°
<b>Quadril</b>	45,72°	51,07°	25,09°	25,38°	40,47°	48,68°
<b>Joelho</b>	89,55°	85,98°	18,4°	15,14°	21,35°	21,46°
<b>Tornozelo</b>	39,29°	42,49°	9,92°	8,21°	7,97°	8,71°

Legenda: "Dom" significa dominante e "N. Dom", não dominante.

## 5.2 Descrição das velocidades lineares resultantes – *Bandal tchagui*:

A análise da velocidade linear resultante demonstrou um padrão crescente entre as velocidades segmentares desde o início do chute até o momento de impacto com o alvo, apresentando valores diferentes entre os segmentos e entre os lados dominante e não dominante de chute como demonstrado na tabela abaixo (tabela 2). A pelve foi a articulação que apresentou a menor magnitude de velocidade, atingindo um pico de 0,95 m/s no lado dominante em 28% do ciclo e um pico de 0,87 m/s no lado não dominante em torno de 33% do ciclo, seguido por uma redução dessa velocidade até o momento do impacto. Já o joelho apresentou aumento na velocidade até atingir o pico máximo, sendo 5,53 m/s – 57% para o lado dominante e 4,39 m/s – 51% para o lado não dominante. No tornozelo, a velocidade cresceu de forma contínua até em média 80% do ciclo, ou seja, 20% antes do impacto, alcançando valores próximos de 11 m/s com o lado dominante que apresentou maior magnitude e menor variabilidade, contudo, atingiu o pico um pouco mais tarde quando comparado ao não dominante. De forma semelhante ao incremento da velocidade, o pé foi o segmento que atingiu a maior velocidade linear resultante entre todos os segmentos em ambos os membros, sendo que o lado dominante apresentou valores superiores (11,93 m/s – 82%) em relação ao não dominante (9,76 – 80%).

Figura 10 - Velocidades Lineares Resultantes: *Bandal Tchagui*

Legenda: As curvas vermelhas contínuas correspondem ao lado dominante e as curvas azuis correspondem ao lado não dominante

Tabela 2 - Pico máximo das Velocidades lineares resultantes (m/s) e porcentagem do ciclo

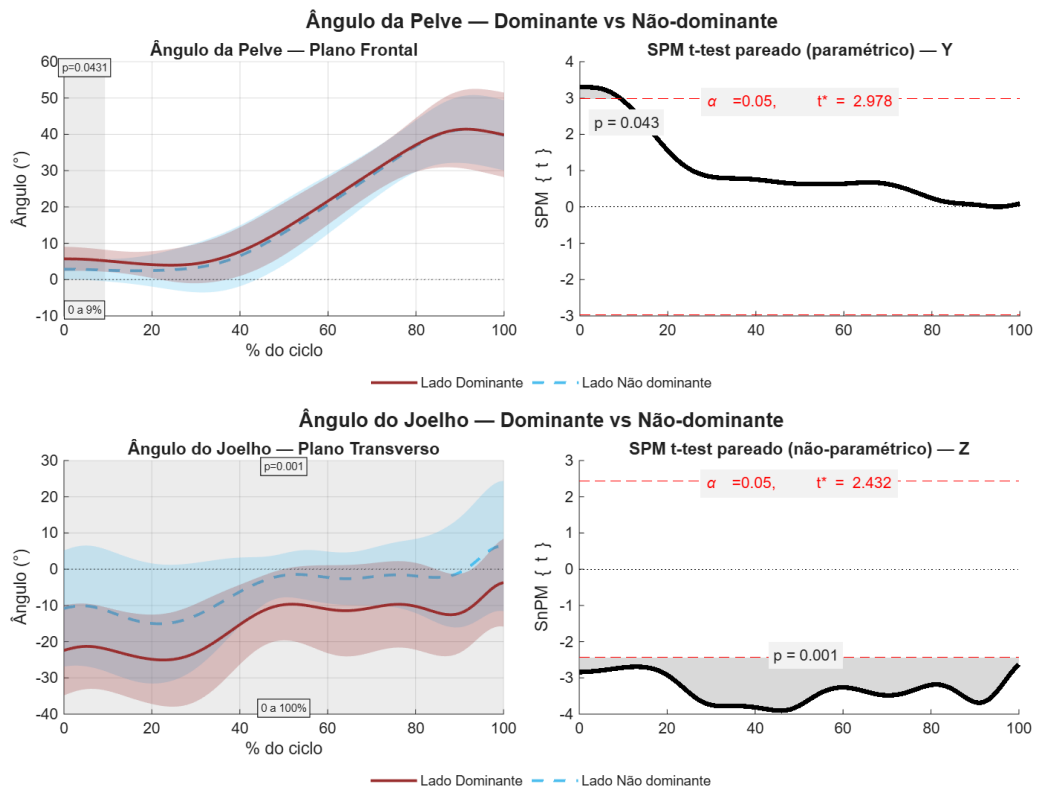
	Dom. (Média / DP)	% do ciclo	N. Dom (Média / DP)	% do ciclo
<b>Pelve</b>	0.95 (± 0.44)	28%	0.87 (± 0.32)	33%
<b>Joelho</b>	5.53 (± 1.56)	57%	4.39 (± 1.29)	51%
<b>Tornozelo</b>	11.17 (± 2.23)	82%	8.82 (± 1.77)	79%
<b>Pé</b>	11.93 (± 2.38)	82%	9.76 (± 1.93)	80%

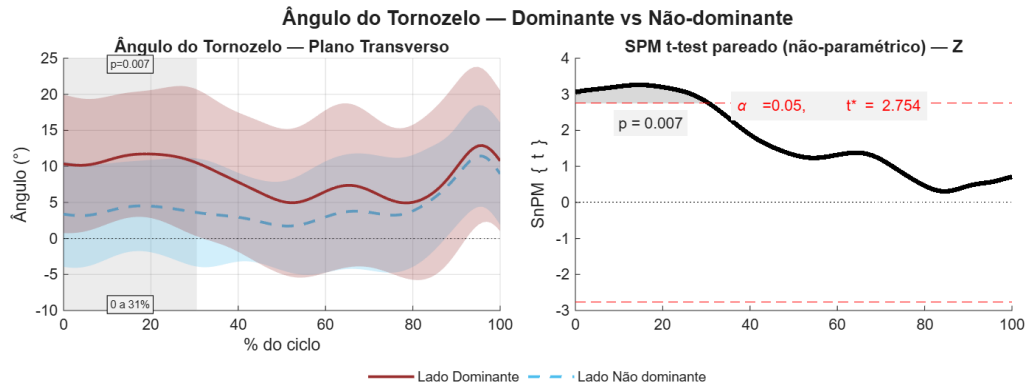
### 5.3 Comparação das curvas médias das variações angulares (Dominante x Não dominante) – *Bandal tchagui*

Na comparação das variações angulares entre membro dominante e não dominante de chute do *Bandal tchagui* pelo método *SPM*, foram encontradas diferenças significativas na pelve (plano frontal), joelho e tornozelo (plano transversal). A figura 11 traz esses gráficos com a ilustração das diferenças encontradas. O ângulo da pelve no plano frontal foi estatisticamente diferente

( $p=0,043$ , 0-9%) no início do ciclo do chute, momento em que o membro não dominante apresentou menor inclinação pélvica em relação ao dominante. Diferenças significativas também foram observadas ao longo de todo o ciclo na articulação do joelho no plano transversal ( $p=0,001$ ), com o membro não dominante apresentando menores valores de rotação externa, resultando em maior movimento cinesiológico de rotação interna ao atingir o alvo. Adicionalmente, no plano transversal da articulação do tornozelo, houve diferença significativa no início do movimento ( $p=0,007$ , 0-31%), indicando que o pé não dominante iniciou o chute com menor adução. Por fim, não foram observadas outras diferenças significativas nas variações angulares entre outros eixos de movimento e articulações.

Figura 11 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das variações angulares do *bandal tchagui*.

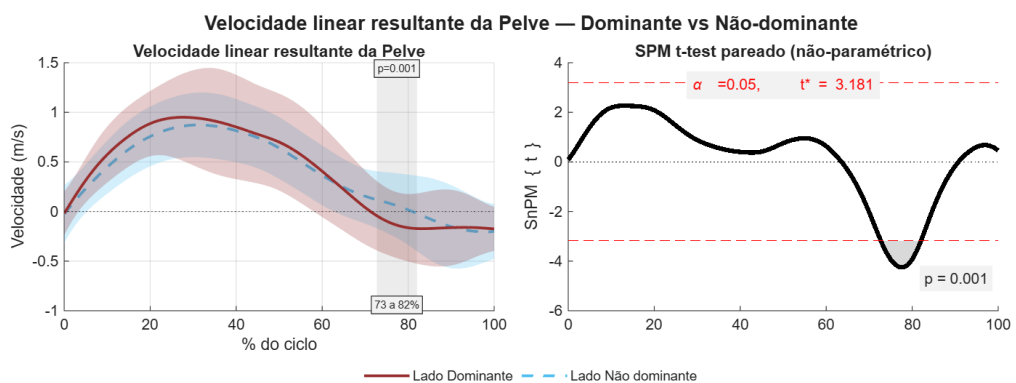


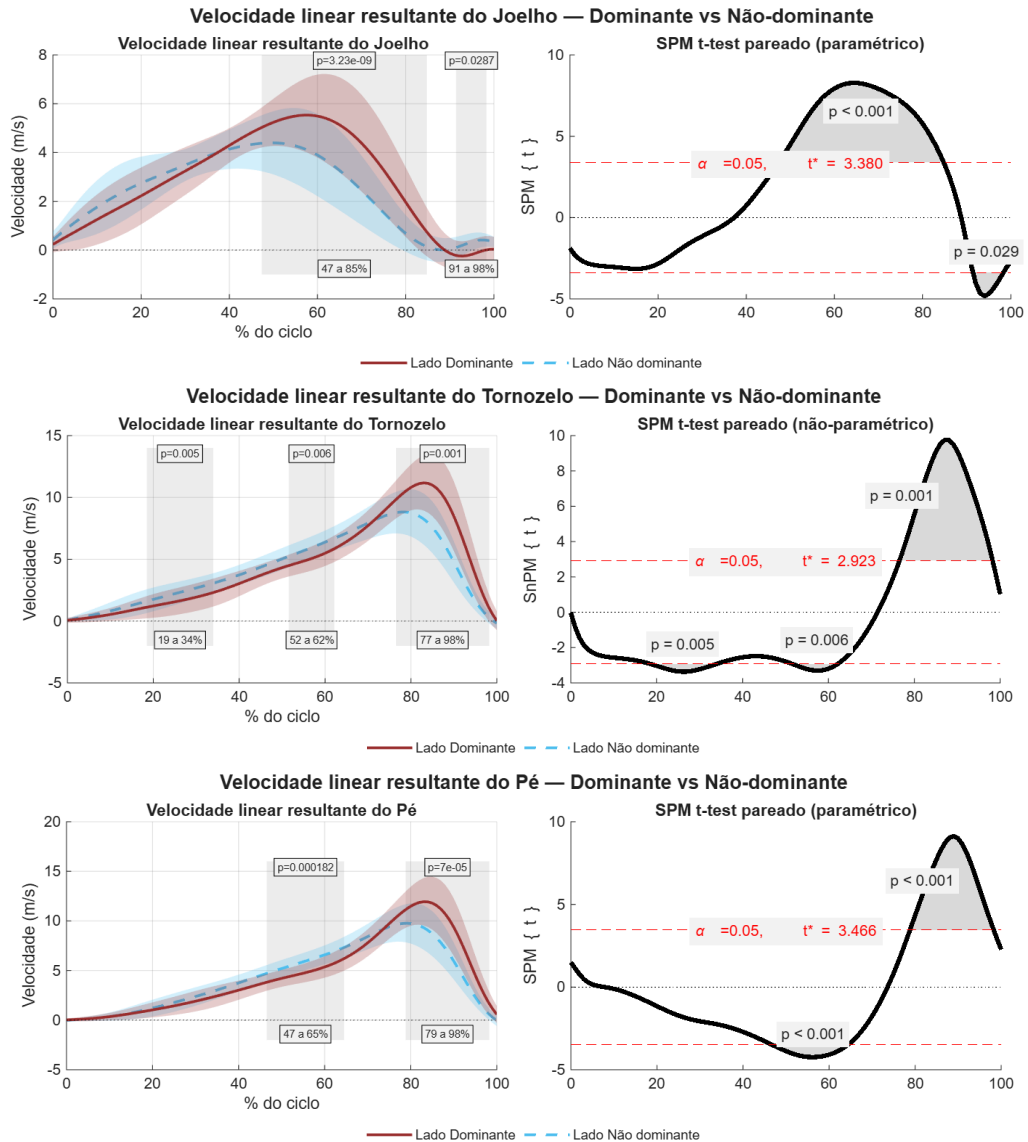


#### 5.4 Comparação das curvas médias das velocidades lineares resultantes (Dominante x Não dominante) – *Bandal tchagui*

A figura 12 traz as diferenças estatisticamente significativas que foram identificadas nas curvas das velocidades lineares resultantes de todos os segmentos analisados ao comparar os membros dominante e não dominante ( $p=0,001$  para a pelve;  $p<0,001$  para o joelho;  $p=0,005$ ,  $p=0,006$  e  $p=0,001$  para o tornozelo;  $p<0,001$  para o pé). Para o joelho, tornozelo e pé, essas diferenças ocorreram principalmente no instante correspondente ao pico de velocidade, com o membro dominante apresentando valores superiores. No entanto, para a pelve, a diferença foi observada apenas na fase final do movimento, na qual o membro não dominante apresentou uma maior velocidade resultante.

Figura 12 -Diferenças estatisticamente significativas via SPM: Velocidades

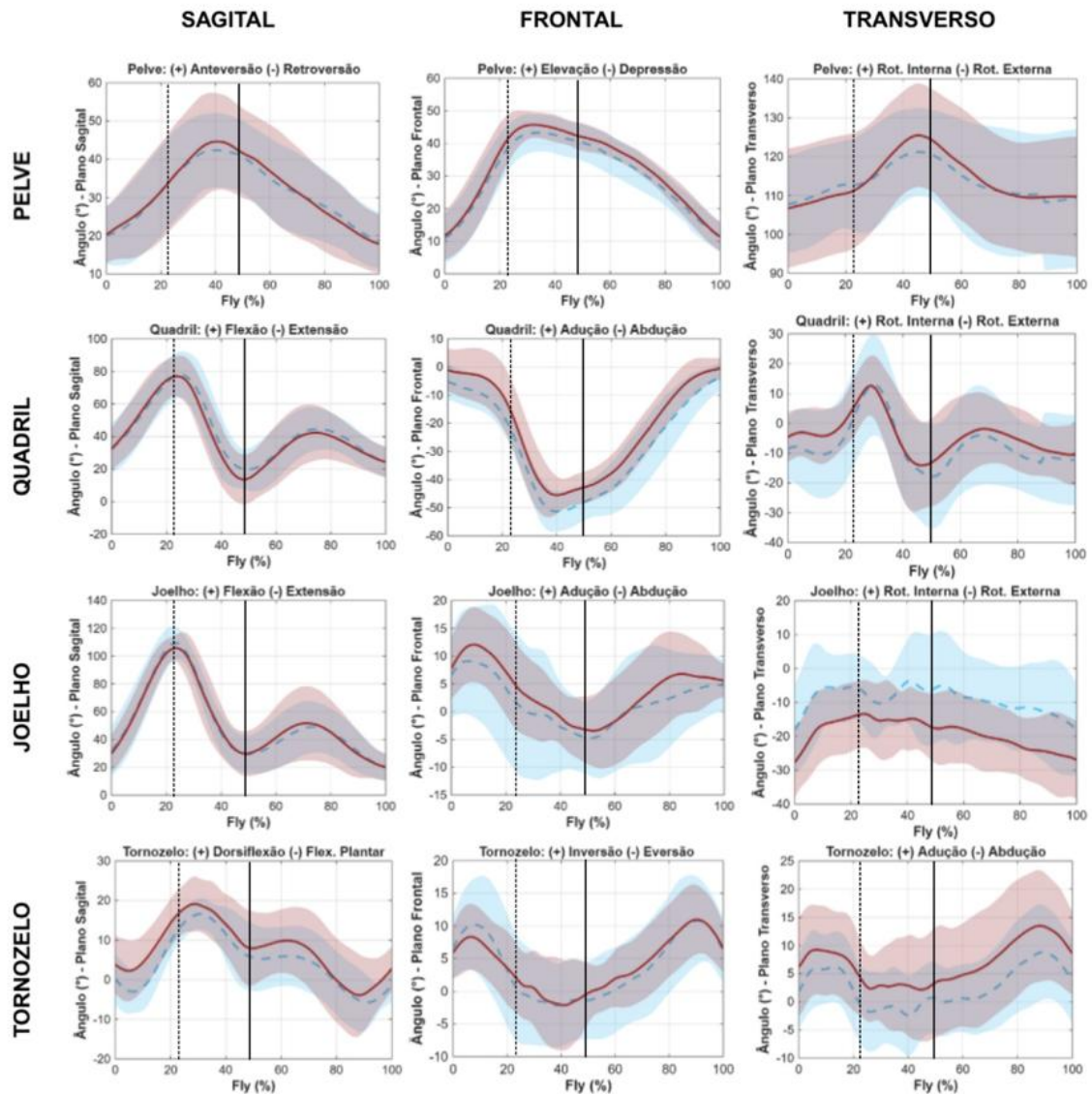




### 5.5 Descrição dos movimentos angulares articulares – *Yop tchagui*:

Para uma melhor compreensão da descrição dos movimentos angulares durante a execução do *yop tchagui*, o ciclo *Fly* foi subdividido em três fases: aérea, correspondente ao intervalo entre a saída do pé do solo e a flexão máxima do joelho (aproximadamente 0% - 23% do ciclo); impacto, compreendendo da flexão máxima do joelho até o contato com o boneco de *sparing* (em média 49% do ciclo); e retorno, que se refere ao movimento de retorno do pé ao solo após o impacto – 100% (Figura 8). Nessas fases, foram analisados os movimentos angulares da pelve, quadril, joelho e tornozelo nos três eixos de movimento.

No *yop tchagui*, a articulação da pelve inicia o movimento do chute em anteversão pélvica, elevação e acentuado grau de rotação interna em ambos os membros inferiores com média de  $107^{\circ}$  ( $\pm 13,9$ ) de rotação. Na fase aérea ao se aproximar da flexão máxima do joelho há um aumento do movimento de anteversão conjugado com um pico máximo de elevação pélvica, sendo  $45,7^{\circ}$  ( $\pm 3,9$ ) para o lado dominante e de  $43,3^{\circ}$  ( $\pm 5,6$ ) para o lado não dominante. Ao se aproximar do momento do impacto há uma redução gradualmente dessa anteversão e dessa elevação, que se mantém até a fase de retorno, enquanto a rotação interna parece alcançar seu pico máximo no momento próximo ao impacto, atingindo um valor de  $125,5^{\circ}$  ( $\pm 13,3$ ) para o membro dominante e de  $121,2^{\circ}$  ( $\pm 11,2$ ) para o membro não dominante. Apesar dos altos valores de rotação, o plano transversal foi o plano que apresentou o maior desvio padrão em ambos os membros e eixos de movimento seguido do plano sagital, demonstrando uma alta variabilidade dos dados.

Figura 13 - Gráficos das variações angulares do *Yop Tchagui*.

Legenda: as curvas vermelhas contínuas correspondem ao lado dominante e as curvas azuis tracejadas correspondem ao lado não dominante. Linha preta tracejada na vertical representa a flexão máxima do joelho ( $\approx 23\%$ ); Linha preta contínua na vertical representa o momento do impacto ( $\approx 49\%$ );

Tabela 3 - Tabela com as amplitudes de movimentos (Maior° - Menor°) do *yop tchagui*

	Sagital		Frontal		Transverso	
	Dom	N. Dom	Dom	N. Dom	Dom	N. Dom
<b>Pelve</b>	26,74°	23,72°	34,36°	32,40°	18,79°	13,45°
<b>Quadril</b>	63,41°	58,39°	44,91°	47,37°	26,71°	30,69°
<b>Joelho</b>	85,59°	89,37°	15,5°	13,79°	14,34°	14,42°
<b>Tornozelo</b>	23,04°	22,35°	13,11°	12,98°	11,33°	11,26°

Legenda: "Dom" significa dominante e "N. Dom", não dominante

A análise do movimento do quadril durante o *yop tchagui* evidenciou padrões característicos em cada plano de movimento. Na fase aérea, observou-se um aumento progressivo da flexão, associado à rotação interna e à abdução do quadril, atingindo picos máximos semelhantes de flexão com média de  $77^\circ (\pm 12,4)$  e rotação  $12,6^\circ (\pm 10)$  entre os membros. Em seguida, ocorreu uma redução da flexão acompanhada por maior abdução do quadril, direcionando o membro em direção ao alvo. Após o impacto, o quadril apresentou um segundo pico de flexão, porém de menor amplitude, além de um movimento de adução que marcou a fase de retorno do membro ao solo. De modo geral, no plano transversal, o quadril manteve-se predominantemente em rotação externa ao longo do gesto, apresentando apenas pequenas oscilações em torno dos instantes do impacto e do retorno. Vale ressaltar que o plano sagital demonstrou a maior amplitude de movimento entre os eixos, onde o lado dominante apresentou  $63,4^\circ$  e o não dominante  $58,3^\circ$  de movimento, seguido do plano frontal (D:  $44,9^\circ$  e ND:  $47,3^\circ$ ) e por último o plano transversal (D:  $26,7^\circ$  e ND:  $30,6^\circ$ ).

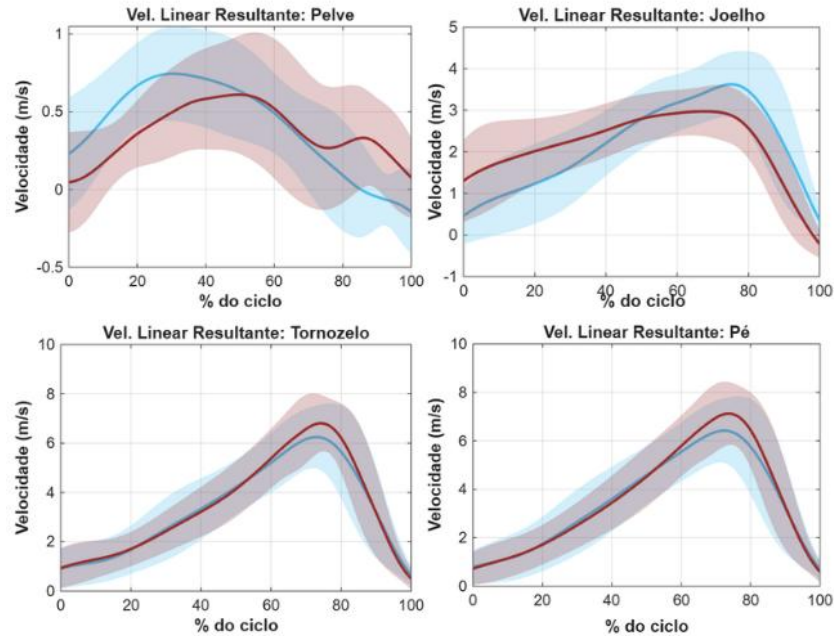
Já a articulação do joelho, na fase aérea, obteve um aumento progressivo da flexão até atingir seu pico máximo, coincidindo com a preparação do membro para o impacto. O membro dominante alcançou um pico de  $105,7^\circ (\pm 9,0)$  e o não dominante de  $109,3^\circ (\pm 11,4)$ . Esse padrão flexor foi acompanhado por uma leve adução e rotação interna, movimentos que contribuem para o alinhamento do segmento. Durante a fase de impacto, o joelho iniciou um processo de extensão rápida em direção ao alvo, reduzindo significativamente os ângulos de flexão (D:  $29,9 (\pm 16,6)$  e ND:  $29,5 (\pm 13,3)$ ), enquanto as pequenas oscilações de adução/abdução e de rotação interna/externa parecem refletir ajustes para estabilizar o momento de contato. Por fim, na fase de retorno, observou-se a continuidade do movimento extensor até a quase completa extensão, associada a uma tendência de abdução e discreta rotação externa, auxiliando no reposicionamento do membro inferior para a retomada da base de apoio no solo. De maneira geral, tanto o lado dominante quanto o não dominante apresentaram padrões semelhantes, embora o dominante tenha demonstrado menor amplitude de movimento ( $85,5^\circ$ ) do que o lado não dominante ( $89,4^\circ$ ).

Na fase aérea, a articulação do tornozelo apresentou um aumento progressivo da dorsiflexão até aproximadamente 30% do ciclo, alcançando um pico máximo de  $19,1^\circ (\pm 6,9)$  no lado dominante e de  $16,6^\circ (\pm 3,9)$  no lado não dominante. Tal padrão de movimento que foi acompanhado por discreta eversão e tendência à abdução nessa primeira fase, contribuindo para a preparação do pé em direção ao alvo. Durante a fase de impacto, o tornozelo manteve-se em dorsiflexão, apresentando uma leve redução do movimento ao longo do contato com o alvo. Já na fase de retorno (49-100% do ciclo), verificou-se uma diminuição gradual da dorsiflexão com leve transição para flexão plantar, acompanhada por um aumento mais evidente da inversão e da adução, sendo que o lado não dominante apresentou um menor pico de adução ao final do gesto. Esses padrões de movimento ao final do ciclo de supinação do pé, parecem ser fundamentais para o reposicionamento do pé para o retorno ao solo. De maneira geral, o plano sagital foi o plano de maior amplitude de movimento (D:  $23,0^\circ$  e ND:  $22,3^\circ$ ), seguido pelo frontal (D:  $13,1^\circ$  e ND:  $12,9^\circ$ ) e por último o plano transversal (D:  $11,3^\circ$  e ND:  $11,2^\circ$ ), chamando a atenção pela semelhança entre os membros inferiores.

#### 5.6 Descrição das velocidades lineares resultantes – *Yop tchagui*:

A análise da velocidade linear resultante, assim como no *bandal tchagui*, demonstrou um padrão crescente temporalmente entre as velocidades segmentares durante o ciclo do chute, apresentando diferenças visuais nos valores entre os lados (Figura 14). A articulação da pelve é a primeira a atingir seu pico resultante, alcançando um pico de 0,60 m/s no lado dominante em 50% do ciclo e um pico de 0,74 m/s em 30% do ciclo do lado não dominante. A articulação do joelho apresentou menor valor no lado dominante, alcançando 2,97 m/s em 66% do ciclo enquanto o lado não dominante atingiu 3,62 m/s em 74% do ciclo. Já as articulações do tornozelo e do pé atingiram seus picos de velocidades no mesmo instante do lado dominante (73% do ciclo), com valores diferentes, sendo o tornozelo uma velocidade de 6,80 m/s e o pé 7,12 m/s. Já no lado não dominante o pé alcança uma velocidade maior e mais rápida (6,42 m/s – 71% do ciclo) do que a articulação do tornozelo (6,24 m/s – 72% do ciclo), não apresentando uma sequência de proximal distal tão evidente.

Figura 14 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das velocidades do *yop tchagui*.



Legenda: linha vermelha corresponde ao lado dominante; linha azul corresponde ao lado não dominante.

Tabela 4 - Pico máximo das Velocidades lineares resultantes (m/s) e porcentagem do ciclo.

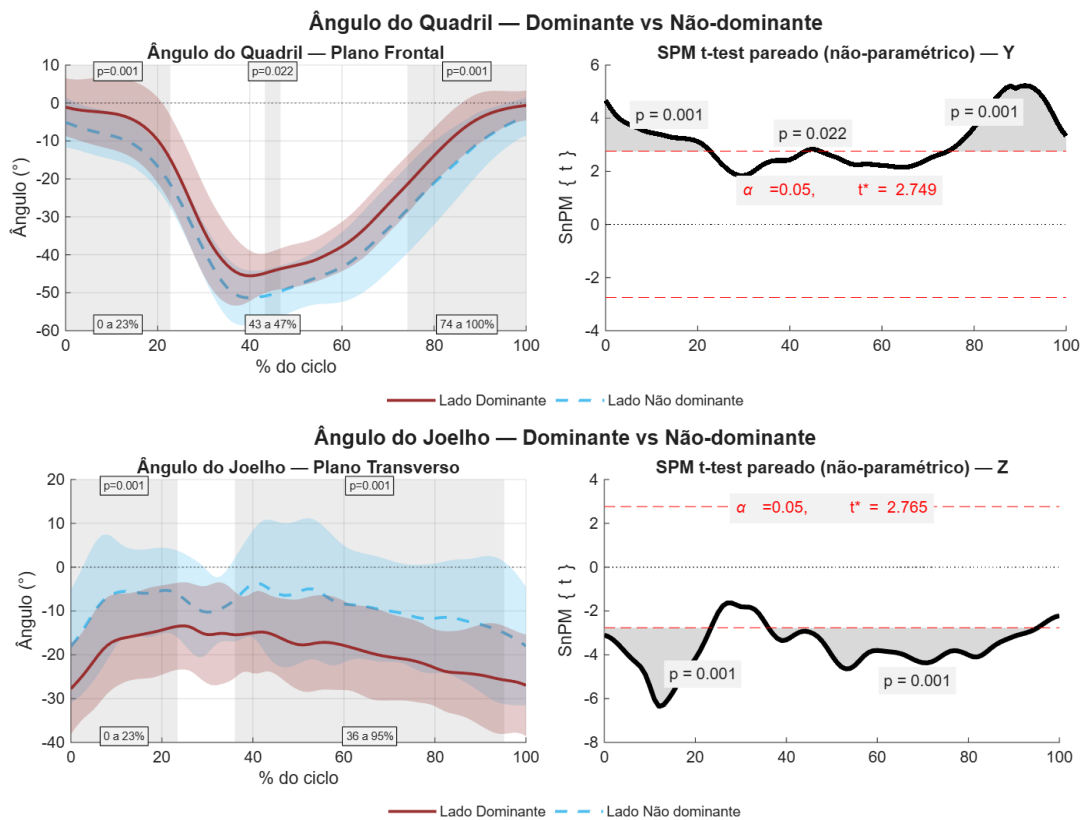
	Dom. (Média / DP)	% do ciclo	N. Dom (Média / DP)	% do ciclo
<b>Pelve</b>	0.60 (± 0.38)	50%	0.74 (± 0.32)	30%
<b>Joelho</b>	2.97 (± 0.59)	66%	3.62 (± 1.29)	74%
<b>Tornozelo</b>	6.80 (± 1.16)	73%	6.24 (± 1.77)	72%
<b>Pé</b>	7.12 (± 1.29)	73%	6.42 (± 1.93)	71%

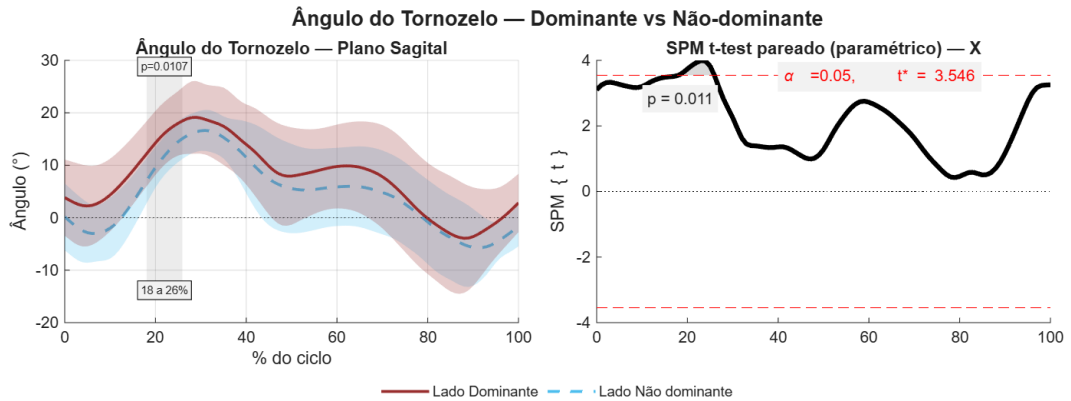
### 5.7 Comparação das curvas medias das variações angulares (Dominante x Não dominante)

Na comparação das variações angulares entre membro dominante e não dominante de chute do *Yop tchagui* foram identificadas diferenças estatisticamente significativas na análise da curva do quadril no plano frontal em três momentos distintos, no início do movimento ( $p=0,001$ , 0-23%), em torno de 50% do ciclo

( $p=0,022$ ) e ao final do movimento no retorno do membro ao solo ( $p=0,001$ , 74-100%), sendo que o membro dominante apresentou maiores valores de abdução. Na articulação do joelho foram observadas diferenças significativas em quase todo o ciclo do chute ( $p=0,001$ , em 0-23% do ciclo e  $p=0,001$ , em 36-95% do ciclo), onde o membro dominante apresentou maiores valores de rotação externa ao longo de todo o ciclo. Uma outra diferença encontrada, foi na articulação do tornozelo em um momento bem específico do ciclo ( $p=0,011$ , 18-26%) onde o tornozelo dominante apresentou maiores valores de dorsiflexão. Em suma, não foram observadas outras diferenças significativas nas variações angulares entre outros eixos de movimento e articulações via *SPM*.

Figura 15- Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via *SPM* das variações angulares do yop tchagui.

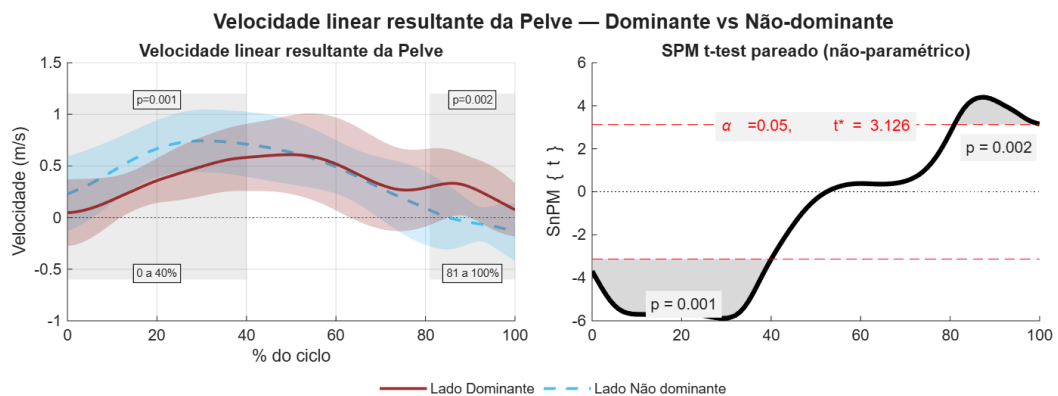


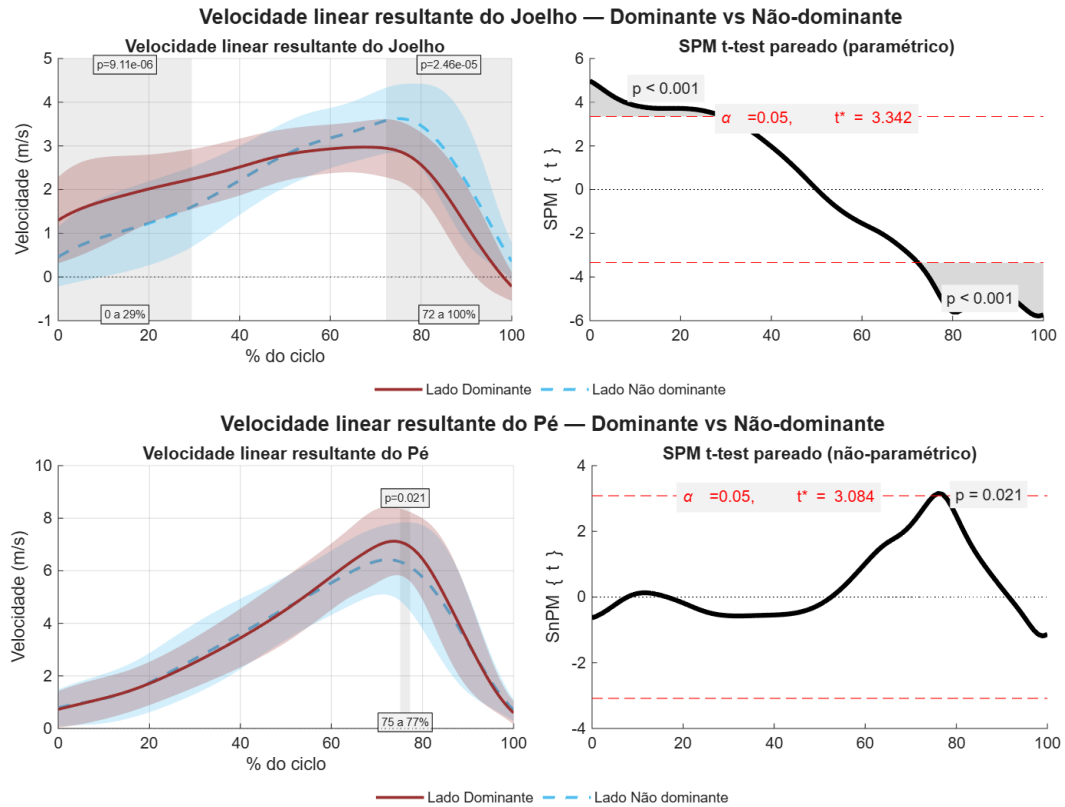


### 5.8 Comparação das curvas médias das velocidades lineares resultantes (Dominante x Não dominante)

Diferenças estatisticamente significativas foram identificadas nas velocidades lineares resultantes da pelve no início ( $p=0,001$ , 0-40%, com o membro não dominante apresentando maior velocidade) e ao final do movimento do chute ( $p=0,002$ , 81-100%). O mesmo padrão foi observado para a articulação do joelho ( $p<0,001$ , 0-29% e  $p<0,001$ , 72-100%, mas com o membro não dominante apresentando menores valores no início e maiores valores no final do movimento). Já a articulação do tornozelo não apresentou diferença significativa na análise das curvas, contudo, o segmento do pé apresentou diferenças no pico da velocidade ( $p=0,021$ ), sendo que o lado dominante assumiu um maior valor no instante de 75 a 77% do ciclo.

Figura 16 - Gráficos das diferenças estatisticamente significativas via SPM das velocidades do yop tchagui.





## 6 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi descrever as amplitudes de movimentos das articulações do membro inferior (pelve, quadril, joelho e tornozelo) nos três planos de movimento e a velocidade linear resultante (pelve, joelho, tornozelo e pé) durante a execução dos chutes *bandal tchagui* e *yop tchagui*, além de investigar possíveis diferenças entre o membro dominante e não dominante. Os resultados evidenciaram que ambos os chutes são caracterizados por um padrão de movimento multissegmentar e multiplanar, e por uma sequência temporal de picos de velocidade que sugerem transferência de energia próximo-distal, culminando na maior velocidade linear do pé no momento do impacto. Além disso, foram observadas diferenças cinemáticas significativas entre os membros dominante e não dominante, sugerindo a presença de assimetrias biomecânicas mesmo em atletas de elite. Esses achados reforçam a importância de se considerar a integração entre os planos de movimento, a coordenação temporal dos segmentos e a lateralidade na análise dos chutes de taekwondo.

### 6.1 Amplitudes de Movimentos (ADM)

No que se refere a cinemática das variações angulares do *bandal tchagui* e do *yop tchagui* os resultados do presente estudo podem ser comparados àqueles previamente encontrados na literatura (Kim *et al.*, 2010; Kim; Kim; Im, 2011; Wasik *et al.*, 2011; Thibordee; Prasartwuth, 2014; Estevan *et al.*, 2015; Moreira *et al.*, 2016, 2017; Gavagan *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2021; Lin *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2025). Entretanto, é importante ressaltar que grande parte desses trabalhos se concentram exclusivamente na análise do membro dominante, além de apresentarem divergências metodológicas relevantes, como a definição do início e término do ciclo do chute, quantidade de chutes realizados e as características do alvo. Diante disso, para um maior entendimento e discussão, optou-se por utilizar, nesta sessão, os valores referentes ao membro dominante para fins de comparação das amplitudes de movimento, enquanto as análises entre membros serão discutidas posteriormente.

Em relação às amplitudes de movimento, os resultados deste estudo mostram que tanto o *bandal tchagui* quanto o *yop tchagui* apresentam um padrão de execução caracterizado por grandes deslocamentos angulares nos segmentos proximais, que são progressivamente transferidos aos segmentos distais. No *bandal tchagui*, o segmento da pelve apresentou predominantemente maior amplitude de movimento no plano transversal, mas também apresentou movimentos relevantes no plano frontal, como a elevação pélvica, que pode representar uma estratégia técnica para reduzir a trajetória do pé até o alvo. Esses achados diferem parcialmente da literatura. Em um estudo realizado por Gavagan *et al.* (2017) foram encontradas maiores amplitudes nos planos transversal (122°), sagital (75°) e frontal (12°), enquanto Kim, Kim e Im (2011) relataram valores de 119,9°, 57,3° e 26,7°, respectivamente. Como relatado, no presente estudo, a maior ADM também ocorreu no plano transversal (77,83°), mas foi seguida pelo frontal (37,45°) e apenas depois pelo sagital (23,95°). Esse padrão sugere um menor valor de rotação pélvica e um maior movimento de elevação, possivelmente em razão das diferenças metodológicas, já que neste trabalho os atletas executaram chutes consecutivos, ao contrário dos estudos anteriores que analisaram execuções isoladas e com alvos distintos de um boneco de luta. Vale ressaltar que, em um contexto competitivo, é totalmente possível que os atletas não iniciem a partir de uma base estática,

tampouco executem um único chute de forma isolada (Kim *et al.*, 2010, 2011), sendo assim, este estudo demonstra que os atletas adotam diferentes estratégias pélvicas para atingir o alvo, quando comparados os chutes realizados a partir de uma base estática e em uma única execução e aqueles executados em um movimento mais dinâmico

Kim, Kim e Im (2011) também encontraram maiores amplitudes de movimento no quadril, com valores de  $56,6^\circ (\pm 9,6^\circ)$  para flexão/extensão,  $26,3^\circ (\pm 9,1^\circ)$  para adução/abdução e menores valores para rotação interna/externa  $37,1^\circ (\pm 7,9^\circ)$ , o que também pode estar relacionado com o posicionamento inicial do chute, visto que diferentes ângulos de ataque apresentam valores cinemáticos diferentes (LIU *et al.*, 2021). Em comparação, no presente estudo a maior amplitude de movimento também ocorreu no plano sagital mesmo que com menor valor ( $45,7^\circ$ ), contudo, foram encontrados maiores valores no plano transversal ( $40,47^\circ$ ), indicando uma maior exploração da rotação de quadril. De maneira geral, a articulação do quadril neste estudo apresentou, ao longo de quase todo o ciclo do *bandal tchagui*, um padrão de flexão associado à abdução e rotação interna, o que está de acordo com achados na literatura (Kim, Kim e Im., 2011; Moreira *et al.*, 2016; Gavagan *et al.*, 2017). No entanto, no momento do impacto, foram observados maiores valores angulares de flexão e rotação interna, bem como menores valores de abdução, quando comparados aos estudos anteriormente mencionados.

No que se refere à articulação do joelho, os resultados demonstraram que a maior amplitude de movimento ocorreu no plano sagital com cerca de  $89^\circ$  ADM alcançando um pico de flexão máxima de  $105,7^\circ (\pm 9,7)$  e por ajustes no plano frontal e transversal, confirmando seu papel como principal eixo de mobilidade durante a execução do *bandal tchagui*. Esse achado demonstra o papel central dessa articulação em conjunto com a articulação do quadril na aceleração e na preparação do membro de chute para o impacto (Kim *et al.*, 2010, 2011; Estevan *et al.*, 2015; Moreira *et al.*, 2016, 2017; Thibordees e Prasartwuth., 2014). Já o tornozelo, embora tenha apresentado menores amplitudes, demonstrou ajustes sutis nos planos frontal e transversal, reforçando sua importância para a precisão no momento de contato com o alvo. De maneira geral, o movimento foi caracterizado por uma progressiva flexão plantar ao longo de todo o ciclo, iniciando em posição próxima ao neutro e

alcançando o alvo com aproximadamente 31,4° de flexão. Sabe-se que a realização da flexão plantar diminui a área de contato entre as superfícies articulares do tornozelo fazendo com que a articulação se torne menos estável, apresentando uma menor congruência articular e ligamentar (Ozeki *et al.*,2006; Thibordee s and Prasartwuth, 2014), o que nos chama atenção para a necessidade dessa musculatura ser bem capacitada para suportar o estresse aplicado no momento do impacto para se evitar futuras lesões.

Em síntese, a análise cinemática do *bandal tchagui* neste estudo se caracterizou por grandes amplitudes de movimento em todos os planos. Em um contexto mais dinâmico de análise, a pelve parece explorar mais o plano frontal por meio da elevação pélvica conjugada com um expressivo movimento no plano transversal, e, em contrapartida o quadril e o joelho apresentaram os maiores deslocamentos angulares, sobretudo no plano sagital, especificamente no movimento de flexão. O aumento progressivo na rotação interna do quadril e a progressiva flexão plantar do tornozelo se mostraram adaptações biomecânicas importantes para o momento do impacto em um contexto mais dinâmico. Somado a isso, movimentos como a rotação interna da pelve, a abdução e adução do joelho e os ajustes de inversão e eversão e adução do tornozelo evidenciaram a importância de se considerar a análise multiplanar na descrição do movimento durante o gesto esportivo.

Já no *yop tchagui*, a pelve se destacou como eixo central para o direcionamento do membro inferior e para a coordenação intersegmentar, uma vez que a ADM das articulações proximais influencia diretamente a trajetória das articulações distais. A pelve apresentou ângulos elevados de rotação interna desde o início do movimento até o retorno ao solo, alcançando valores superiores a 120° de rotação próximo ao momento do impacto. Contudo, na fase aérea momentos antes do impacto, apesar da articulação já apresentar altos valores de rotação, a maior amplitude de movimento ocorreu no plano frontal e não no plano transversal, caracterizado por uma grande elevação pélvica. Esse ajuste parece representar um mecanismo fundamental tanto para a preparação do impacto quanto para a eficácia do chute, corroborando com os achados de Lin *et al.* (2023), onde o tilt lateral da

pelve foi a principal estratégia para a geração de uma maior velocidade angular desse segmento, conseqüentemente, para a maior velocidade final do chute.

Já o quadril demonstrou amplitudes elevadas tanto no plano sagital ( $63,41^\circ$ ) quanto no plano frontal ( $44,91^\circ$ ) demonstrando a importância da flexão e abdução para atingir o alvo. Diferentemente do *bandal tchagui*, no qual o movimento de rotação tem papel predominante para alcançar o alvo, o *yop tchagui* se utiliza mais do movimento de abdução. Essa distinção pode decorrer das próprias características técnicas, pois enquanto o *bandal* é um chute de trajetória mais circular, o *yop* apresenta uma execução mais linear. O joelho, por sua vez, apresentou picos de flexão acima de  $100^\circ$  na fase aérea, seguidos de uma extensão rápida no momento do impacto, ação essencial para geração da velocidade final do chute (Lin *et al.*, 2023). Por fim, o tornozelo demonstrou uma combinação de dorsiflexão durante a fase aérea e uma transição para flexão plantar na fase de retorno, mas ao chegar perto do solo há uma diminuição desse movimento, demonstrando um comportamento osteocinemático fundamental para a estabilização do membro após o contato com o alvo e garantindo um reposicionamento eficiente da perna de chute para ações subsequentes.

De forma resumida, o *yop tchagui* na fase aérea, apresentou predominância de movimentos de flexão e rotação interna, enquanto a pelve e o quadril também apresentaram amplitudes expressivas de elevação e abdução, movimentos fundamentais para direcionar o membro inferior em direção ao alvo. A fase de impacto é marcada por ajustes rápidos e estabilizadores, sobretudo no joelho e tornozelo, que reduzem seus ângulos para o momento de contato com o alvo. Já na fase de retorno, observa-se uma maior participação dos movimentos das articulações nos planos frontal e transversal. O padrão geral reforça que o gesto técnico do *yop tchagui* depende da integração multissegmentar e multiplanar, e não de movimentos isolados.

Portanto, a comparação entre as duas técnicas de chute evidencia padrões biomecânicos distintos refletindo suas características técnicas. Enquanto o *bandal tchagui* se caracteriza principalmente pela predominância da rotação da pelve e do quadril, o *yop tchagui* apresenta uma execução mais linear, sustentada por

amplitudes expressivas nos planos sagital e frontal, sobretudo também nas articulações proximais. Um resultado em comum que merece destaque é a elevada ADM da articulação do joelho no plano sagital seguida pela extensão rápida, sendo fundamental para o desempenho final do chute. Vale ressaltar, que quanto maior a flexão do joelho menor será o momento de inércia, fazendo com que o chute tenha uma maior velocidade (Kwan Kim; Hyuk Kim; Ja Im, 2011; Moreira; Goethel; Gonçalves, 2016; Vieira *et al.*, 2018). Por fim, as distinções encontradas sugerem que, embora ambos os chutes sejam multissegmentar e multiplanar, o *bandal tchagui* apresenta predominância rotacional, ao passo que o *yop tchagui* exige maior controle da abdução e da elevação pélvica para garantir de forma geral, potência, estabilidade e precisão no contato em um contexto mais próximo de um combate.

## 6.2 Velocidades lineares resultantes

Em relação às velocidades lineares resultantes, observou-se um aumento progressivo entre os segmentos ao longo da execução dos dois tipos de chutes. Esse comportamento indica o padrão clássico de transmissão de energia próximo–distal, conhecido como “efeito chicote”, em que os segmentos proximais aceleram primeiro enquanto os distais apresentam menores valores e, em seguida, desaceleram, transferindo velocidade para os segmentos mais distais (Nunome *et al.*, 2002; Estevan *et al.*, 2010; Fonseca, 2011; Kim Kim Im, 2011; Moreira *et al.*, 2015). Essa velocidade final parece ser importante para o desempenho do chute no TKD, visto que para pontuar nos protetores eletrônicos é necessário uma alta energia cinética de impacto que é provinda da velocidade linear resultante dos membros inferiores (Estevan e Falco, 2013; Moreira *et al.*, 2016).

No *bandal tchagui*, a velocidade máxima de cada segmento ocorreu significativamente antes do seu respectivo segmento distal. Esse comportamento é consistente com achados prévios (Estevan *et al.*, 2011, 2015; Kim Kim Im, 2011; Moreira *et al.*, 2015, 2016; Liu *et al.*, 2021), que descrevem o *bandal* como um chute de balanço, no qual a sequência coordenada dos segmentos proximais para os distais é determinante para a produção de um movimento rápido e eficaz. De forma semelhante, Liu *et al.* (2021) mostraram que, mesmo em maiores ângulos de ataque no *bandal tchagui*, o padrão próximo–distal se manteve graças a ajustes pélvicos.

Embora a velocidade final do pé tenha permanecido estável, a 90° observou-se maior flexão de joelho e maior ativação da pelve para sustentar a progressão da velocidade. Ou seja, quanto maior a distância ao alvo, mais a pelve precisa acelerar para que os segmentos distais mantenham a progressão da velocidade. Sendo assim, esses achados revelam a importância do segmento proximal para o desempenho final da tarefa.

Embora o lado dominante tenha atingido maiores picos de velocidade em relação ao não dominante no *bandal tchagui*, esses picos ocorreram um pouco mais tardiamente, o que pode refletir maior eficiência na transferência de energia ao longo da cadeia cinética, mesmo com uma defasagem temporal. Além disso, uma menor eficiência na coordenação intersegmentar no membro não dominante entre os segmentos e articulações também pode ter refletido nessa diferença. Entretanto, ao comparar nossos achados do pico da velocidade do pé do lado dominante (11,17 m/s) com os resultados de Moreira e colaboradores (2015, 2016), foram encontrados valores superiores no trabalho de Moreira, sendo: 16,08 m/s no primeiro e, no segundo, 17 m/s para atletas de elite e 14 m/s para subelite. Essas diferenças podem ser atribuídas por causa de aspectos metodológicos, sendo que no primeiro estudo, apenas o chute mais rápido entre todas as tentativas foi considerado e no segundo, houve padronização da distância entre os pés e intervalos de descansos entre as execuções de cada chute, possibilitando melhores ajustes dos atletas a cada tentativa, o que raramente pode acontecer em um contexto competitivo.

No *yop tchagui*, o padrão proximal-distal mostrou-se menos evidente quando comparado ao *bandal tchagui*, mas deve-se ressaltar que o *bandal* explora um movimento pendular e o “efeito chicote” de forma mais evidente, enquanto a dinâmica do *yop* se assemelha mais ao de empurrar o membro de chute, não precisando especificamente de uma sequência de picos de velocidade. Apesar do membro não dominante alcançar picos mais elevados e mais rapidamente nos segmentos proximais, como a pelve e o joelho, não houve uma conversão eficiente desses valores em maiores velocidades distais. Em contrapartida, o membro dominante, ainda que tenha apresentado menores velocidades iniciais, atingiu valores superiores nos segmentos do tornozelo e do pé próximos ao impacto. O maior tempo de alcance do pico da velocidade da pelve no lado dominante pode

estar relacionado com uma ineficiência das musculaturas proximais da perna de apoio (lado não dominante) se pensarmos cinesiologicamente no movimento do *yop tchagui*, onde a impulsão da pelve parece advir principalmente do lado contralateral pelo movimento de “arranque” e arrasto do pé de apoio.

Em termos de comparação, os resultados indicaram que o *bandal tchagui* foi mais eficaz em gerar maiores velocidades nos segmentos distais, conseqüentemente, uma maior velocidade de chute, o que reforça sua utilidade no combate como técnica ofensiva de execução rápida. Já o *yop tchagui* apesar de não apresentar maiores velocidades quando comparado com o *bandal*, parece se dedicar mais a precisão ao alvo e potência do chute por meio da proficiência técnica.

### 6.3 Lateralidade (dominante x não dominante)

Até onde se tem conhecimento esse é o primeiro trabalho a investigar diferenças cinemáticas entre membros inferiores e em diferentes tipos de chutes de taekwondo via *Statistical Parametric Mapping (SPM)*. A análise comparativa entre os membros dominante e não dominante revelou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) tanto nas ADM como nas velocidades lineares resultantes evidenciando a presença de assimetrias biomecânicas mesmo em atletas experientes, corroborando com as nossas hipóteses. Além disso, esse método foi fundamental para identificar o período específico do ciclo do chute em que essas diferenças foram encontradas e não apenas para identificar diferenças absolutas nos picos das curvas.

No *bandal tchagui* ao comparar as variações angulares entre o membro dominante e não dominante, percebeu-se que não houve diferenças significativas nos eixos de movimento de maiores amplitudes, mas sim em planos subsequentes refletindo ajustes para a execução do movimento. O membro não dominante iniciou o movimento com menor inclinação pélvica e menor adução de tornozelo, além de apresentar maior rotação interna de joelho durante todo o ciclo. A menor inclinação pélvica e adução do tornozelo no início do ciclo tem influência no reposicionamento do centro de massa em direção ao alvo, o que torna a trajetória do pé mais longa, gastando mais energia para a execução do gesto. Por fim, a maior rotação interna do joelho ao longo do ciclo sugere uma estratégia para compensar essas limitações,

mas biomecanicamente representa um padrão menos eficiente, já que aumenta o estresse torcional sobre a articulação. Esse excesso de rotação interna, pode gerar sobrecarga nos estabilizadores passivos do joelho, aumentando o risco de lesões ligamentares, particularmente do ligamento cruzado anterior (LCA) (Kim *et al.*, 2022). Sendo assim, funcionalmente, esses achados indicam que o membro não dominante apresenta menor coordenação intersegmentar, e deste modo, podendo resultar em chutes potencialmente mais lentos e com maior risco de sobrecarga articular.

Em relação as velocidades lineares, diferenças estatisticamente significativas foram encontradas em todos os segmentos avaliados. Na pelve, o membro dominante apresentou maiores valores desde o início do movimento até cerca de 40% do ciclo, o que é um fator fundamental para levar o membro a frente de forma mais eficaz e mais rápida. No joelho, embora o não dominante tenha atingido um pico mais precocemente de velocidade, o dominante apresentou velocidades mais altas e sustentadas entre 40 e 90% do ciclo, indicando maior capacidade de manter a aceleração até o impacto, também reforçando uma ideia de maior eficiência energética. No tornozelo, os valores foram semelhantes no início, mas diferenças significativas foram observadas nas fases finais do ciclo, quando o lado dominante apresentou velocidades superiores, convertendo essa vantagem em maior velocidade no pé. Portanto, o membro não dominante exibe padrões menos eficientes, marcados por picos precoces e perda de aceleração nos segmentos distais, gerando uma menor velocidade final. Esse resultado pode estar associado a menores velocidades angulares e momentos articulares do membro não dominante, além de outros fatores, como ativações e forças musculares que são fatores fundamentais para a aceleração final do membro.

Já no *yop tchagui*, o *SPM* evidenciou diferenças no quadril (plano frontal) em três curtos momentos do ciclo, no joelho (menor rotação interna do dominante) ao longo de quase o todo do movimento e no tornozelo (maior dorsiflexão do dominante em momentos críticos) entre 18 e 26%. O quadril do lado não dominante apresenta maiores valores de abdução sugerindo uma possível estratégia de compensação para alinhar o pé ao alvo e diminuir a distância-alvo. Além disso, no joelho o lado não dominante assim, como no *bandal tchagui* apresentou maiores valores de rotação interna, o que reforça um padrão menos eficiente e com mais sobrecarga

articular e ligamentar. Já no tornozelo, diferenças foram encontradas no plano sagital, com o dominante exibindo maiores valores de dorsiflexão entre 18 e 26% do ciclo, que pode estar associado a um ajuste mais refinado de estabilização e preparação para o impacto. De forma integrada, esses achados indicam que o membro não dominante tende a recorrer a amplitudes excessivas de quadril e rotação de joelho para compensar a menor eficiência técnica, enquanto o dominante demonstra maior controle distal, o que pode favorecer a estabilidade tanto quanto a precisão do chute.

Já em relação as velocidades lineares, no *yop tchagui* apenas no segmento do tornozelo não houve diferença estatisticamente significativa entre os membros. As diferenças encontradas na velocidade linear resultante da pelve e do joelho ocorreram em momentos bem específicos do ciclo, sendo no início e ao final da execução do chute. O padrão encontrado nas curvas demonstra que o membro não dominante apresentou maiores amplitudes e velocidades do segmento da pelve no início do movimento, mas novamente sem conseguir transferir tais valores para os segmentos distais, ao passo que o dominante, mesmo com valores iniciais mais baixos, obteve maiores velocidades finais no tornozelo e no pé.

Por fim, os achados tanto do *bandal tchagui* quanto do *yop tchagui* indicam que, embora atletas de alto rendimento mantenham padrões técnicos semelhantes entre os membros, as diferenças nas velocidades lineares, sobretudo do pé, permanecem relevantes e podem impactar diretamente o desempenho final. Além disso, as assimetrias técnicas e os desequilíbrios funcionais são capazes de comprometer não apenas a performance, mas também a probabilidade de ocorrência de lesões (Tang *et al.*, 2007; Maloney, 2018; Helme *et al.*, 2021). Assim, torna-se fundamental considerar uma possível redução dessas diferenças e a busca por maior simetria das variáveis cinemáticas entre os membros. No contexto do taekwondo, essa simetria é determinante, uma vez que amplia as possibilidades de execução de golpes com ambos os membros durante o combate, favorecendo a imprevisibilidade e a eficiência tática do atleta. Assim, o desenvolvimento da simetria deve ser estimulado desde as etapas iniciais de formação até o alto rendimento, de modo a minimizar possíveis consequências relacionadas ao desempenho e ao risco de lesões.

#### 6.4 Aplicações Práticas

Os achados desse estudo nos permitem ressaltar algumas aplicações práticas importantes, tanto para a fisioterapia esportiva quanto para a otimização do desempenho de atletas de taekwondo. A identificação das grandes amplitudes de movimento exigidas nas técnicas de chutes e de diferenças biomecânicas entre os membros pode gerar sobrecargas específicas ao longo do tempo nas articulações. Do ponto de vista clínico esse achado reforça a necessidade de avaliações detalhadas e individualizadas por parte do fisioterapeuta. Por exemplo, o excesso de rotação interna do joelho e as compensações na pelve e tornozelo observados no membro não dominante podem aumentar o risco de lesões articulares e ligamentares. Dessa forma, programas de prevenção devem priorizar exercícios de mobilidade (altas ADM durante os gestos técnicos, principalmente na articulação do quadril), fortalecimento excêntrico de membros inferiores com ênfase em posteriores de coxa, treino de controle motor e estratégias de estabilização dinâmica, visando uma maior preparação e uma maior capacidade frente as demandas impostas pelo contexto esportivo. Além disso, treinos bilaterais e capazes de explorar todos os eixos de movimento se mostra uma ferramenta essencial para equilibrar as demandas mecânicas e reduzir a probabilidade de lesões.

Além da perspectiva de prevenção, os achados também trazem benefícios em relação ao desempenho esportivo. A análise das amplitudes de movimento e das velocidades lineares mostrou que o *bandal tchagui* se caracteriza por maior predominância rotacional e elevada velocidade nos segmentos distais, ao passo que o *yop tchagui* exige maior controle de abdução, elevação pélvica e precisão no contato. Esses aspectos permitem que treinadores e técnicos desenvolvam estratégias de treino mais específicas, por exemplo, enquanto o *bandal tchagui* pode ser explorado de forma prioritária para treinos de potência e velocidade, o *yop tchagui* pode ser trabalhado com mais foco no desenvolvimento de uma maior estabilidade e coordenação intersegmentar, buscando uma maior velocidade final. Portanto, de forma integrada, os resultados demonstram que a biomecânica aplicada ao taekwondo pode servir como ferramenta de apoio tanto na prevenção de lesões quanto na melhoria da performance. Para fisioterapeutas, o conhecimento detalhado dos padrões de movimento e das assimetrias encontradas possibilita uma atuação

mais precisa e preventiva. Para treinadores e técnicos, o detalhamento das demandas de cada chute pode favorecer treinos mais direcionados, seguros e eficazes.

## **7 LIMITAÇÕES**

Este estudo apresentou algumas limitações, entre as quais se destaca a realização da coleta de dados em ambiente laboratorial controlado e o não uso dos equipamentos eletrônicos (protetor e meia), o que pode não refletir integralmente as demandas e condições de um contexto competitivo real e estabelecer uma medida direta de desempenho. Além disso, não foi realizado um cálculo amostral prévio já que a amostra foi recrutada por conveniência, o que pode ser uma limitação, contudo, é importante ressaltar que essa amostra foi composta por atletas profissionais de taekwondo, configurando um grupo altamente específico e de difícil recrutamento.

## 8 CONCLUSÃO

O presente estudo descreveu as amplitudes de movimento e as velocidades lineares dos membros inferiores durante a execução do *bandal tchagui* e do *yop tchagui*, identificando diferenças entre os membros dominante e não dominante por meio do *Statistical Parametric Mapping (SPM)*. Os resultados mostraram que ambos os chutes apresentam padrão multissegmentar, multiplanar e um próximo-distal de movimento, mas com estratégias distintas, em que o *bandal tchagui* mostrou maior eficiência rotacional e velocidade terminal, enquanto o *yop tchagui* se caracterizou por maiores amplitudes nos planos frontal e sagital, demonstrando estabilidade e precisão. Além disso, foram observadas assimetrias biomecânicas relevantes, com o membro dominante apresentando maior eficiência na transmissão de energia e controle intersegmentar, enquanto o não dominante recorreu a estratégias compensatórias, como maior rotação interna do joelho e amplitudes excessivas de quadril, que podem reduzir a eficiência mecânica e podem aumentar o risco de lesões. Portanto, esses achados reforçam a importância de estratégias de treinamento voltadas à redução de assimetrias e ao fortalecimento técnico do membro não dominante, contribuindo para melhorar o desempenho competitivo e reduzir a probabilidade de sobrecargas articulares.

## REFERÊNCIAS

- AUGUSTUS, Simon *et al.* Whole-body energy transfer strategies during football instep kicking: implications for training practices. **Sports Biomechanics**, v. 23, n. 11, p. 1917–1932, 2024.
- BAHR, R. *et al.* International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 7, p. 372–389, 2020.
- BASHAR, A. A.; OSAMA, A. F. The Most Common Taekwondo Kicks using the eShield at the 23rd Asian Taekwondo Championships, Vietnam 2018. **European Scientific Journal**, ESJ, v. 14, n. 27, p. 346, 30 set. 2018.
- BORG, G. Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 153–158, ago. 1982.
- BRIDGE, Craig A. *et al.* Physical and physiological profiles of Taekwondo athletes. **Sports MedicineAdis International**, 2014.
- BRIDGE, Craig A.; JONES, Michelle A.; DRUST, Barry. Physiological Responses and Perceived Exertion During International Taekwondo Competition **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2009.
- CARVALHO, Diego da Silva *et al.* The trunk is exploited for energy transfers of maximal instep soccer kick: A power flow study. **Journal of Biomechanics**, v. 121, 24 maio 2021.
- CHENG, Kuangyou B. *et al.* Perform kicking with or without jumping: Joint coordination and kinetic differences between Taekwondo back kicks and jumping back kicks. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 15, p. 1614–1621, 2015.
- CORCORAN, Daniel *et al.* Impact Force and Velocities for Kicking Strikes in Combat Sports: A Literature Review. **Sports Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**, 1 mar. 2024.
- ESTEVAN, I.; FALCO, C. Mechanical analysis of the roundhouse kick according to height and distance in taekwondo. **Biology of Sport**, v. 30, n. 4, p. 275–279, 2013.
- ESTEVAN, Isaac *et al.* Comparison of Lower Limb Segments Kinematics in a Taekwondo Kick. An Approach to the Proximal to Distal Motion. **Journal of Human Kinetics**, v. 47, n. 1, p. 41–49, 1 set. 2015.
- FALCO, Coral *et al.* Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 3, p. 242–248, 9 fev. 2009.

FONSECA, S.T.; SOUZA, T.R.; OCARINO, J.M.; GONÇALVES, G.G.P.; BITTENCOURT, N.F. Applied biomechanics of soccer. In: MAGEE, D. J. *et al.* **Athletic and Sports Issues in Musculoskeletal Rehabilitation**. 1 ed. Filadelfia, cap.12, 2011. p. 315-329.

GAVAGAN, C. J.; SAYERS, M. G. L. A biomechanical analysis of the roundhouse kicking technique of expert practitioners: A comparison between the martial arts disciplines of Muay Thai, Karate, and Taekwondo. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0182645, 25 ago. 2017.

GÓRA, Tomasz *et al.* The Impact of Effective Mass on the Strength of Side and Turning Kick in Taekwon-Do Male Practitioners. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 14, n. 6, 1 mar. 2024.

HELME, Mark *et al.* Does lower-limb asymmetry increase injury risk in sport? A systematic review. **Physical Therapy in Sport Churchill Livingstone**, 1 maio 2021.

HUANG, Ruifeng *et al.* Research on the biomechanical laterality of athletes' lower limbs during side kick in the competitive Taekwondo. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, 1 dez. 2025.

HWANG, Ui Jae *et al.* Machine learning-based classification of Taekwondo Poomsae side kick performance using kinematic parameters and physical characteristics. **Sports Biomechanics**, 2025.

**INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMECHANICS**. Disponível em: <https://isbweb.org/>. Acesso em Dezembro de 2024.

KIM, Jae Woong *et al.* The effects of target distance on pivot hip, trunk, pelvis, and kicking leg kinematics in Taekwondo roundhouse kicks. **Sports Biomechanics**, v. 9, n. 2, p. 98–114, jun. 2010.

KIM, Kyungsoo *et al.* Biomechanical investigation of anterior cruciate ligament injury risk in pivoting leg during taekwondo kicks using motion analysis system. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 1051–1056, 1 fev. 2022.

KIM, Y. K.; KIM, Y. H.; IM, S. J. Inter-joint coordination in producing kicking velocity of taekwondo kicks. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 10, n. 1, p. 31–38, 2011.

LAURENT, C. M. *et al.* A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale: **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 620–628, mar. 2011.

LIN, Yi Chun *et al.* Differences in kick-leg kinematics in various side-kick heights. **European Journal of Sport Science**, v. 23, n. 11, p. 2170–2177, 2023.

LIU, Tsun Te *et al.* Lower-limb kinematic characteristics of Taekwondo kicks at different attack angles. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 21, n. 4, p. 519–531, 2021.

LYSTAD, Reidar P.; POLLARD, Henry; GRAHAM, Petra L. Epidemiology of injuries in competition taekwondo: A meta-analysis of observational studies. **Journal of Science and Medicine in Sport**, nov. 2009.

MALONEY, Sean J. The relationship between asymmetry and athletic performance: a critical review, 2018.

MESQUITA, P. H. C. et al. Bi-hemispheric anodal transcranial direct current stimulation worsens taekwondo-related performance. **Human Movement Science**, v. 66, p. 578–586, ago. 2019.

MIZIARA, Isabela Marques *et al.* Analysis of the biomechanical parameters of high-performance of the roundhouse kicks in Taekwondo athletes. **Research on Biomedical Engineering**, v. 35, n. 3–4, p. 193–201, 1 dez. 2019.

MOREIRA, P. V. S. Análise de parâmetros neuromusculares e cinemáticos dos chutes bandal chagui e dolhõ chagui do taekwondo. Tese—São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2015.

MOREIRA, Pedro Vieira Sarmet; GOETHEL, Márcio Fagundes; GONÇALVES, Mauro. Neuromuscular performance of Bandal Chagui: Comparison of subelite and elite taekwondo athletes. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 30, p. 55–65, 1 out. 2016.

MOREIRA, P. V. S.; PAULA, L. V. DE. Kinesiologic Description of the Round House Kick: A Brief Review. **Journal of Athletic Enhancement**, v. 06, n. 01, 2017.

NUNOME, Hiroyuki *et al.* Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. **Med. Sci. Sports Exerc**, v. 34, n. 12, p. 2028–2036, 2002.

OZEKI, S. et al. Ankle Ligament Tensile Forces at the End Points of Passive Circumferential Rotating Motion of the Ankle and Subtalar Joint Complex. **Foot & Ankle International**, v. 27, n. 11, p. 965–969, nov. 2006.

PATAKY, T. C. One-dimensional statistical parametric mapping in Python. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 15, n. 3, p. 295–301, 2012.

PATAKY, T. C.; ROBINSON, M. A.; VANRENTERGHEM, J. Vector field statistical analysis of kinematic and force trajectories. **Journal of Biomechanics**, v. 46, n. 14, p. 2394–2401, 27 set. 2013.

TANG, W.; CHANG, J. S.; Nien, y.-h. The kinematics characteristics of preferred and non-preferred roundhouse kick in elite taekwondo athletes. **Journal of Biomechanics**, p. s780, 2007.

THIBORDEE, S.; PRASARTWUTH, O. Effectiveness of roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 24, n. 3, p. 353–358, jun. 2014

VIEIRA, Pedro et al. Relationships of the expertise level of taekwondo athletes with electromyographic, kinematic and ground reaction force performance indicators during the dolho chagui kick, 2015.

WORLD TAEKWONDO. Disponível em: <https://www.worldtaekwondo.org/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

WAŚIK, Jacek. Kinematics and kinetics of taekwon-do side kick. **Journal of Human Kinetics**, v. 30, n. 1, p. 13–20, 1 dez. 2011.

WAŚIK, J. et al. Kinematic Differences between Traditional and Sport Version of Roundhouse Kick Executed by Male Taekwon-do Masters. **Journal of Men's Health**, v. 18, n. 6, p. 138, 15 jun. 2022.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TERMO DE CONSCIENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Investigadora principal: Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

Orientador: Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque

Coorientadora 1: Dra. Liria Akie Okai-Nóbrega

Coorientador 2: Prof. Dr. Thales Rezende de Souza

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui: um estudo descritivo”. O estudo se dará no Laboratório de Análise do Movimento (LAM) e no Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC), ambos situados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) dentro da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com orientação do Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque. O presente estudo tem como objetivo descrever e analisar o movimento de técnicas de chutes de atletas de taekwondo por meio de tecnologia tridimensional do movimento.

Para participar desta pesquisa, você deverá comparecer ao laboratório apenas uma vez (data a ser agendada pela equipe) que terá três horas de duração. Ao chegar ao laboratório você será recebido por membros da equipe de pesquisa, onde será aplicado em um primeiro momento um questionário com perguntas sobre sua rotina de treino e competições, nível competitivo, profissionais envolvidos em sua rotina, histórico de lesões e características individuais. Após o questionário será ofertado uma roupa adequada e serão medidas a estatura e a massa corporal. Além disso, por meio da palpação de extremidades ósseas serão fixados diversos marcadores ao longo do corpo. Esses marcadores são pequenas bolas cinza fixadas com ajuda de micropore, fita dupla-face e, em alguns casos, tinta de bejoin. Após a fixação dos marcadores será executado um aquecimento com uma corrida leve (duração de 3 minutos) e chutes (duração de 2 minutos) de forma livre. Após o aquecimento, você será instruído a realizar os três tipos de chute (bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui) em ordem aleatória a ser sorteada no dia. Você irá realizar cinco chutes com ambos os membros inferiores em cada uma das técnicas e poderá

começar com a perna que se sentir mais confortável. O tempo de troca para cada tipo de golpe será de 60 segundos, tempo semelhante ao de descanso entre os rounds em um combate de TKD. Durante o intervalo de descanso entre as técnicas será coletada a percepção de esforço do atleta por meio da Escala de Percepção Subjetiva do Esforço (PSE). Por fim, você será instruído a realizar as técnicas de chutes como realizaria durante um combate para a marcação de pontos.

Em relação aos riscos e aos desconfortos, as fitas dupla-face de fixação dos marcadores podem causar leve vermelhidão na pele, que deve passar em algumas horas. Você poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou osteomuscular devido aos chutes. Além disso, é comum sentir cansaço em membros inferiores (pernas) após o protocolo. A pesquisadora responsável acompanhará todos os procedimentos visando diminuir qualquer tipo de risco, além de orientá-lo em todo o processo.

O principal benefício deste estudo é a ampliação do conhecimento sobre técnicas de chute, beneficiando tanto os atletas quanto os profissionais de saúde e técnicos. O estudo proporcionará um entendimento mais profundo das técnicas de chute no esporte, analisando variáveis essenciais como amplitudes de movimento e velocidades dos chutes, que são fundamentais para o desempenho durante um combate. Será possível a visualização do seu movimento de forma computadorizada e ao término do estudo serão disponibilizados a você os dados das análises que serão realizadas.

A sua participação nesse estudo não pressupõe nenhum benefício financeiro ao voluntário e também não será necessário nenhum custo para participar da pesquisa. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pela pesquisadora, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Somente o pesquisador responsável e a equipe envolvida neste estudo terão acesso às informações que serão apenas para fins de pesquisa. Os dados da pesquisa serão armazenados por cinco anos, durante este período os participantes poderão consultar os seus dados.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com a pesquisadora Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende, pelo telefone (31) 993678459 e/ou email: [carolrsr@hotmail.com](mailto:carolrsr@hotmail.com). Caso você tenha dúvidas em relação aos procedimentos éticos do estudo, entre em

contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) (órgão responsável por fiscalizar e acompanhar pesquisas realizadas com seres humanos e animais a fim de defender seus interesses, sua integridade e sua dignidade) situado na Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005, CEP 312570-901, Belo Horizonte/MG, pelo telefone/fax (31) 3409-4592 e e-mail: coep@prpq.ufmg.br.

Neste sentido, convido você a assinar esse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, caso esteja suficientemente esclarecido sobre os objetivos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e demais dúvidas. Você tem o tempo que for preciso para que possa refletir sobre sua participação, podendo consultar, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo (a) na tomada de decisão livre e esclarecida.

Rubrica do Voluntário: \_\_\_\_\_

Rubrica do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Você receberá uma via desse termo.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui: Um estudo descritivo”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Nome completo do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Nome completo do Pesquisador Responsável: Maicon Rodrigues Albuquerque

Endereço: Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Av.

Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP

31270-901.

Telefones: (31) 9 8659-4846

E-mail: lin.maicon@gmail.com

Assinatura do pesquisador responsável: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Nome completo da Pesquisadora: Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

Endereço: Rua Atalaia, 336 – Serrano – Belo Horizonte – MG – CEP 30881620

Telefone: (31) 993678459

E-mail: carolrsr@hotmail.com

Assinatura do pesquisador (mestrando): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar: CEP-UFMG – Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar – Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

## **APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO RESPONSÁVEL**

**Investigadora principal:** Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

**Orientador:** Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque

Através deste documento solicita-se a sua permissão para a participação no estudo “**Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: *bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui*: um estudo descritivo**”. O estudo se dará no Laboratório de Análise do Movimento (LAM) e no Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC), ambos situados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) dentro da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com orientação do Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque. O presente estudo tem como objetivo

descrever e analisar o movimento de técnicas de chutes de atletas de taekwondo por meio de tecnologia tridimensional do movimento.

Para participar desta pesquisa, o voluntário deverá comparecer ao laboratório apenas uma vez (data a ser agendada pela equipe) que terá três horas de duração. Ao chegar ao laboratório será recebido por membros da equipe de pesquisa, onde será aplicado em um primeiro momento um questionário com perguntas sobre sua rotina de treino e competições, nível competitivo, profissionais envolvidos em sua rotina, histórico de lesões e características individuais. Após o questionário será ofertado uma roupa adequada e serão medidas a estatura e a massa corporal. Além disso, por meio da palpação de extremidades ósseas serão fixados diversos marcadores ao longo do corpo. Esses marcadores são pequenas bolas cinza fixadas com ajuda de micropore, fita dupla-face e, em alguns casos, tintura de bejoin. Após a fixação dos marcadores será executado um aquecimento com uma corrida leve (duração de 3 minutos) e chutes (duração de 2 minutos) de forma livre. Após o aquecimento, ele será instruído a realizar os três tipos de chute (*bandal tchagui*, *yop tchagui* e *tit tchagui*) em ordem aleatória a ser sorteada no dia. O voluntário irá realizar cinco chutes com ambos os membros inferiores em cada uma das técnicas e poderá começar com a perna que se sentir mais confortável. O tempo de troca para cada tipo de golpe será de 60 segundos, tempo semelhante ao de descanso entre os rounds em um combate de TKD. Durante o intervalo de descanso entre as técnicas será coletada a percepção de esforço do atleta por meio da Escala de Percepção Subjetiva do Esforço (PSE). Por fim, será instruído a realizar as técnicas de chutes como realizaria durante um combate para a marcação de pontos.

Em relação aos riscos e aos desconfortos, as fitas dupla-face de fixação dos marcadores podem causar leve vermelhidão na pele, que deve passar em algumas horas. Você poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou osteomuscular devido aos chutes. Além disso, é comum sentir cansaço em membros inferiores (pernas) após o protocolo. A pesquisadora responsável acompanhará todos os procedimentos visando diminuir qualquer tipo de risco, além de orienta-lo em todo o processo.

O principal benefício deste estudo é a ampliação do conhecimento sobre técnicas de chute, beneficiando tanto os atletas quanto os profissionais de saúde e técnicos. O estudo proporcionará um entendimento mais profundo das técnicas de chute no esporte, analisando variáveis essenciais como amplitudes de movimento e

velocidades dos chutes, que são fundamentais para o desempenho durante um combate. Será possível a visualização do seu movimento de forma computadorizada e ao término do estudo serão disponibilizados a você os dados das análises que serão realizadas.

A participação nesse estudo não pressupõe nenhum benefício financeiro ao voluntário e também não será necessário nenhum custo para participar da pesquisa. A participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pela pesquisadora, que tratará a identidade com padrões profissionais de sigilo.

Somente o pesquisador responsável e a equipe envolvida neste estudo terão acesso às informações que serão apenas para fins de pesquisa. Os dados da pesquisa serão arquivados em um HD externo e ficarão aos cuidados do pesquisador responsável até que os resultados da pesquisa sejam publicados em revistas científicas.

Além disso, em qualquer momento da pesquisa, você terá total liberdade para esclarecer qualquer dúvida com a pesquisadora Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende, pelo telefone (31) 993678459 e/ou e-mail: [carolrsr@hotmail.com](mailto:carolrsr@hotmail.com). Caso você tenha dúvidas em relação aos procedimentos éticos do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) (órgão responsável por fiscalizar e acompanhar pesquisas realizadas com seres humanos e animais a fim de defender seus interesses, sua integridade e sua dignidade) situado na Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005, CEP 312570-901, Belo Horizonte/MG, pelo telefone/fax (31) 3409-4592 e e-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br).

Neste sentido, convido você a assinar esse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, caso esteja suficientemente esclarecido sobre os objetivos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e demais dúvidas. Você tem o tempo que for preciso para que possa refletir sobre sua participação, podendo consultar, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo (a) na tomada de decisão livre e esclarecida.

Você receberá uma via desse termo.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos,

métodos, riscos e benefícios da pesquisa “Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: *bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui*: Um estudo descritivo”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em permitir a participação do (a) \_\_\_\_\_ desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

**Nome completo do responsável:** \_\_\_\_\_

**Assinatura do responsável:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

**Nome completo do Pesquisador Responsável:** Maicon Rodrigues Albuquerque

**Endereço:** Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - Av.

Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP 31270-901.

**Telefones:** (31) 9 8659-4846

**E-mail:** [lin.maicon@gmail.com](mailto:lin.maicon@gmail.com)

**Assinatura do pesquisador responsável:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

**Nome completo da Pesquisadora:** Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

**Endereço:** Rua Atalaia, 336 – Serrano – Belo Horizonte – MG – CEP 30881620

**Telefone:** (31) 993678459

**E-mail:** [carolrsr@hotmail.com](mailto:carolrsr@hotmail.com)

**Assinatura do pesquisador (mestrando):** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_\_

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar: CEP-UFMG – Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar – Sala 2005. Campus

Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

### **APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “**Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: *bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui*: um estudo descritivo**”. O estudo se dará no Laboratório de Análise do Movimento (LAM) e no Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC), ambos situados na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) dentro da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com orientação do Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque. O presente estudo tem como objetivo descrever e analisar o movimento de técnicas de chutes de atletas de taekwondo por meio de tecnologia tridimensional do movimento.

Para participar desta pesquisa, você deverá comparecer ao laboratório apenas uma vez (data a ser agendada pela equipe) que terá três horas de duração. Ao chegar ao laboratório você será recebido por membros da equipe de pesquisa, onde será aplicado em um primeiro momento um questionário com perguntas sobre sua rotina de treino e competições, nível competitivo, profissionais envolvidos em sua rotina, histórico de lesões e características individuais. Após o questionário será ofertado uma roupa adequada e serão medidas a estatura e a massa corporal. Além disso, por meio da palpação de extremidades ósseas serão fixados diversos marcadores ao longo do corpo. Esses marcadores são pequenas bolas cinza fixadas com ajuda de micropore, fita dupla-face e, em alguns casos, tinta de bejoin. Após a fixação dos marcadores será executado um aquecimento com uma corrida leve (duração de 3 minutos) e chutes (duração de 2 minutos) de forma livre. Após o aquecimento, você será instruído a realizar os três tipos de chute (*bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui*) em ordem aleatória a ser sorteada no dia. Você irá realizar cinco chutes com ambos os membros inferiores em cada uma das técnicas e poderá começar com a perna que se sentir mais confortável. O tempo de troca para cada tipo de golpe será de 60 segundos, tempo semelhante ao de descanso entre os rounds em um combate de TKD. Durante o intervalo de descanso entre as técnicas será coletada a percepção de esforço do atleta por meio da Escala de Percepção

Subjetiva do Esforço (PSE). Por fim, você será instruído a realizar as técnicas de chutes como realizaria durante um combate para a marcação de pontos.

Em relação aos riscos e aos desconfortos, as fitas dupla-face de fixação dos marcadores podem causar leve vermelhidão na pele, que deve passar em algumas horas. Você poderá sentir desconforto cardiorrespiratório e/ou osteomuscular devido aos chutes. Além disso, é comum sentir cansaço em membros inferiores (pernas) após o protocolo. A pesquisadora responsável acompanhará todos os procedimentos visando diminuir qualquer tipo de risco, além de orienta-lo em todo o processo.

O principal benefício deste estudo é a ampliação do conhecimento sobre técnicas de chute, beneficiando tanto os atletas quanto os profissionais de saúde e técnicos. O estudo proporcionará um entendimento mais profundo das técnicas de chute no esporte, analisando variáveis essenciais como amplitudes de movimento e velocidades dos chutes, que são fundamentais para o desempenho durante um combate. Será possível a visualização do seu movimento de forma computadorizada e ao término do estudo serão disponibilizados a você os dados das análises que serão realizadas.

Para sua participação, você deverá assentir e assinar um termo de assentimento. Como participante voluntário, você tem todo direito de recusar a participação do mesmo ou retirar seu assentimento em qualquer momento da pesquisa sem penalidade alguma e sem prejuízo à sua pessoa. Não haverá qualquer forma de remuneração financeira nem despesas relacionadas ao estudo para você. É garantido, o direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Somente o pesquisador responsável e a equipe envolvida neste estudo terão acesso às informações que serão apenas para fins de pesquisa. Os dados da pesquisa serão arquivados em um HD externo e ficarão aos cuidados do pesquisador responsável até que os resultados da pesquisa sejam publicados em revistas científicas.

Neste sentido, convido você a assinar esse Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, caso esteja suficientemente esclarecido sobre os objetivos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e demais dúvidas. Você tem o tempo que for preciso para que possa refletir sobre sua participação na pesquisa, podendo consultar, se necessário,

seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-lo (a) na tomada de decisão livre e esclarecida.

O termo será assinado em duas vias, sendo uma para posse do pesquisador responsável e outra para posse do participante voluntário. Todas as páginas deverão ser rubricadas pelo pesquisador responsável/pessoa por ele delegado e pelo participante.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “**Análise da cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas de taekwondo: *bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui: um estudo descritivo***”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de assentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

---

Nome completo do participante	Data
/ /2024	

---

Assinatura do participante

**Nome completo do Pesquisador Responsável:** Maicon Rodrigues Albuquerque

Endereço: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Campus - Pampulha - Belo Horizonte - MG

CEP 31270-901

Telefone: (31) 3409-2331

E-mail: [lin.maicon@gmail.com](mailto:lin.maicon@gmail.com)

---

Assinatura do pesquisador Responsável

Data / /2024

**Nome completo da Pesquisadora:** Ana Carolina Rodrigues Esteves de Rezende

**Endereço:** Rua Atalia, 336 – Serrano – Belo Horizonte – MG – CEP 30881620

**Telefone:** (31) 993678459

**E-mail:** [carolrsr@hotmail.com](mailto:carolrsr@hotmail.com)

---

Assinatura da pesquisadora

Data / /2024

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

**CEP-UFMG - Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG**

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.

Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.

E-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br). Tel: 34094592.

**APÊNDICE D – TERMO DE USO DE IMAGEM**

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do CPF

\_\_\_\_\_, autorizo o **LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO MOVIMENTO**, sediado(a) em **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**, a utilizar a minha imagem, em todo e qualquer material entre imagens de vídeo e fotos capturados durante a coleta de dados no projeto de mestrado: **ANÁLISE CINEMÁTICA TRIDIMENSIONAL (3D) DE CHUTES DE ATLETAS DE TAEKWONDO**. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, das seguintes formas: (I) discussão de dados; (II) publicações; (III) apresentação em eventos acadêmicos; sempre garantindo o anonimato.

Por meio desta autorização ora concedida, autorizo **LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO MOVIMENTO**, ainda a realizar nas imagens captadas, cortes,

reduções e edições, sempre garantindo o anonimato. Esta autorização não gera e não gerará no futuro e também não ensejará interpretação de existir quaisquer vínculos ou obrigações trabalhistas, securitárias, previdenciária, indenizatória, ou mesmo empregatícia, entre o(a) cedente e o **LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO MOVIMENTO**.

**DECLARO**, portanto, que estou de acordo com essas imagens, que não violam os direitos de imagem e de privacidade do cedente, e que tenho ciência que este material constituído por imagens pertence exclusivamente **LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO MOVIMENTO**, que poderá usá-lo a seu exclusivo critério.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

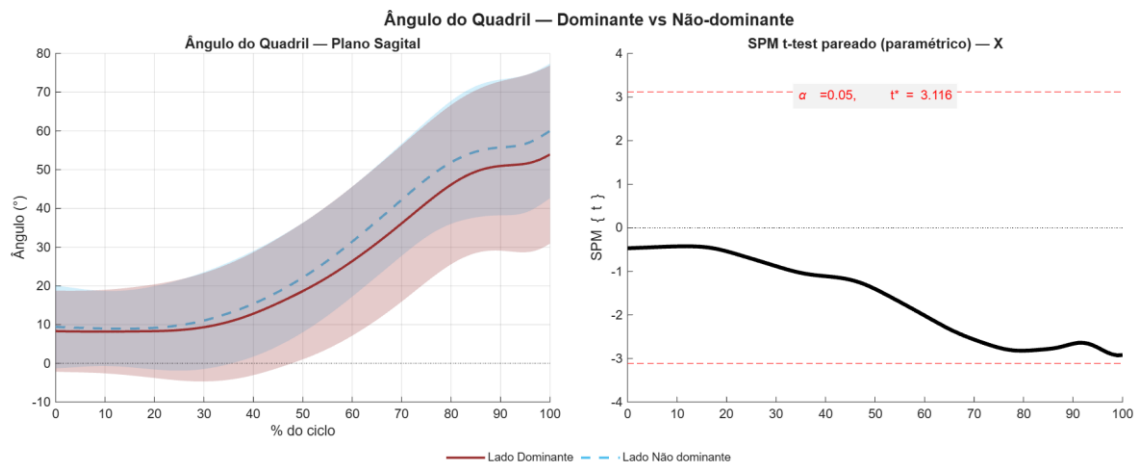
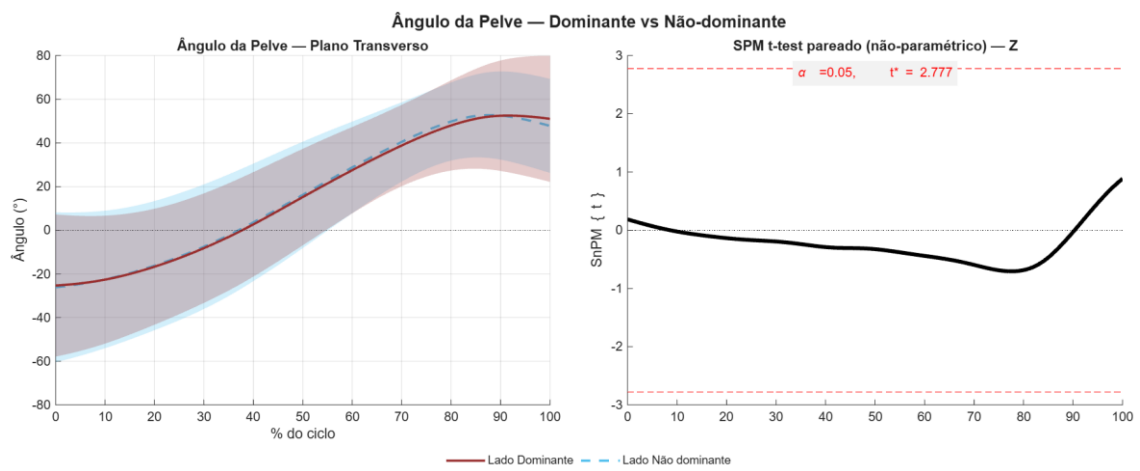
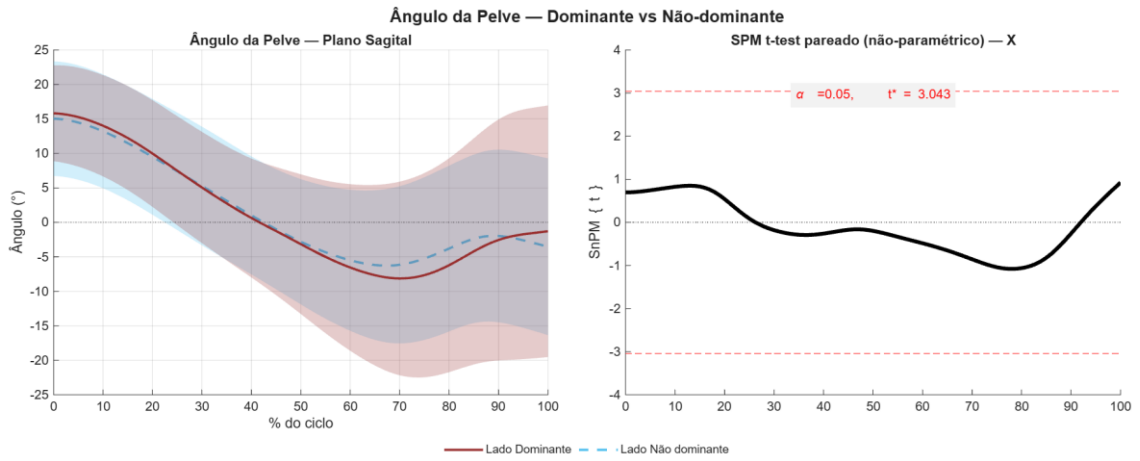
---

Assinatura do Cedente

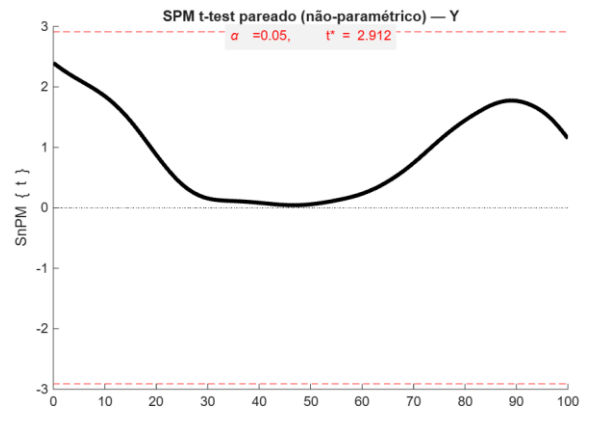
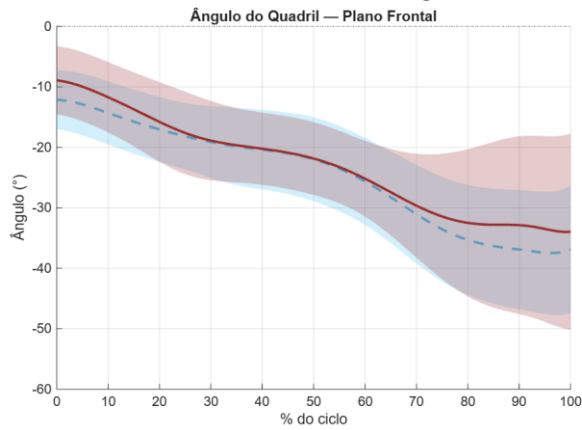
## **APÊNDICE E – PROTOCOLO DOS MARCADES E CLUSTERS**

LOCALIZAÇÃO	UPPER/ FULL BODY
CABEÇA	HEAD.0 / HEAD.1 / HEAD.2 (CLUSTER)
CABEÇA	L_HEAD
CABEÇA	L_HEAD2
CABEÇA	R_HEAD
CABEÇA	R_HEAD2
CABEÇA	SGL (GLABELA)
ACROMIO D	R_SAE
ACROMIO E	L_SAE
INCISURA JUGULAR	SME
T2	TV2
T12	TV12
TRONCO SUPERIOR	SPTR.0 / SPTR.1 / SPTR.2 / SPTR.3 (CLUSTER)
TRONCO INFERIOR	INTR.0 / INTR.1 / INTR.2 / INTR.3 (CLUSTER)
PELVE	PELV.0 / PELV.1 / PELV.2 / PELV.3 (CLUSTER)
ESPINHA ILIACA POSTERO SUPERIOR D	R_IPS
ESPINHA ILIACA POSTERO SUPERIOR E	L_IPS
ESPINHA ILIACA ANTEROSUPERIOR D	R_IAS
ESPINHA ILIACA ANTERO SUPERIOR E	L_IAS
BRAÇO DIREITO	RARM.0 / RARM.1 / RARM.2 / RARM.3 (CLUSTER)
ANTEBRAÇO DIREITO	RFAR.0 / RFAR.1 / RFAR.2 / RFAR.3 (CLUSTER)
EPICONDILIO MEDIAL UMERO D	R_HME
EPICONDILIO LATERAL UMERO D	R_HLE
PROCESSO ESTILOIDE DO RADIO D	R_RSP
PROCESSO ESTILOIDE DA ULNA D	R_USP
CABEÇA DO 3° OSSO METACARPAL D	R_HM2
BRAÇO ESQUERDO	LARM.0 / LARM.1 / LARM.2 / LARM.3 (CLUSTER)
ANTEBRAÇO ESQUERDO	LFAR.0 / LFAR.1 / LFAR.2 / LFAR.3 (CLUSTER)
EPICONDILIO MEDIAL UMERO E	L_HME
EPICONDILIO LATERAL UMERO E	L_HLE
PROCESSO ESTILOIDE DO RADIO E	L_RSP
PROCESSO ESTILOIDE DA ULNA E	L_USP
CABEÇA DO 3° OSSO METACARPAL E	L_HM2
COXA D	RTHI.0 / RTHI.1 / RTHI.2 / RTHI.3 (CLUSTER)
PERNA D	RSHK.0 / RSHK.1 / RSHK.2 / RSHK.3 (CLUSTER)
CÔNDILO LATERAL DO FÊMUR D	R_FLE
CÔNDILO MEDIAL DO FÊMUR D	R_FME
COXA E	LTHI.0 / LTHI.1 / LTHI.2 / LTHI.3 (CLUSTER)
PERNA E	LSHK.0 / LSHK.1 / LSHK.2 / LSHK.3 (CLUSTER)
CÔNDILO LATERAL DO FÊMUR E	L_FLE
CÔNDILO MEDIAL DO FÊMUR E	L_FME
MALEOLO MEDIAL D	R_TAM
MALEOLO LATERAL D	R_FAL
CALCÂNEO D	R_FCC
SUSTENTACULOS DO TALUS D	R_MCAL
TUBEROSIDADE PERONEAL D	R_LCAL
BASE DO 1° METATARSO D	R_FM1
BASE DO 5° METATARSO D	R_FM5
CABEÇA DO 1° METATARSO D	R_PM6
MALEOLO MEDIAL E	L_TAM
MALEOLO LATERAL E	L_FAL
CALCÂNEO E	L_FCC
SUSTENTACULOS DO TALUS E	L_MCAL
TUBEROSIDADE PERONEAL E	L_LCAL
BASE DO 1° METATARSO E	L_FM1
BASE DO 5° METATARSO E	L_FM5
CABEÇA DO 1° METATARSO E	L_PM6

**APÊNDICE F – GRÁFICOS VIA SPM DAS VARIAÇÕES ANGULARES DAS  
DEMAIS ARTICULAÇÕES DO BANDAL TCHAGUI**

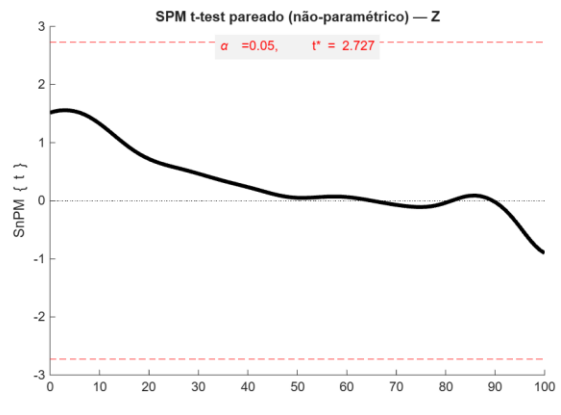
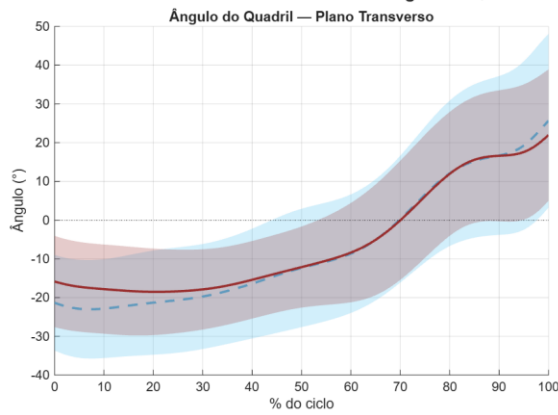


Ângulo do Quadril — Dominante vs Não-dominante



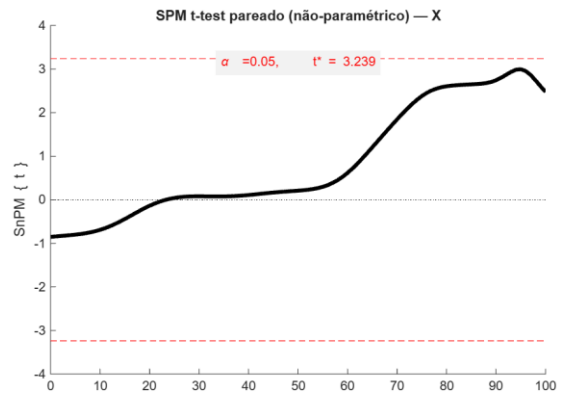
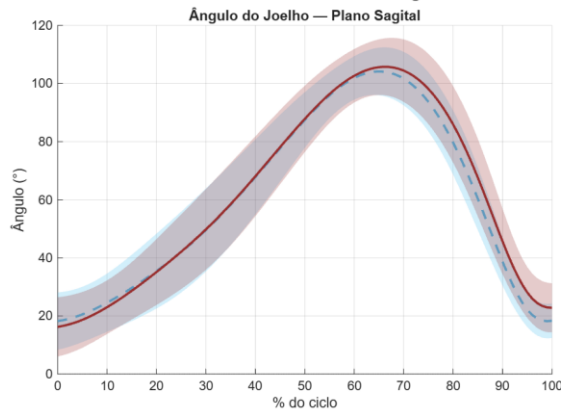
— Lado Dominante — Lado Não dominante

Ângulo do Quadril — Dominante vs Não-dominante

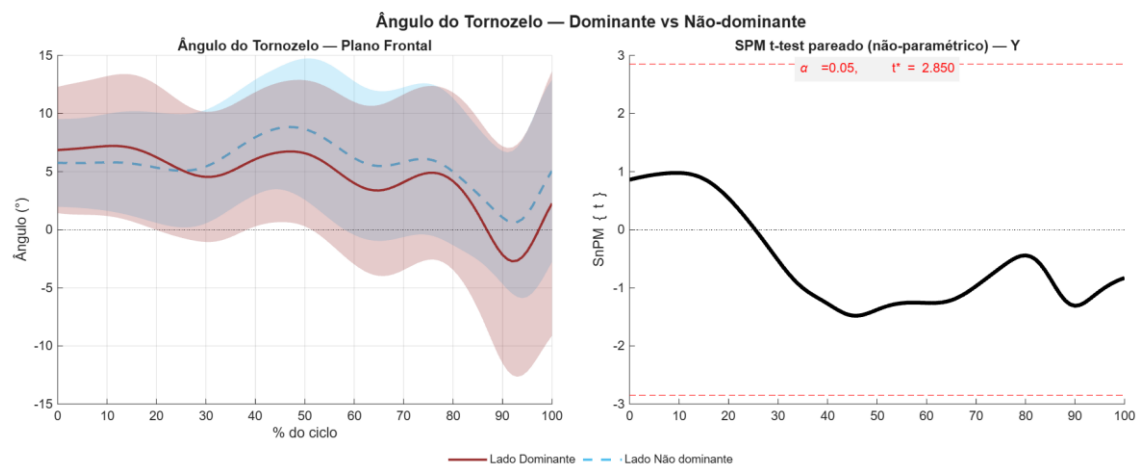
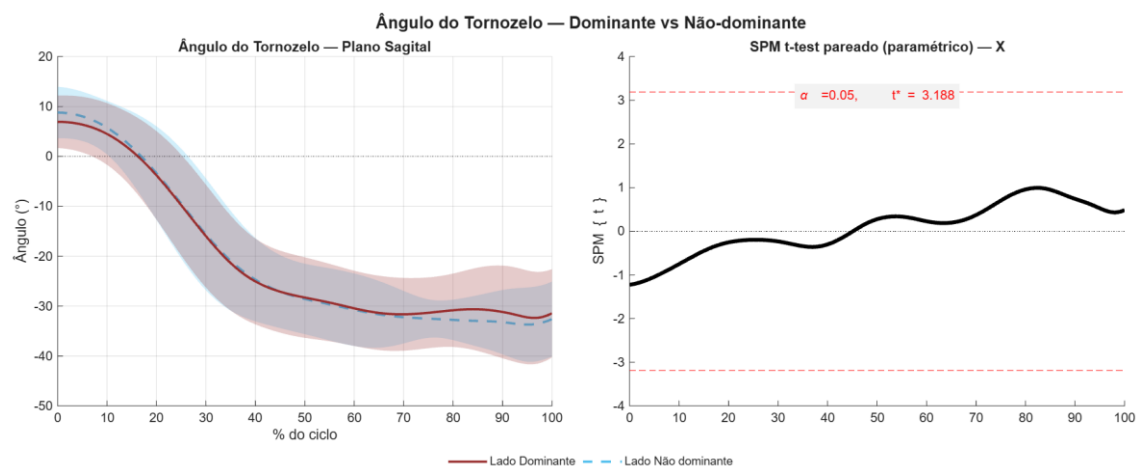
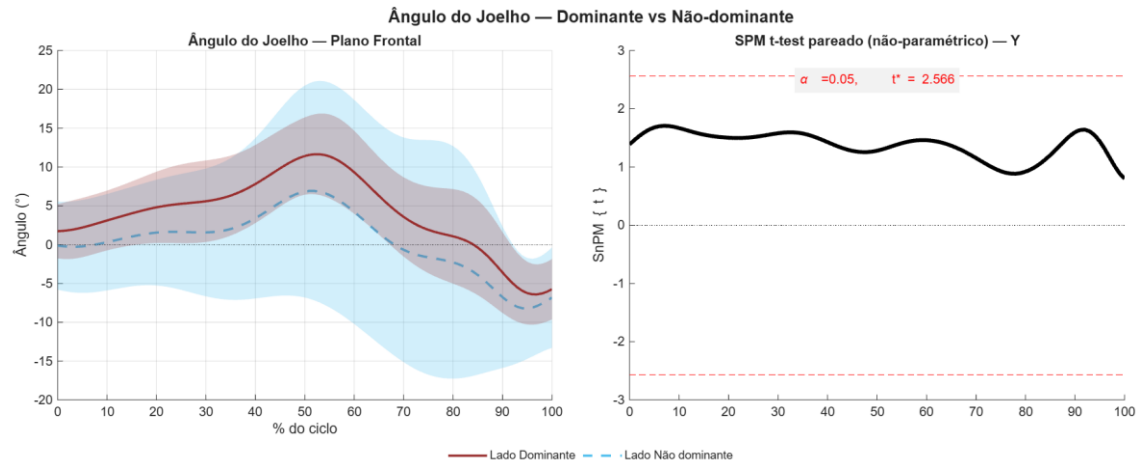


— Lado Dominante — Lado Não dominante

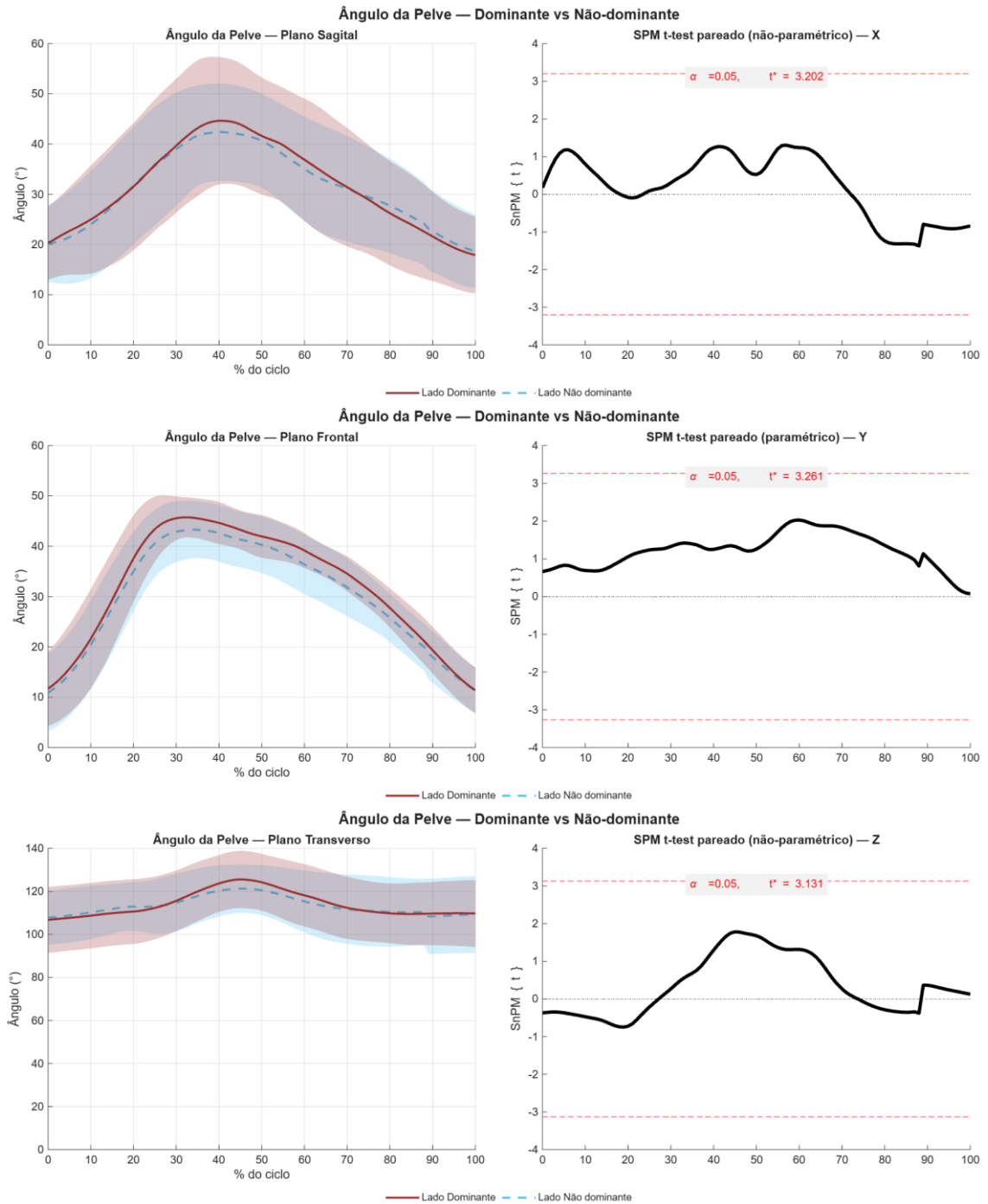
Ângulo do Joelho — Dominante vs Não-dominante

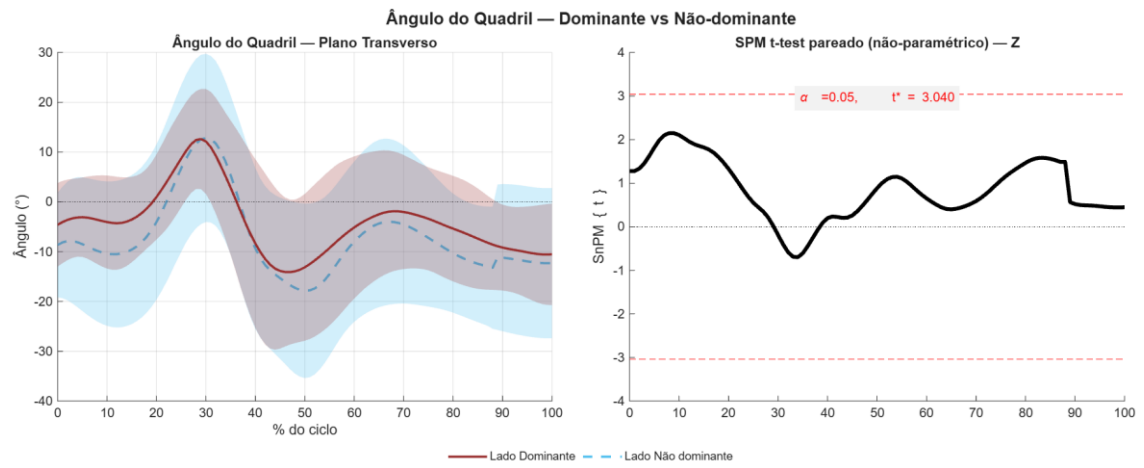
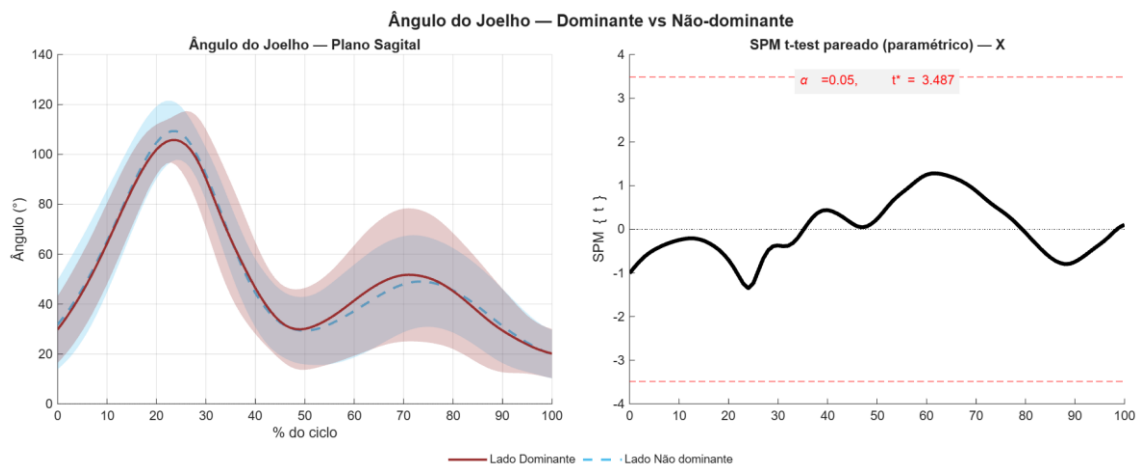
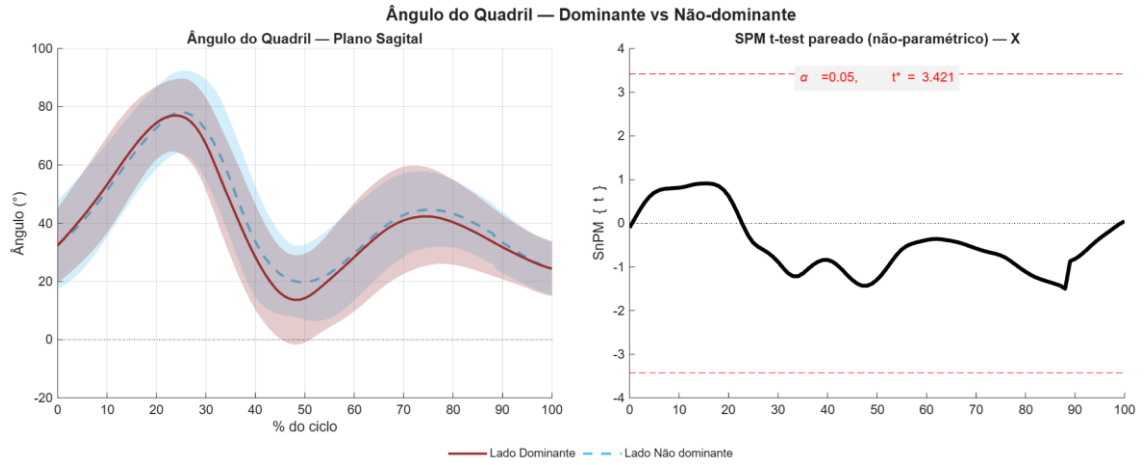


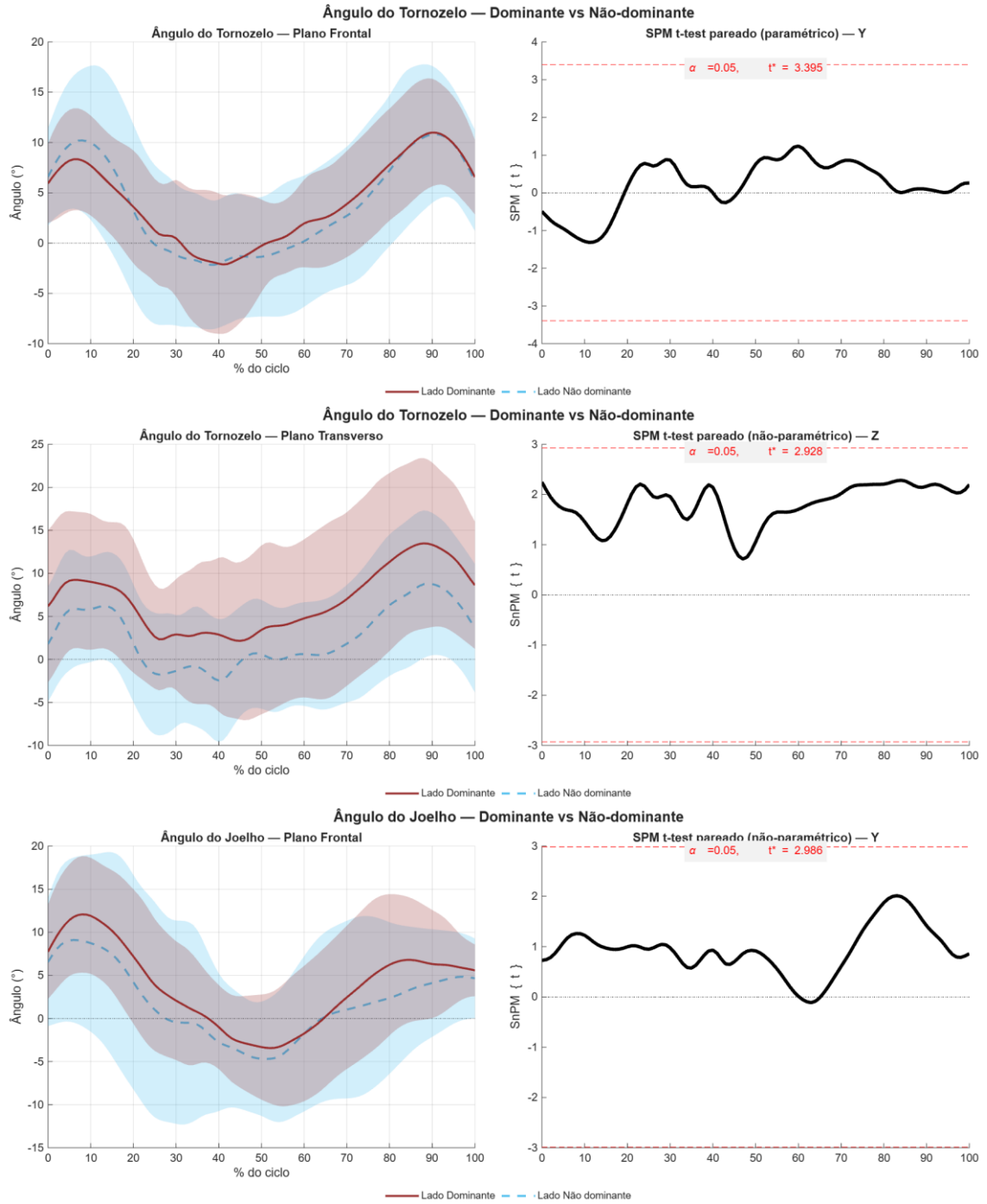
— Lado Dominante — Lado Não dominante



## APÊNDICE G – GRÁFICOS VIA SPM DAS VARIAÇÕES ANGULARES DAS DEMAIS ARTICULAÇÕES DO YOP TCHAGUI







## ANEXOS

## ANEXO A – LISTA STROBE

STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cross-sectional studies*

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>Introduction</b>		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses
<b>Results</b>		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses

<b>Discussion</b>		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>Other information</b>		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

\*Give information separately for exposed and unexposed groups.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at [www.strobe-statement.org](http://www.strobe-statement.org).

## ANEXO B – QUESTIONÁRIO PERFIL DO ATLETA

Há quanto tempo você pratica Taekwondo?

Faixa atual

Você participa de competições regularmente como atleta?

Já competiu em competições nacionais ou internacionais?

Quando foi a última vez?

Quantas competições participou como atleta nos últimos 2 anos?

Em qual categoria você participou (peso)?

Em qual categoria você participou (faixa)?

Atualmente pratica algum outro esporte? Se sim, qual outro?

Em média, quantos dias na semana você treina a modalidade Taekwondo?

Em média, quantas horas por dia você treina o Taekwondo?

Apresentou lesões nos últimos 6 meses? Se sim, em que local, quanto tempo durou, você chegou a procurar algum profissional de saúde?

Apresenta alguma doença neuromusculoesquelética? Se sim, qual?

Faz uso de algum medicamento neuropsíquico (que afete seu sistema nervoso, normalmente prescrito por psiquiatras ou neurologistas)? Se sim, qual?

Você está sentindo alguma dor nesse momento? Se sim, em qual parte do corpo?

Você esperaria sentir alguma dor se fosse socilitado que realizasse um chute contra um boneco de treino?

Se você fosse chutar uma bola, com qual perna chutaria?

**ANEXO C – PERCEÇÃO SUBJETIVA DA RECUPERAÇÃO****PERCEÇÃO SUBJETIVA DA RECUPERAÇÃO**

<b>Classificação</b>	<b>Descritores</b>
10	Muito bem recuperado / Altamente disposto
9	
8	Bem recuperado / Um pouco disposto
7	
6	Moderadamente recuperado
5	Adequadamente recuperado
4	Um pouco recuperado
3	
2	Não muito bem recuperado / Um pouco cansado
1	
0	Muito mal recuperado / Extremamente cansado

**ANEXO D – PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO BORG - CR10**

<b>Classificação</b>	<b>Descritor</b>
0	Nada
0,5	Muito, muito fraco
1	Muito fraco
2	Fraco
3	Moderado
4	Um pouco forte
5	Forte
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Muito, muito forte
.	Máximo

## ANEXO E – PARECER

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise cinemática dos membros inferiores de diferentes chutes de atletas profissionais de taekwondo: bandal tchagui, yop tchagui e tit tchagui: um estudo descritivo

**Pesquisador:** Maicon Albuquerque

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 81274024.2.0000.5149

**Instituição Proponente:** Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 7.034.823

#### Apresentação do Projeto:

O Taekwondo (TKD) é um esporte de combate coreano composto por golpes de grandes impactos, como os chutes. Recentemente, esta modalidade esportiva foi classificada como esporte olímpico, sendo o movimento do chute um dos golpes de maior importância dentro desse esporte. Uma das formas de entender o desempenho de atletas dessa modalidade esportiva é analisando os movimentos das técnicas de chute. Portanto, o estudo da biomecânica dos chutes é crucial para compreender o desempenho dos atletas, especialmente ao investigar as variáveis cinemáticas do movimento, como as variações e as velocidades angulares. O objetivo deste estudo é descrever a cinemática dos chutes (bandal tchagui, yop tchagui e o tit tchagui) por meio das variações angulares e das velocidades angulares das articulações da pelve, do quadril, do joelho e do tornozelo nos três planos de movimento (sagital, frontal e transversal). Além disso, investigar se há diferenças biomecânicas entre o membro dominante e não dominante de chute. Serão avaliados atletas de ambos os sexos de nível nacional e internacional de TKD. Para a realização do estudo será feita uma coleta tridimensional do movimento. Serão utilizados marcadores anatômicos e de rastreamento (clusters) para a construção do modelo biomecânico. Para a coleta tridimensional do movimento irá se utilizar o sistema Qualisys® Oqus com nove câmeras e duas plataformas de força. Os marcadores serão rastreados pelo software Qualisys Track Manager (QTM) e, os

**Endereço:** Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha  
**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901  
**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE  
**Telefone:** (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br