

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO ESPORTE – CEFID
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO – PPGCMH**

ADRIANA LONGHI

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SAQUE FLAT DE TENISTAS
INFANTO-JUVENIS**

FLORIANÓPOLIS, SC

2014

ADRIANA LONGHI

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SAQUE FLAT DE TENISTAS
INFANTO-JUVENIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC como pré-requisito para obtenção do título de mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr.
Sebastião Iberes Lopes Melo.
Co-orientador: Prof. Dr.
Aníbal Alexandre Campos
Bonilla.

FLORIANÓPOLIS, SC

2014

L854a

Longhi, Adriana

Análise cinemática do saque flat de tenistas
infanto-juvenis / Adriana Longhi. -- 2014.

p. : il. ; 21 cm

Orientador: Sebastião Iberes Lopes Melo

Coorientador: Aníbal Alexandre Campos Bonilla

Dissertação (mestrado)-Universidade do Estado de
Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciências
do Movimento Humano, 2014

Bibliografia

1. Cinemática. 2. Tênis (Jogo) - Saque. 3. Mecânica
humana. I. Melo, Sebastião Iberes Lopes. II. Bonilla,
Aníbal Alexandre Campos. III. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências
do Movimento Humano. IV. Título.

DDC: 612.76 - 20.ed.

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca do CEFID/UESC

ADRIANA LONGHI

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SAQUE FLAT DE TENISTAS
INFANTO-JUVENIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Sebastião Iberes Lopes Melo
Universidade do Estado de Santa Catarina

Co-Orientador:

Prof. Dr. Aníbal Alexandre Campos Bonilla
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Prof. Dr. Fabrizio Caputo
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Prof. Dr. Fernando Luiz Cardoso
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

Prof. Dr. Ludgero Braga Neto
Universidade de São Paulo

Florianópolis – 2014

Dedico este trabalho em especial à minha mãe Solange e ao meu pai Irineu, meus modelos de vida.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para que mais esta etapa fosse completada.

Primeiramente a Deus por ter me abençoado com tantas pessoas boas na minha vida.

À minha Mãe, Solange Longhi, por ter sido a maior incentivadora e exemplo de vida que posso ter. Ao meu Pai, Irineu Longhi, por ser meu exemplo de superação e de perseverança, qualidades indispensáveis para realizar qualquer trabalho. Obrigada pelo amor de vocês.

Aos meus irmãos, cunhado e cunhada pela compreensão e incentivo.

Aos meus tios Jandira Spalding e Luiz Spalding que me receberam como filha e foram meu porto seguro durante esta jornada. Sem vocês seria muito difícil!

À querida Tia Cléo e sua família pela acolhida no momento de adaptação.

Ao meu orientador, Professor Dr. Sebastião Iberes Lopes Melo pela oportunidade e confiança depositada, pelo aprendizado e experiência transmitidos contribuindo com meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu co-orientador, Professor Dr. Aníbal Alexandre Campos Bonilla pela disponibilidade, esclarecimentos e aprendizado, ajudando de maneira ímpar para a realização deste trabalho.

Aos professores que participaram deste estudo pelas suas valiosas contribuições.

Aos pais, responsáveis, professores e alunos das escolinhas de tênis pela confiança depositada, sem eles este trabalho não seria possível.

Aos colegas de Laboratório, em especial à Luciana Gassen ferth Araujo e Ana Cláudia Vieira Martins, muito obrigada pela paciência! À Paula Bertolini de Paiva, Professora Dra. Deyse Borges Koch, Maurício Camaroto e Diogo Cardoso da Silva, cada um deu sua contribuição.

À Caroline, muito obrigada por incentivar o sonho e estar sempre presente.

A todos aqueles que não foram mencionados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

*“...just keep following the
heartlines on your hand..”
(Florence Welsh)*

RESUMO

LONGHI, A. **Análise cinemática do saque *flat* de tenistas infanto-juvenis**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano – Área: Desempenho no Esporte) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Florianópolis, 2014.

O saque pode ser determinante no resultado do jogo de tênis, desta maneira, este estudo descritivo teve como objetivo geral analisar características cinemáticas do saque *flat* de tenistas infanto-juvenis, bem como caracterizar, comparar e determinar a influência de diferentes variáveis na máxima velocidade da raquete entre categorias, imediatamente antes do contato com a bola. Foram analisados 42 tenistas de ambos os sexos com idades entre 11 e 18 anos integrantes das categorias 12, 14, 16 e 18 anos, com rotina de treinamento e competições, participantes dos centros de treinamento de tênis nas cidades de Florianópolis/SC, Passo Fundo/RS e Carazinho/RS. A coleta de dados foi realizada nos próprios locais e durante os treinamentos. Para tal utilizou-se: 1) Ficha cadastral, 2) Sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* com taxa de aquisição de 120 Hz, 3) Câmera de vídeo (01) *High Speed* de 210Hz e Câmera de vídeo do sistema *Xsens* (01) de 60Hz. Foram selecionadas as variáveis: ângulos articulares, velocidade angular máxima e velocidade linear máxima dos diferentes segmentos corporais conforme eventos chave definidos: Máxima flexão do joelho esquerdo (MFJE); Máxima extensão do tronco (MET) e; Instante de impacto (IMP). Foi utilizada estatística descritiva com médias (\bar{X}), desvio padrão (sd), coeficiente de variação (CV%), para descrever as características físicas e técnicas dos atletas e das diferentes variáveis. Aplicado o teste ANOVA *One way* para comparação dos valores médios entre as categorias. Adotado o Teste de Correlação de Pearson para verificar a relação entre a velocidade linear da raquete e as variáveis cinemáticas. Para determinar a influência das variáveis: a) ângulos articulares; b) velocidades angulares dos diferentes segmentos corporais; c) velocidades lineares dos diferentes segmentos corporais foi adotada a regressão linear múltipla - *Stepwise*. Para todas as análises foi adotado nível de confiabilidade de 95% ($p \leq 0,05$). Os resultados evidenciaram que: a) os tenistas apresentam características físicas e técnicas de acordo com sua categoria; b) os tenistas das diferentes categorias apresentaram ângulos articulares e características técnicas

semelhantes; c) as médias das velocidades da raquete são inferiores aos valores apresentados por tenistas profissionais, havendo diferenças também entre as categorias; d) cada categoria possui um grupo de variáveis específicas que têm relação direta com a velocidade da raquete, não havendo um padrão definido entre elas; e) as variáveis que apresentaram maior influência foram: velocidade angular do braço para categoria 12 anos com 92%; velocidade angular do tronco para a 14 anos com 125%; velocidade angular da mão para a 16 anos com 39% e velocidade linear do tronco para a 18 anos com 548%. Concluiu-se que os tenistas infanto-juvenis apresentam um posicionamento articular homogêneo e considerando a existência de variáveis determinantes no desempenho do saque, recomenda-se focar o aprimoramento das velocidades dos segmentos corporais que influenciam na velocidade linear da raquete, de acordo com cada categoria.

Palavras chave: Cinemática. Tênis. Saque. Infanto-juvenil.

ABSTRACT

LONGHI, A. **Kinematic analysis of the flat serve in young tennis players**. 2014. Dissertation (Mestrado em Ciências do Movimento Humano – Área: Desempenho no Esporte) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Florianópolis, 2014.

The serve maybe determinant in tennis, in this manner, this descriptive study had as main goal analyze kinematic characteristics of the *flat* serve in young tennis players as well as characterize, compare and determine the influence of different variables on the maximum racquet speed between categories, immediately before impact. 42 tennis players of both sexes aged between 11 and 18 members of the categories 12, 14, 16 and 18 years, with routine training and competitions, participants of tennis training centers were analyzed in the cities of Florianópolis/SC, Passo Fundo/RS and Carazinho/RS. Data collection was performed during training. For this we used: 1) cadastral sheet, 2) inertia motion capture Xsens MVN Studio with an acquisition rate of 120Hz, 3) Video Camera (01) of 210Hz and High Speed Video Camera System Xsens system (01) of 60Hz. Were selected as variables: joint angles, maximum angular velocity and maximum linear velocity of the different body segments according to the defined key events: Maximum left knee flexion (MFJE); Maximum trunk extension (MET) and; Instant of impact (IMP). Descriptive statistics with mean (\bar{X}), standard deviation (sd), coefficient of variation (CV%), was used to describe the physical and technical characteristics of the athletes and to different variables. One way ANOVA test was applied to compare mean values between categories. The Pearson Correlation Test was adopted to investigate the relationship between linear velocity of the racket and the kinematic variables. To determine the influence of variables: a) joint angles; b) angular velocities of the different body segments; c) linear velocities of different body segments, was adopted multiple linear regression-Stepwise. For all analyzes was adopted confidence level of 95% ($p \leq 0.05$). The results showed that: a) the tennis players presented physical and technical characteristics according to its categories; b) the tennis players of different categories presented similar joint angles and technical characteristics; c) the means of the racket speed for the present study are lower than the values reported by elite tennis players, and

there are differences between these categories of young players; d) each category has a group of specific variables that are directly related to the racket speed, and there is no pattern define between these categories; e)the variables that presented higher influence in racket speed were: angular velocity of the upper arm rotation in 12 years category with 92%; angular velocity of the trunk in 14 years with 125%; angular velocity of the hand in 16 years with 39% and linear velocity of the trunk in 18 years with 548%. We conclude that young tennis players have homogeneous articulate positioning and considering the existence of determinant variables in the performance of the serve, we recommend focus on improving the speeds of the body segments that influence the linear velocity of the racket, according to each category.

Keywords: Kinematics. Tennis. Serve. Junior.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1- Princípios Biomecânicos no Tênis..... | 39 |
| Figura 2- Cadeia cinética do movimento do saque..... | 41 |
| Figura 3- Diagrama: Sequência da cadeia cinética do saque..... | 41 |
| Figura 4- Fases e estágios do movimento do saque..... | 43 |
| Figura 5- Técnica <i>foot-back</i> | 48 |
| Figura 6- Técnica <i>foot-up</i> | 48 |
| Figura 7- Eventos chave..... | 61 |
| Figura 8- Ângulos segmentares..... | 64 |
| Figura 9- Ângulo de abdução do ombro..... | 68 |
| Figura 10- Ângulo de rotação do ombro..... | 69 |
| Figura 11- Ângulo de flexão do ombro..... | 70 |
| Figura 12- Localização dos sensores MTx e MTx-L..... | 79 |
| Figura 13- Local de aquisição das imagens..... | 82 |
| Figura 14- Ambiente de coleta e estação do sistema de análise de dados..... | 83 |
| Figura 15- Calibração do sistema posição <i>N pose</i> | 84 |
| Figura 16- Posição “ombro-sobre-ombro”..... | 115 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1- Distribuição das variáveis do estudo por Eventos Chave | 65 |
| Quadro 2- Influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da ponta da raquete categoria 12 anos..... | 143 |
| Quadro 3- Influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da ponta da raquete categoria 14 anos..... | 145 |
| Quadro 4- Influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da ponta da raquete categoria 16 anos..... | 147 |
| Quadro 5- Influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da pontada raquete categoria 18 anos..... | 149 |

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Representação gráfica do ângulo de flexão do cotovelo direito no 2º evento chave, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos.....110

Gráfico 2a- Representação gráfica do ângulo de flexão do ombro direito no 2º e 3º eventos chave, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos.....121

Gráfico 2b- Representação gráfica do ângulo de abdução do ombro direito no 2º e 3º eventos chave, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos..122

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Valores de velocidades angulares máximas encontrados em diferentes estudos..... | 50 |
| Tabela 2 - Valores dos ângulos articulares nas diferentes fases do saque..... | 51 |
| Tabela 3 - Caracterização do perfil físico dos tenistas..... | 92 |
| Tabela 4 - Perfil técnico dos tenistas..... | 95 |
| Tabela 5 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão do tornozelo direito e esquerdo no 1° evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 100 |
| Tabela 6 - Comparação de duas técnicas de posicionamento dos pés para as variáveis: flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo, entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 103 |
| Tabela 7 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão do joelho direito e esquerdo no 1° evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 104 |
| Tabela 8 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão do quadril direito e esquerdo no 1° evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 107 |
| Tabela 9 - Comparação dos ângulos (°) de rotação de tronco, abdução do ombro direito e flexão do cotovelo direito nos três eventos chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 109 |
| Tabela 10 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de extensão do tronco no 2° evento chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 117 |
| Tabela 11 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão e rotação do ombro no 2° e 3° evento chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 119 |
| Tabela 12 - Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão do punho no 3° evento chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..... | 124 |

Tabela 13 - Caracterização das velocidades angulares (rad.s^{-1}) e velocidades lineares (m/s) dos diferentes segmentos corporais que apresentaram relação com a velocidade linear da ponta da raquete para as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.....127

Tabela 14 - Caracterização e comparação da velocidade linear máxima (m/s) no meio e na ponta da raquete entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.....132

Tabela 15 - Índices de correlação entre a velocidade linear da raquete e as variáveis cinemáticas para as categorias 12, 14, 16 e 18 anos..136

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 27 |
| 1.1 | PROBLEMA..... | 27 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 30 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 30 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 30 |
| 1.3 | HIPÓTESES..... | 31 |
| 1.4 | JUSTIFICATIVA..... | 31 |
| 2. | REVISÃO DE LITERATURA..... | 34 |
| 2.1 | TÊNIS: FRAGMENTOS HISTÓRICOS E REGRAS..... | 34 |
| 2.2 | PRINCÍPIOS BIOMECÂNICOS DO TÊNIS..... | 37 |
| 2.3 | TENDÊNCIAS DOS ESTUDOS SOBRE O SAQUE NO TÊNIS..... | 44 |
| 2.3.1 | CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DO SAQUE NO TÊNIS..... | 45 |
| 2.3.2 | CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS DO SAQUE..... | 52 |
| 2.3.3 | CARACTERÍSTICAS ELETROMIOGRÁFICAS NO SAQUE NO TÊNIS..... | 54 |
| 3. | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 58 |
| 3.1 | CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO..... | 58 |
| 3.2 | PARTICIPANTES DO ESTUDO..... | 59 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.3 | DEFINIÇÃO DOS EVENTOS CHAVE (INSTANTES DE ANÁLISE) E VARIÁVEIS DO ESTUDO..... | 60 |
| 3.3.1 | Definição dos eventos chave (instantes de análise)..... | 60 |
| 3.3.2 | Variáveis do estudo..... | 62 |
| 3.4 | INSTRUMENTOS DE MEDIDA..... | 77 |
| 3.4.1 | Ficha Cadastral..... | 77 |
| 3.4.2 | Sistema de aquisição das variáveis cinemáticas (<i>Xsens MVN Studio</i>)..... | 77 |
| 3.4.3 | Filmadoras..... | 80 |
| 3.5 | PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS..... | 81 |
| 3.6.1 | Procedimentos preliminares..... | 81 |
| 3.6.2 | Coleta de dados propriamente dita..... | 81 |
| 3.6.3 | PROCEDIMENTO DE DADOS..... | 86 |
| 3.7 | TRATAMENTO ESTATÍSTICO..... | 88 |
| 3.8 | LIMITAÇÕES DO ESTUDO..... | 90 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 91 |
| 5. | CONCLUSÕES..... | 155 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 159 |
| | APÊNDICES..... | 168 |
| | ANEXOS..... | 169 |
| | 92 | |

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

Este estudo está focado na problemática do ensino do tênis, no que tange as características da execução de um dos seus principais fundamentos técnicos – o saque, por ser considerado um dos fundamentos que mais caracteriza a complexidade deste esporte, onde os braços executam padrões de movimento e ritmos diferentes entre si e entre os membros inferiores e tronco (BRAGA NETO *et al.*, 2007), devendo haver uma sincronização do movimento para a execução mais adequada e mais eficiente do mesmo.

Todo ponto no tênis começa com o saque, e este é o único fundamento sobre o qual o jogador tem controle (BAHAMONDE, 2003; SUBIJANA; NAVARRO, 2010). O saque executado com alta velocidade dificulta a devolução do adversário, aumentando as chances do sacador vencer o ponto, se tornando assim um elemento determinante no resultado do jogo (BRAGA NETO *et al.* 2007; SAKURAI *et al.* 2007; WHITESIDE *et al.* 2013). A velocidade da raquete imediatamente antes do contato com a bola é um dos fatores determinantes para gerar saques de alta velocidade no tênis (GORDON; DAPENA, 2006), sendo o saque tipo *flat* o mais utilizado para imprimir maior velocidade na bola.

Subijana, Navarro (2010), Elliott *et al.* (1995) e Ahmadi *et al.* (2009), definem que a velocidade de rotação interna do braço é um dos fatores que mais influencia na velocidade da raquete em tenistas adultos

e profissionais. Fleisig *et al.* (2003) além de avaliar a velocidade angular dos segmentos corporais, relatam a importância do posicionamento adequado dos segmentos corporais para produzir saques de alta velocidade. Segundo os autores estes quesitos devem ser observados pelos técnicos e treinados nos jogadores para produzir saques de alta velocidade dificultando a devolução do adversário.

Analisando os estudos envolvendo o saque no tênis, notou-se que grande maioria dos estudos realizou análises de partes fragmentadas, não abrangendo o movimento completo. Observou-se também na literatura a presença de muitas pesquisas realizadas com jogadores adultos e profissionais (AHMADI *et al.* 2009; BAHAMONDE, 2000; CHOW *et al.* 2009; ELLIOTT *et al.* 1995; FLEISIG *et al.* 2003; GIRARD *et al.* 2005; GIRARD *et al.* 2007; SHEETS *et al.* 2011; SUBIJANA, NAVARRO, 2010) que são o modelo utilizado por técnicos e treinadores para treinar seus atletas, buscando o melhor desempenho no saque.

No entanto não foram encontrados muitos estudos envolvendo a análise biomecânica do saque de jogadores infanto-juvenis (ĐUROVIĆ *et al.* 2008; GÖKTEPE *et al.* 2009; REID *et al.* 2010, WHITESIDE *et al.* 2013). No tênis infanto-juvenil, existem categorias específicas para a disputa em torneios de acordo com a idade do participante. Estas categorias podem ser subdivididas em 10, 12, 14, 16 e 18 anos (CBT-CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE TÊNIS, Regulamento Infanto-Juvenil, 2013), sendo 2 (dois) anos de disputa em cada categoria. Sendo assim, consideramos importante a análise biomecânica nessa população de atletas justamente por ser nesta fase o período de aprendizagem e aperfeiçoamento do saque.

Đurović *et al.* (2008) analisaram o movimento do saque de tenistas infantis e observaram que esses indivíduos apresentam grandes dificuldades em executar o saque de acordo com o modelo dos tenistas profissionais. Os tenistas profissionais seguem a cadeia cinética do saque, transferindo energia dos membros inferiores para o tronco, braço e raquete. Os autores sugerem que os tenistas infantis aprendem o movimento do saque, mas não o executam de maneira satisfatória. Contudo deve-se levar em consideração que produzir saques em alta velocidade é um desafio para o tenista que está aprendendo ou melhorando a técnica do saque, principalmente quando o modelo em que está se baseando é um modelo profissional, pois tende a repetir o padrão de movimento que vê ou que lhe é ensinado.

O padrão de movimento e as variáveis que influenciam nos saques de alta velocidade em atletas profissionais, servem de modelo para treinadores de tênis do mundo inteiro. Entretanto quando se trata de tenistas infanto-juvenis, é importante analisar se eles conseguem executar o saque de acordo com o modelo profissional e se possuem as mesmas características cinemáticas de tenistas adultos quando o foco é velocidade do saque.

Portanto, para saber quais articulações ou quais segmentos corporais tem maior influencia no desempenho de saques velozes para tenistas infanto-juvenis ainda necessita-se de mais pesquisas.

Desta forma, formulou-se a seguinte questão norteadora:

Quais as características cinemáticas do saque flat de tenistas infanto-juvenis, de acordo com a categoria?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar características cinemáticas do saque *flat* de tenistas infanto-juvenis e determinar a influência de diferentes variáveis na máxima velocidade da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, de acordo com a categoria dos atletas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever as características físicas e técnicas dos tenistas nas diferentes categorias;
- Descrever e comparar as características cinemáticas do saque *flat* nas diferentes categorias (ângulos e velocidades);
- Determinar a máxima velocidade da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, em tenistas infanto-juvenis de acordo com a categoria;
- Verificar a relação entre a máxima velocidade da raquete e as variáveis cinemáticas, em tenistas infanto-juvenis de acordo com a categoria;
- Determinar a influência dos ângulos articulares e das velocidades lineares e angulares, dos diferentes segmentos corporais, na máxima velocidade da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, de acordo com a categoria;

1.3 HIPÓTESES

Para este estudo foram formuladas as seguintes hipóteses:

H₁) Os tenistas possuem características físicas e técnicas de acordo com sua categoria e nível técnico.

H₂) As categorias 16 e 18 anos apresentam ângulos articulares semelhantes, por já se encontrarem em um estágio maturacional mais avançado e as categorias 12 e 14 anos, não apresentam um padrão de movimento definido, em relação aos ângulos articulares, por estarem em um estágio maturacional inferior.

H₃) Os valores de velocidade da raquete serão menores que os apresentados por outros estudos realizados com atletas profissionais, por serem atletas infanto-juvenis e estarem aperfeiçoando a técnica.

H₄) Existem relações entre as variáveis cinemáticas e a velocidade linear da raquete, pois são os movimentos dos segmentos corporais que produzem o movimento da raquete.

H₅) Os ângulos articulares, as velocidades angulares e lineares dos diferentes segmentos corporais influenciam na máxima velocidade da raquete, pois os movimentos da raquete são dependentes dos movimentos dos segmentos corporais.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente estudo foi realizado considerando algumas razões. Como já destacado, o início do treinamento no tênis pode ocorrer ainda na infância. Em nosso país as oportunidades de iniciação neste esporte

tem se intensificado nos últimos anos em clubes, centros de treinamento, por vontade própria da criança ou influência dos amigos ou dos pais.

Entretanto, a revisão de literatura (Longhi *et al.*, aceito para publicação), evidenciou lacunas em estudos acerca da técnica em nosso País, em especial os relacionados ao saque nos tenistas infanto-juvenis.

O saque, por ser o ponto de partida da disputa de pontos, é indispensável para a prática deste esporte, podendo ser um elemento determinante no resultado do jogo (SAKURAI, 2007). Essa habilidade motora, trabalhada em atletas jovens é passível de aperfeiçoamento através do treinamento, tendo variações perceptíveis com a familiarização do indivíduo com o golpe (ISHIZAKI, p.141, 2008), ficando evidente a necessidade de se trabalhar o fundamento do saque desde cedo.

Os movimentos da raquete resultam dos movimentos dos segmentos corporais, e teoricamente é possível e necessário quantificar a contribuição das ações dos diferentes segmentos e articulações do corpo para a velocidade da raquete, sendo assim é importante entender como esta velocidade é produzida. O sucesso no tênis depende muito da técnica utilizada por cada jogador, e a análise biomecânica serve de suporte para o entendimento da técnica de cada movimento deste esporte (ELLIOTT, p. 392, 2006).

Por ser um esporte com início precoce na vida dos atletas infanto-juvenis, este estudo pode trazer benefícios para equipes e atletas desta modalidade esportiva, podendo contribuir para uma análise detalhada do movimento do saque, partindo das variáveis ângulos articulares e velocidade angular e linear dos segmentos corporais, de acordo com a faixa etária e categoria do participante, com base nos

dados apresentados em outros estudos realizados com atletas adultos e profissionais (BAHAMONDE, 2000; CHOW *et al.* 2009; ELLIOTT *et al.* 1995; FLEISIG *et al.* 2003; GIRARD *et al.* 2005; GIRARD *et al.* 2007; SHEETS *et al.* 2011; SUBIJANA, NAVARRO, 2010).

Deste modo, os treinadores poderão basear-se neste estudo para analisar a evolução de seus atletas, tomando como base as características cinemáticas apresentadas por cada categoria, no que se refere a saques de alta velocidade. A pesquisa em tal direção poderia contribuir para melhor incremento do tênis entre jovens aprendizes.

Um ponto que ainda serve como elemento a ser destacado nas razões da metodologia e forma de análise dos dados do presente estudo, se relaciona à possibilidade de nos valermos de uma tecnologia avançada para a obtenção dos dados necessários para o estudo. Até poucos anos atrás não se tinha acesso ao tipo de equipamento que pudesse captar em tempo real o movimento executado pelo atleta com tecnologia em três dimensões, acoplada ao seu corpo e que fornecesse tantos dados de maneira instantânea para análise, com uma vantagem fundamental, sem a necessidade de retirar o atleta do seu local de treinamento para a realização da pesquisa.

O presente estudo pode servir de base para outros estudos na área com o objetivo da melhora do desempenho no saque de alta velocidade e da caracterização do movimento para futuras análises, relacionadas à execução do gesto esportivo, em jovens tenistas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Com a finalidade de fundamentar o estudo selecionou-se os seguintes conteúdos, e organizou-se didaticamente este capítulo nos seguintes tópicos: Tênis: fragmentos históricos e regras; Princípios biomecânicos do tênis e Tendências dos estudos sobre o saque no tênis.

2.1 TÊNIS: FRAGMENTOS HISTÓRICOS E REGRAS

Neste tópico foram abordados os fragmentos históricos e as regras do tênis. Segundo Giffoni (1989) o tênis é um esporte praticado há centenas de anos, entretanto ainda não existe um consenso quanto à sua origem, havendo apontamentos relacionados aos egípcios e romanos como sendo os criadores da matriz do tênis. Porém outros estudiosos acreditam que o esporte nasceu de um jogo romano chamado *harpastum*, que foi adaptado no País Basco e recebeu o nome de “jeu de paume”, porque a bola era batida com a palma da mão contra um muro (MORÉ, 2006).

De acordo com a Confederação Brasileira de Tênis (2013) as bases reais do jogo foram estabelecidas na França no final do século XII e início do XIII, onde os jogadores utilizavam as mãos para golpear a bola. O “paume” se espalhou pela França, com diversas variantes e modificações. O muro deu lugar a uma corda que dividia um campo retangular. Surgia o “longue-paume”, que suportava até seis jogadores de cada lado. Com a invenção da raquete na Itália, no século XIV, o “paume” fica menos violento e mais acessível. Ainda no século XIV, o

esporte alcançou a Inglaterra, aonde chegou a ser praticado pelo rei Henrique VIII.

De acordo com Barbosa (2003) em 1873, o major inglês Walter Wingfield estudou os primórdios do tênis e adaptou suas regras. Já em 1874, Wingfield registrou a patente do jogo, ao qual chamou “*Sphairistikè*”, em homenagem aos gregos, que davam esse nome a qualquer exercício praticado com bolas. Logo o esporte passou a ser chamado de tênis, numa derivação do francês “tenez”, que quer dizer "pega" e era gritado no “paume” quando o jogador rebatia a bola para a quadra adversária.

O poderio econômico britânico no século XIX ganhou o mundo e, certamente, ajudou a difundir o tênis, inclusive no Brasil, onde chegou pelas mãos dos técnicos da Light and Power (energia elétrica) e da São Paulo Railway (estradas de ferro), que iniciaram o processo de urbanização dos grandes centros, como São Paulo e Rio de Janeiro (CBT-CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE TÊNIS, 2013).

Na história do tênis no Brasil, com pouco mais de um século, destacam-se alguns atletas que influenciaram a prática do esporte no país. Maria Esther Bueno ficou mundialmente conhecida, pois, foi tricampeã em Wimbledon. Em 1996, o tênis brasileiro começou um novo capítulo com o catarinense Gustavo Kuerten (Guga) quando levantou a taça de Roland Garros em 1997. Ele chegou a vencer este mesmo torneio outras 2 vezes, mas foi em 2000, após levantar pela segunda vez o título de Roland Garros, que o tenista brasileiro consagrou-se no cenário mundial. Ele atingiu a posição de primeiro do mundo conquistando o título do Master de Lisboa, ganhando de dois dos

maiores tenistas da história, os norte-americanos Pete Sampras e Andre Agassi (CBT-CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE TÊNIS, 2013).

No Brasil observou-se a partir de 97, segundo a Confederação Brasileira de Tênis (2013), um aumento acentuado no número de tenistas, o que é justificado tanto pelo aparecimento de um “ídolo” nacional, após a vitória de Guga em Roland Garros, quanto pelo maior acesso da população às quadras e equipamentos de tênis.

Segundo a International Tennis Federation - ITF (2013) a quadra de tênis deve ter 23.77m de comprimento e 10.97m de largura no seu total. Os jogadores devem posicionar-se em lados opostos e o sacador é quem dá início ao ponto e o adversário faz a devolução do saque até que o game esteja completo. Após o término de cada game os jogadores invertem a ação, ou seja, o sacador torna-se o receptor, fazendo a devolução do saque e o adversário que estava recebendo o saque irá sacar.

Hoje com todas as modificações que ocorreram ao longo da história, a contagem no tênis se divide em "games" e "sets". De acordo com a International Tennis Federation - ITF (2013) são necessários seis games para se completar um set, para se vencer um jogo, podem ser necessários dois sets (jogos em melhor de 3), ou três sets (melhor de 5). Se um jogador vence seu primeiro ponto no game, sua contagem é de 15; ao vencer o segundo ponto, chega a 30; no terceiro, vai a 40; e no quarto ponto, chega ao game, a menos que a contagem anterior estiver empatada em 40/40 (ou seja, cada jogador venceu três pontos), sendo assim necessário se ganhar dois pontos consecutivos para a vitória naquele game, tantas quantas forem as igualdades necessárias para a

conclusão. As trocas de lado da quadra acontecem em todos os games ímpares até que o jogo acabe.

2.2 PRINCÍPIOS BIOMECÂNICOS DO TÊNIS

Neste tópico são apresentados os princípios biomecânicos relacionados ao tênis.

O interesse em realizar análises biomecânicas dos movimentos no tênis já é antigo, tendo sido publicadas imagens de golpes em livros já no século XV, porém somente nos últimos 20 anos do século XX os cientistas puderam quantificar essas características biomecânicas, um processo que ainda tem muito a evoluir (ELLIOTT, 2003).

Segundo Elliott (2006) entender a biomecânica dos movimentos do tênis auxilia treinadores e jogadores no aprimoramento das técnicas, e como cada golpe do tênis tem uma estrutura mecânica fundamental para a sua execução. De acordo com Crespo (2003, p. 24) existem princípios e conceitos biomecânicos no tênis que são fundamentais para que o tenista pratique este esporte como:

1) Equilíbrio: tanto estático como dinâmico são importantes na produção do movimento e dos golpes. Equilíbrio estático pode ser considerado em partes no contexto do *Split step* (dividir o passo), ou seja, quando o jogador realiza o *Split step* ele mantém o corpo em equilíbrio. O equilíbrio dinâmico é a habilidade de um jogador manter o seu centro de gravidade sobre a sua base de suporte enquanto se movimenta, sendo muito importante o controle do equilíbrio dinâmico para produção de movimento;

2) Inércia: é a tendência de um corpo de manter seu estado de movimento ou de repouso. Sendo fundamental para as mudanças de direção tanto do corpo do tenista como da raquete.

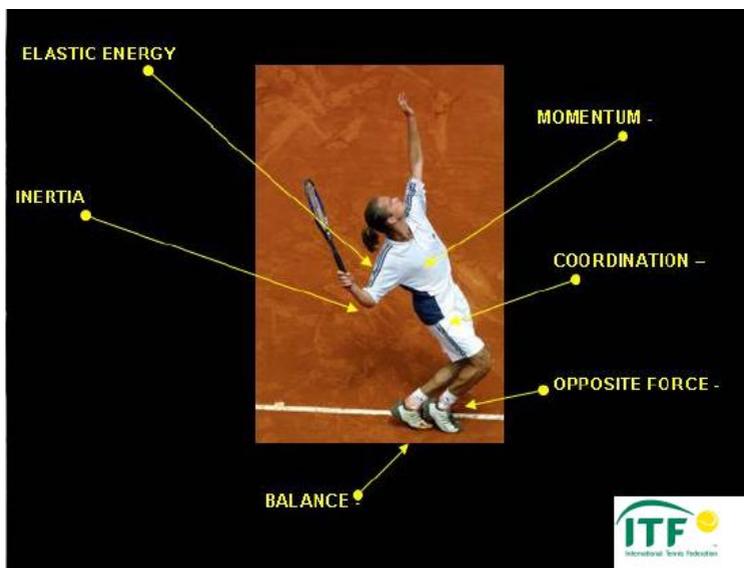
3) Forças de reação: são importantes para os movimentos do tênis, principalmente do saque. Quando um jogador está se preparando para realizar um movimento de salto, ele flexiona os joelhos, armazenando energia elástica nos membros inferiores (fase de carga), abaixando o centro de massa, e pressiona o corpo contra o solo, este por sua vez devolve ao tenista uma reação de mesma magnitude, porém em direção oposta, possibilitando o atleta saltar.

4) Momento: é importante para o desenvolvimento dos golpes no tênis. O Momento Linear é uma grandeza vetorial obtida pelo resultado do produto da massa e velocidade de um corpo que se desloca. Já o Momento Angular é uma variável mecânica usada para quantificar o movimento angular de um corpo, obtida pelo resultado do produto do momento de inércia deste corpo sobre um eixo e a velocidade angular do corpo sobre um eixo;

5) Energia: esta é armazenada na forma potencial elástica nos músculos durante a fase de alongamento do movimento, sendo transformada em energia cinética, utilizada para aumentar a velocidade da raquete antes da batida;

6) Coordenação: a coordenação ou a fluência dos movimentos entre os diferentes segmentos corporais é necessário para uma produção eficiente do golpe a ser executado, como o saque.

Figura 1: Princípios Biomecânicos no Tênis



Fonte: Crespo (p. 25, 2003).

Bahamonde; Knudson (2003) descrevem que todos os golpes no tênis seguem uma sequência que tem seu início a partir das forças de reação do solo e terminam na transferência do momento da raquete para a bola. Para um tenista gerar um momento vertical durante um saque é necessário que:

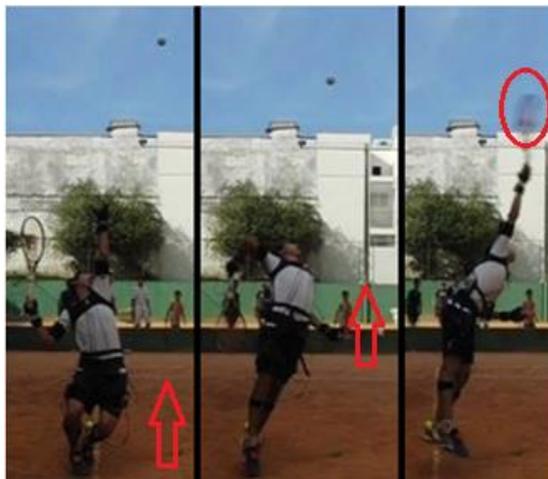
- 1º: Esteja na posição inicial estática, onde neste instante existem somente duas forças agindo sobre ele, o seu peso (P) e a força de reação do solo (FRS);
- 2º: O momento inicial do jogador é igual à zero, sendo que não existe velocidade vertical aplicada sobre ele;
- 3º: A partir da contração muscular, o jogador se impulsiona contra o solo, o que irá produzir uma força vertical oposta de igual intensidade por período de tempo ($F \cdot \Delta t$);

4º: Este impulso vertical produz uma mudança no momento vertical do jogador, permitindo assim que ele saia do contato com o solo, desde que a força aplicada seja maior do que o peso do próprio jogador.

Göktepe *et al.* (p. 157, 2009) descrevem a sequência da cadeia cinética para todos os movimentos do tênis, podendo ser expressa da seguinte maneira:

- Todos os movimentos iniciam-se a partir a geração da força de reação do solo (FRS);
- Esta força é transmitida para os membros inferiores (pés, tornozelos, pernas, joelhos, coxas e quadril);
- Passando posteriormente para o tronco;
- Chegando aos membros superiores (ombro, braço, cotovelo, antebraço, punho e mão);
- Passando da mão que empunha a raquete para a própria raquete;
- Transferindo a energia para bola no instante de contato, conforme Figura 2 a seguir.

Figura 2: Cadeia cinética do movimento do saque



Fonte: Pesquisa, elaboração da autora.

A representação gráfica descrita por Bahamonde (p. 53, 2003), da sequência da cadeia cinética pode ser visualizada no Diagrama a seguir:

Figura 3: Diagramada sequência da cadeia cinética do saque.

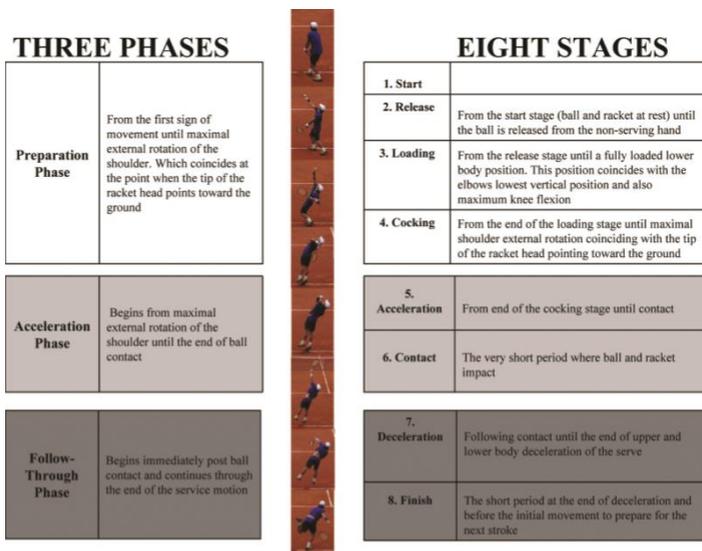


Fonte: Adaptada de Bahamonde, pela autora (2003, p. 53)

O movimento do saque, assim como os outros golpes deste esporte, seguem a sequência da cadeia cinética descrita anteriormente. O saque possui fases e estágios específicos, como Kovacs; Ellenbecker (2011) descrevem, dividindo em três fases e oito estágios, sendo eles:

- a) Fase de preparação: (1) a partir do primeiro sinal de movimento; (2) lançamento da bola; (3) posição de carga nos membros inferiores com a flexão dos joelhos e membros superiores com a flexão do cotovelo; (4) máxima rotação externa do ombro onde a cabeça da raquete encontra-se paralela às costas do jogador apontando em direção ao solo.
- b) Fase de aceleração: (5) inicia no final da máxima rotação externa do ombro até o contato com a bola; (6) o curto período de contato entre a raquete e a bola.
- c) Fase de finalização: (7) desaceleração dos membros superiores e inferiores; (8) o curto período entre o fim da desaceleração e o início do próximo movimento.

Figura 4: Fases e estágios do movimento do saque.



Fonte: KOVACS; ELLENBECKER (2011, p. 505)

Tenistas adultos e profissionais como os que participaram do estudo citado acima apresentam estas fases e estágios bem definidos. O que difere o saque de um tenista para outro é a velocidade com que ele consegue sacar, o efeito que aplica à bola, a precisão do seu saque e a habilidade que possui para unir todas estas características em um único movimento. De acordo com Elliott (2006) nos golpes do tênis que exigem potência, como o saque, um número de segmentos corporais precisa ser coordenado de tal forma que seja gerada a maior velocidade possível na raquete.

Existem três técnicas de saque comumente usadas em um jogo de tênis de campo, de acordo com a preferência e habilidade do jogador, conhecidas como: a) *flat* (pouco efeito e maior velocidade da bola); b) *topspin* ou *kick serve* (maior quantidade de efeito que faz com que a

trajetória da bola seja mais curva e quando entra em contato com o solo colide e reflete mais que os outros saques, geralmente usado como segundo saque) e c) *slice* ou *sidespin* (o efeito faz com que a bola se dirija para longe ou em direção ao corpo do adversário dificultando sua devolução) (ELLIOTT *et al.* 1995; ELLIOTT, 2006; SAKURAI *et al.* 2007; SHEETS *et al.* 2011). Segundo estes autores, a habilidade de realizar um saque com uma destas características deve ser adquirida pelo jogador com o objetivo de ter um ataque efetivo na execução deste fundamento.

2.3 TENDÊNCIAS DOS ESTUDOS SOBRE O SAQUE NO TÊNIS

Neste tópico serão abordadas as principais tendências dos estudos sobre o saque no tênis. Através de uma revisão sistemática detalhada (LONGHI *et al.* aceito para publicação) notou-se que existem áreas diversificadas de interesse nos estudos envolvendo o saque, porém observou-se uma maior incidência nos estudos envolvendo características cinemáticas; características dinâmicas e; características eletromiográficas do saque no tênis.

A seguir segue a abordagem relacionada às características cinemáticas do saque no tênis de campo.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DO SAQUE NO TÊNIS

Dentre 33 estudos consultados, 24 buscaram pela caracterização do movimento através de análises cinemáticas. Neste tópico serão descritos alguns deles:

Ahmadi *et al.* (2009) analisaram o saque de quatro tenistas adultos de diferentes níveis técnicos (iniciantes, intermediários e elite) utilizando três sensores inerciais com frequência de 100 Hz, sendo um posicionado sobre o manúbrio do esterno, o segundo posicionado sobre o braço e o terceiro sobre a mão do tenista. Juntamente com os sensores inerciais foi utilizado o sistema VICON MOTION SYSTEM composto de oito câmeras com frequência de 100 Hz, e foram analisadas simultaneamente as velocidades angulares do movimento de rotação interna do braço, de flexão do punho e rotação do ombro e a suas contribuições para a velocidade linear da raquete. Os resultados evidenciaram que houve uma contribuição de 54% de rotação interna do braço para a velocidade da raquete, 31% de flexão do punho e 10% de rotação do ombro. Os autores concluíram, portanto que, os sensores inerciais podem ser usados como ferramenta de análise para o movimento do saque no tênis.

Bahamonde (2000) utilizou duas câmeras com frequência de aquisição de 200 Hz. Neste estudo foram analisados tridimensionalmente as mudanças no momento angular durante a execução do saque no tênis. Para entender a contribuição individual dos segmentos corporais sobre os três eixos X (paralelo à linha de base), Y (em direção à rede) e Z (eixo vertical), gerando o momento angular de todo o corpo, os segmentos foram separados em cinco sistemas: tronco,

braço que empunha a raquete, braço sem a raquete, perna localizada anteriormente e perna localizada posteriormente. Os resultados apresentados pelo autor demonstraram que as componentes com maior valor de momento angular foram nos eixos X e Y próximo ao impacto, sendo que 35,9% do momento angular concentrou-se na raquete e 25,7% no antebraço do lado dominante.

Antúñez *et al.* (2012) analisaram a variabilidade da mão do lado dominante e a precisão e velocidade do saque em 17 tenistas adultos de nível intermediário. Foram utilizados como instrumentos de análise um sistema eletromagnético de captura de movimento, uma câmera de vídeo e um radar. Segundo os autores os resultados demonstraram que existe uma relação negativa entre a variabilidade do movimento da mão e a precisão do saque, sugerindo que, um aumento na variabilidade deste segmento está relacionado à diminuição da velocidade do saque.

Chow *et al.* (2003) compararam as características cinemáticas da raquete e da bola imediatamente antes do instante de impacto entre raquete e bola, no primeiro e segundo saques, em tenistas adultos de elite. Utilizaram como instrumento de análise duas câmeras de alta frequência, operando a 200 Hz cada uma. Os resultados evidenciaram que não houve diferença significativa em relação à velocidade da raquete imediatamente antes do contato com a bola entre o primeiro e segundo saques. O que difere o primeiro do segundo saque é a localização em que a bola será atingida, havendo uma diferença no lançamento entre os dois saques e, a quantidade de efeito aplicada à bola, sendo que no segundo saque os tenistas utilizaram mais *topspin*. Segundo os autores, a bola foi atingida quando a cabeça da raquete estava próxima à sua altura máxima, levemente apontada para cima,

com uma inclinação de $4,7^\circ$ para o primeiro saque e logo após o contato houve uma mudança de direção na inclinação, apontando a cabeça da raquete para baixo.

Sheets *et al.* (2011) analisaram as diferenças das características cinemáticas do tronco, ombro, cotovelo e punho, entre três técnicas de saque: *flat*, *kick* e *slice*, em tenistas adultos de alto rendimento, através de oito câmeras de vídeo operando a 200 Hz. Os resultados mostraram que a trajetória do membro superior difere entre os saques, porém, no que se refere à velocidade da raquete o saque *kick* foi o que apresentou menores valores da componente horizontal (em direção à rede), contudo, mesmo com valores menores nesta componente, não foram encontradas diferenças significativas na velocidade da raquete entre os saques.

Em estudos com atletas juvenis, Reid *et al.* (2010) analisaram através do sistema VICON MX composto por 22 câmeras de 250 Hz, o lançamento da bola (*toss*) pela mão do lado não dominante isoladamente sem efetivar o saque e o movimento do saque completo, em cinco atletas com idade média de 13 anos. Segundo os autores o lançamento da bola muitas vezes é treinado separadamente com o intuito de evitar rotações na bola e melhorar o posicionamento dela no ar para o contato com a raquete. De acordo com os autores nota-se grande diferença entre espaço e tempo da bola lançada separadamente do que no momento do saque, sugerindo que este quesito deve ser treinado juntamente com o saque.

Em outro estudo Reid *et al.* (2008) analisaram a relação da coordenação dos membros inferiores na mecânica do ombro para produzir saques de maior velocidade em doze tenistas de alto desempenho, através do sistema VICON MX composto por 12 câmeras operando à 250 Hz. Segundo os autores, os tenistas que utilizam a

técnica “*foot-up*” (em que ocorre a aproximação dos membros inferiores na fase de preparação do saque) e a técnica “*foot-back*” (em que o jogador mantém a distância entre os pés na fase de preparação do saque) de posicionamento dos pés, conforme ilustradas nas Figuras 5 e 6 a seguir, apresentaram valores semelhantes de velocidade da raquete quando comparados aos tenistas profissionais reportados em outros estudos.

Figura 5: Técnica *foot-back*



Figura 6: Técnica *foot-up*



Fonte: Pesquisa (Florianópolis/SC)

Fonte: Pesquisa (Florianópolis/SC)

Seguindo a mesma linha de investigação, Subijana; Navarro (2010) utilizaram duas câmeras com frequência de aquisição de 125 Hz, para analisara sequência da cadeia cinética durante o saque de duas tenistas profissionais. Dessa maneira foi analisado como a desaceleração de um segmento corporal influencia na aceleração do próximo segmento. Foram encontrados os seguintes valores de velocidades angulares para as jogadoras A e B de 1) rotação interna do braço:

1962±486°/s; -1404±506°/s respectivamente; 2) rotação da pelve: 197±23°/s; -416±51°/s respectivamente; 3) rotação do tórax: 405±46°/s; -618±55°/s respectivamente, sendo os valores negativos apresentados pela jogadora B decorrentes da rotação para o lado contrário da jogadora A sobre o eixo Z por sacar com a mão esquerda. Segundo os autores as duas tenistas seguiram o padrão da cadeia cinética do movimento do saque, através da transmissão de energia de um segmento corporal para outro até a raquete.

Pode-se observar que os valores de rotação interna do braço apresentados por Subijana; Navarro (2010) são similares aos valores apresentados em outro estudo descrito por Fleisig *et al.* (2003), que quantificaram a variação e velocidade dos movimentos a partir da rotação externa do ombro até o impacto com a bola, apresentando valores significativos de rotação interna do ombro sendo: 2420±590 (°/s) para os homens e 1370±730 (°/s) para as mulheres. Elliott *et al.* (1995) relatam que o movimento de rotação interna do braço contribui em torno de 54.2% com a velocidade da raquete no momento do impacto com a bola, tendo encontrado valores de velocidade angular máxima para rotação interna do braço em torno de 36.5 (rad.s⁻¹), equivalente à 2090°/s.

Os resultados dos estudos de Subijana; Navarro (2010); Fleisig *et al.* (2003) e Elliott *et al.* (1995) citados anteriormente estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de velocidades angulares máximas encontradas em diferentes estudos

| Categoria Analisada | Subijana; Navarro (2010) | Fleisiget <i>et al.</i> (2003) | Elliott <i>et al.</i> (1995) |
|------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Nível | Profissional | Profissional | Amador |
| Amostra | 2 | 8 | 11 |
| Rotação Tronco | - | 440°/s | - |
| Rotação Tórax | 405°/s jogadora A 618°/s jogadora B | 870°/s | - |
| Rotação Pelve | 197°/s jogadora A 416°/s jogadora B | 440°/s | - |
| Rotação Interna Braço | 1962°/s jogadora A 1404°/s jogadora B | 2420°/s Homens 1370°/s Mulheres | 2090°/s |

Fonte: Elaborada pela autora.

Com base nos resultados da Tabela 1 é possível sugerir que, a transferência de energia por toda a cadeia cinética até o contato da raquete com a bola é fundamental para a execução dos melhores saques. Segundo Fleisig *et al.*(2003) os jogadores devem ser treinados para desenvolver suas habilidades em produzir grandes quantidades de energia cinética para realizar saques mais eficientes e velozes.

Além da velocidade angular Fleisig *et al.* (2003), destacam também, a importância do posicionamento adequado dos segmentos corporais nas diferentes fases do saque, partindo do instante de máxima rotação externa do ombro, até o instante de impacto da raquete com a bola, demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores dos ângulos articulares nas diferentes fases do saque

| Ângulos articulares | Instante de máxima rotação externa do ombro | Instante de impacto da raquete com a bola |
|----------------------------------|---|---|
| Rotação externa do ombro (°) | 172±12 | - |
| Abdução do ombro (°) | 101±13 | 101±11 |
| Adução horizontal do ombro (°) | 7±9 | 5±10 |
| Flexão do cotovelo (°) | 104±12 | 20±4 |
| Extensão do punho (°) | 66±19 | 15±8 |
| Ângulo de extensão do tronco (°) | 66±9 | 48±7 |
| Flexão joelho (°) | 13±8 | 24±14 |
| Velocidade do saque (m/s) | - | 50.8±3.9 Homens 41.5±3.9 Mulheres |

Fonte: Adaptada pela autora de FLEISIG *et al.* (2003, p. 56)

Segundo os autores (FLEISIG *et al.* 2003) o posicionamento adequado dos segmentos corporais deve ser observado pelos técnicos e treinados nos jogadores para produzir saques de alta velocidade dificultando a devolução do adversário.

Đurović *et al.* (2008) analisaram o movimento do saque através de 63 fotos digitais em 63 tenistas com idades entre 7 e 9 anos, com o intuito de observar se estes jovens têm a capacidade de executar o saque baseado num modelo de tenistas profissionais. Segundo os autores nenhum dos atletas conseguiu executar o saque de acordo com o modelo dos tenistas profissionais, sugerindo que os tenistas com estas idades e com tempo de prática máxima de três anos, aprendem o movimento, porém, não conseguem executá-lo de maneira satisfatória, principalmente em relação ao posicionamento do quadril durante o

movimento do saque e em relação à transferência da força de reação do solo partindo dos membros inferiores, para o tronco e raquete.

Göktepe *et al.* (2009) analisaram a diferença entre os ângulos das articulações do tornozelo, ombro e cotovelo em saques válidos (dentro da área de saque) e falhos (fora da área de saque), em tenistas infanto-juvenis com idade média de 11,8 anos. Os resultados não mostraram diferenças significativas nos ângulos articulares, para os saques considerados válidos e os saques falhos, em nenhum dos instantes de análise (pré-impacto, impacto e pós-impacto entre a raquete e a bola).

Whiteside *et al.* (2013) compararam as características cinemáticas de diferentes segmentos corporais, da raquete e da bola, em tenistas pré-adolescente, adolescentes e adultos, em saques válidos e saques falhos, utilizando como instrumento 22 câmeras de vídeo, operando a 500 Hz cada uma. Os resultados evidenciam não haver diferença entre as características cinemáticas de diferentes segmentos corporais, não podendo ser atribuídos os erros de saque à uma única fonte de erros mecânicos.

A seguir são apresentados os estudos que abordaram as características dinâmicas do saque no tênis de campo.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS DO SAQUE

Dos 33 estudos consultados, apenas 5 analisaram dinamicamente a execução do saque, sendo que três utilizaram plataformas de força como instrumento de análise (BRAGA NETO *et al.*, 2007; GIRARD *et al.*, 2005; GIRARD *et al.*, 2007). Elliott *et al.*

(1995) relata que o salto executado pelo jogador no momento do saque possibilita que ele atinja a bola no seu ponto mais alto após o lançamento, transferindo para ela toda a energia acumulada nos membros inferiores na fase de carga. Este mesmo autor relata em outro estudo (ELLIOTT, 2003) que quanto maior a força de impulsão vertical exercida pelos membros inferiores contra o solo neste movimento, a posição de contato raquete-bola em relação à estatura do sacador também será maior, resultando num aumento no ângulo de passagem da bola sobre a rede.

No estudo realizado por Braga Neto *et al.* (2007) foram analisadas através da plataforma de força as variáveis: força vertical máxima ($F_{y_{\text{máx}}}$) e instante da força vertical máxima nos dois tipos de posicionamento dos pés durante o saque (“*foot-up*” e “*foot-back*”). Um eletrogoniômetro de duas hastes articuladas para aquisição dos dados cinemáticos foi utilizado para a análise do ângulo de flexão máxima do joelho e do instante do ângulo de flexão máxima do joelho. O grupo *foot-up* (GFU) apresentou valores maiores em todas as variáveis dinâmicas, sendo o pico da F_y para o grupo *foot-back* (GFB) 1.61 x PC (peso corporal) e para o grupo GFU 2.05 x PC. Os instantes da $F_{y_{\text{máx}}}$ também foram maiores para o grupo GFU 92.02% no ciclo do saque comparados à 87.92% no grupo GFB, sugerindo que os executantes da técnica de posicionamento dos pés grupo GFU obtêm uma maior altura de contato raquete-bola, facilitando assim a passagem da bola sobre a rede, corroborando com os resultados do estudo de Elliott (2003).

Utilizando uma plataforma de força, Girard, Micallef e Millet (2007) avaliaram a influência da restrição de movimento da articulação do joelho na execução do saque (*flat*) com as variáveis: força vertical

máxima ($Fz_{\text{máx}}$); local do impacto da raquete com a bola (através de uma câmera de vídeo de 50 Hz) e; velocidade da bola (medida por um radar), em jogadores de diferentes níveis de desempenho. Foram selecionados trinta indivíduos homens com idade média de 21 anos, divididos em três categorias: iniciantes, intermediários e elite. Estes jogadores foram solicitados a executar aleatoriamente 15 saques normais ou com restrição do movimento de flexão dos joelhos, sendo estes fixados em 10° por um fixador externo.

O estudo registra valores aproximados de $Fz_{\text{máx}}$ nos três grupos enquanto estes se encontravam com restrição de movimento: 1.22x PC para os iniciantes, 1.36 x PC para os intermediários e 1.37x PC para elite. Porém, após a remoção do fixador, o grupo com maiores valores de $Fz_{\text{máx}}$ foi o grupo elite 2.12x PC, seguido pelo grupo intermediário 1.91x PC e por último o iniciante 1.68x PC. De acordo com estes resultados os autores confirmaram que o movimento do joelho é um fator significativo na execução do saque independente do nível de desempenho do jogador, pois para gerar a aceleração da raquete até o impacto com a bola é necessário um somatório de velocidades dos segmentos, sendo gerada a partir da força de reação do solo e transmitida pela cadeia cinética até a raquete.

2.3.3 CARACTERÍSTICAS ELETROMIOGRÁFICAS NO SAQUE NO TÊNIS

Dos 33 estudos envolvendo características biomecânicas do saque, apenas 4 analisaram a atividade muscular durante o saque no tênis.

Girard *et al.* (2005) analisaram trinta e dois jogadores com idade média de 21 anos, distribuídos em três grupos: iniciantes, intermediários e elite. Juntamente com a aquisição dos dados dinâmicos através de uma plataforma de força, foi utilizado um eletromiógrafo de superfície para capturar os sinais dos músculos vasto medial, vasto lateral e gastrocnêmios. Segundo os autores o nível de desempenho dos sujeitos referente ao pico do sinal eletromiográfico ocorreu próximo ao final da contração concêntrica dos músculos (extensão dos joelhos) nos três grupos. Contudo os autores observaram diferenças em relação ao período em que houve este pico. O grupo elite apresentou o pico de contração concêntrica antes dos outros dois grupos, com os valores $79.1 \pm 17.2\%$ do ciclo, seguido pelo grupo intermediário com $94.1 \pm 15.2\%$ e grupo iniciante com $94.0 \pm 11.0\%$.

De acordo com os autores (GIRARD *et al.* 2005) o grupo elite otimizou o uso da energia elástica acumulada nos membros inferiores na fase de carga (contração excêntrica durante a flexão dos joelhos) ao realizar o movimento do saque com uma fase preparatória e excêntrica mais longa que a concêntrica (extensão dos joelhos), resultando em um aumento na velocidade da raquete pela transferência do momento linear, enquanto o jogador se manteve em contato com o solo. Segundo os autores estes fatores podem influenciar na eficiência do saque no tênis, sendo este dependente da melhor desempenho muscular dos membros inferiores, podendo contribuir também para o aumento da velocidade da bola.

Seguindo a mesma linha de análise eletromiográfica, Chow *et al.* (2009) avaliaram a atividade muscular dos músculos reto abdominal, externo oblíquo, interno oblíquo e eretor da espinha de 19 tenistas

durante a execução do saque, sendo 11 classificados como grupo intermediário e 8 grupo elite . Os autores relatam que o grupo de tenistas com nível técnico mais elevado (elite), apresentou um maior nível de ativação destes músculos durante a fase de aceleração do saque em comparação com o grupo intermediário. Segundo os autores existe uma interação significativa entre o movimento do tronco no saque e o nível técnico do jogador para gerar saques de maior velocidade, contudo não encontraram diferença na ativação muscular entre os três tipos de saque (*flat, topspin, slice*) em nenhum dos grupos.

Creavaux *et al.* (2013) analisaram a influência de três raquetes diferentes na atividade muscular do membro superior do lado dominante, em saques de alta velocidade, em tenistas adultos de nível técnico intermediário. Os resultados evidenciaram diferenças na atividade muscular da articulação do ombro, principalmente nas ações de rotação interna e rotação externa desta articulação, entre duas raquetes com pesos diferentes, sendo que a raquete mais leve (302 gramas) exigiu maior potência nestes grupos musculares do que a raquete mais pesada (365 gramas), indicando que com raquetes mais pesadas os músculos da articulação do ombro são menos solicitados para atingir maiores velocidades da raquete.

Kibler *et al.* (2007) analisaram a atividade muscular relacionada à articulação escápulo-umeral, em tenistas adultos, de nível técnico intermediário. Segundo os autores os músculos do ombro e da escápula são ativados em diferentes padrões de movimento, sendo que na fase de aceleração os músculos estabilizadores da escápula e os músculos anteriores do ombro são ativados primeiro do que os músculos rotadores

do ombro. Na fase de desaceleração todos os músculos trabalham em conjunto para controlar as cargas tensivas impostas sobre eles.

Com base nos estudos apresentados sobre o saque no tênis, observou-se diversificadas áreas de interesse entre os autores, contudo, nota-se uma predominância em relação às análises cinemáticas, dinâmicas e eletromiográficas do movimento do saque, sendo as análises cinemáticas as mais utilizadas nos estudos.

Nas variáveis cinemáticas observou-se um predomínio visível na utilização de câmeras de vídeo como instrumentos de análise, sendo que as taxas de aquisição mais utilizadas foram com valores entre 200 e 250 Hz. Notou-se também uma preferência em relação à análise do desempenho esportivo, com foco principalmente na velocidade da raquete.

Foi observado um predomínio em relação aos sujeitos das pesquisas, onde tenistas adultos foram os mais analisados, sendo que os atletas de elite seguidos por atletas intermediários foram foco da maioria dos estudos.

Verifica-se com isto que, na área da Biomecânica, poucos foram os estudos que analisaram as características cinemáticas de tenistas infanto-juvenis, o que revela uma das lacunas na área e oportuniza neste momento analisar as contribuições de diferentes segmentos corporais para gerar saques de alta velocidade nesta população específica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos do estudo, descritos nos seguintes tópicos: características do estudo, participantes do estudo, definição das variáveis, instrumentos, tratamento estatístico, teste das hipóteses e limitações do estudo.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO

O estudo é caracterizado como descritivo, pois procura descrever as características cinemáticas do saque no tênis de atletas infanto-juvenis de diferentes categorias, a partir da análise de um sistema de captura de movimento inercial (*Xsens MVN Studio*) para registro e análise do movimento. Segundo Cervo e Bervian (p. 55, 1983) a pesquisa descritiva procura definir com a melhor precisão possível as relações e conexões entre os fenômenos, assim como sua natureza e características. Para Gil (p. 45, 1991) a pesquisa descritiva estuda as características de um determinado grupo, estabelecendo relações entre as variáveis.

O estudo foi delimitado a analisar o saque tipo *flat* de atletas infanto-juvenis de ambos os sexos, de ambos os lados, com idades entre 11 e 18 anos, de acordo com a categoria dos tenistas, em duas etapas: 1ª Etapa– esta primeira etapa do estudo consistiu no preenchimento da ficha cadastral com dados referentes às características dos sujeitos e características antropométricas; 2ª Etapa– consistiu na aquisição do movimento do saque dos atletas selecionados, para

definições dos indicadores cinemáticos (ângulos articulares, velocidades angulares e velocidades lineares).

As coletas de dados do estudo foram realizadas nos clubes e/ou centros de treinamento, por um período de 3 meses, sendo o primeiro mês (janeiro/2014) nas cidades de Passo Fundo - RS e Carazinho – RS e dois meses (fevereiro/2014 e março/2014) na cidade de Florianópolis – SC.

3.2 PARTICIPANTES DO ESTUDO

Foram selecionados, inicialmente de forma não-probabilística, intencional, 45 (quarenta e cinco) atletas infanto-juvenis, com idade entre 11 e 18 anos, de ambos os sexos, atletas destros, praticantes de tênis em centros ou clubes de treinamento desta modalidade esportiva.

Os centros ou clubes de treinamento foram escolhidos de forma intencional através do contato da pesquisadora com os treinadores e os tenistas foram selecionados intencionalmente de acordo com a categoria que estavam disputando.

A escolha intencional destes centros de treinamentos foi devido ao conhecimento prévio da pesquisadora com os treinadores e também porque estes demonstraram interesse em ceder/autorizar seus atletas a participarem da pesquisa.

Dos 45 tenistas selecionados, foram excluídos 3 (três) atletas, um da categoria 12 anos do sexo feminino, por apresentar valores de velocidade linear da raquete muito abaixo dos outros participantes da categoria, um da categoria 14 anos por se tratar do único tenista canhoto e apresentar dados com padrão de movimento contrário aos outros 44 (quarenta e quatro) participantes, e um tenista da categoria 18 anos por

não apresentar normalidade nos dados, e apresentar um padrão de movimento muito diferente dos outros tenistas da mesma categoria, sendo este padrão atribuído ao tempo de treinamento do tenista ser apenas 1 (um) ano, totalizando 42 (quarenta e dois) tenistas infanto-juvenis analisados. Deste total de 42 tenistas, 10 (dez) pertenciam a categoria 12 anos, 13 (treze) a categoria 14anos, 10 (dez) a categoria 16 anos e 9 (nove) a categoria 18 anos.

Os critérios de inclusão adotados para participação no estudo foram: atletas com rotina de treinamento e competições e com experiência mínima de 1ano de treinamento sistematizado. Não fizeram parte do estudo atletas que estivessem lesionados.

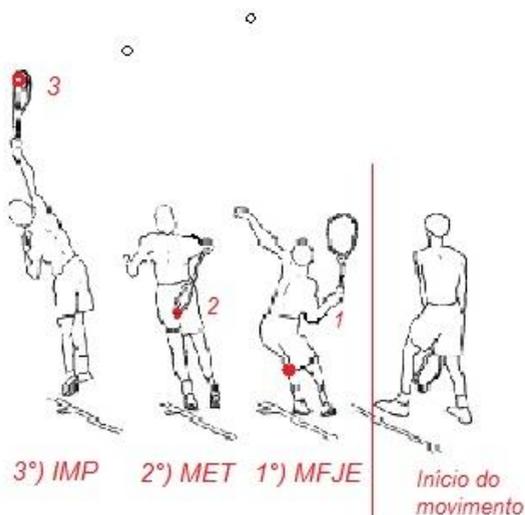
3.3 DEFINIÇÃO DOS EVENTOS CHAVE (INSTANTES DE ANÁLISE) E VARIÁVEIS DO ESTUDO

3.3.1 Definição dos eventos chave (instantes de análise):

Para o presente estudo foram definidos, adaptados e selecionados três eventos chave de três fases do saque (fase de preparação, fase de propulsão e fase de aceleração), com base nos estudos de Kovacs; Ellenbecker (2011), Bahamonde (2003), Chow *et al.* (2009) e Whiteside *et al.* (2013), sendo estes divididos em três: 1º) Máxima flexão do joelho esquerdo (MFJE) ou “posição de troféu” na fase de preparação; 2º) máxima extensão do tronco (MET) ou ponto

inferior da cabeça da raquete na fase de propulsão e;3°) instante de impacto (IMP)ou posição máxima da mão na fase de aceleração, conforme Figura 7 adaptada de Chow *et al.* 2009.

Figura 7: Eventos chave



Fonte: Adaptada pela autora de Chow *et al.* (2009).

Eventos chave:

1º EVENTO CHAVE) Máxima flexão do joelho esquerdo (MFJE), ou “posição de troféu” na fase de preparação. É definido como sendo o instante de máxima flexão do joelho esquerdo, este instante coincide com a posição em que geralmente a cabeça da raquete está apontada para cima, ou seja, “posição de troféu”. Este instante é caracterizado como fase de armazenamento de energia elástica nos membros inferiores antes do contato com a bola (Figura 7).

2° *EVENTO CHAVE*) *Máxima extensão do tronco (MET* ou ponto inferior da cabeça da raquete na fase de propulsão. É definido como sendo o instante em que o tronco encontra-se em máxima extensão, coincidindo o instante em que a ponta da cabeça da raquete está apontando para baixo e localizada atrás das costas do sacador (Figura 7).

3° *EVENTO CHAVE*) *Instante de impacto (IMP)*, ou posição máxima da mão na fase de aceleração. É definido como sendo o instante em que ocorre o impacto da raquete contra a bola, coincidindo com a posição de máxima altura da mão do lado dominante. Este instante é marcado pelo final da fase de aceleração, dando início à desaceleração do movimento após o impacto (Figura 7).

Dentro de cada evento chave foram analisados os valores angulares em graus ($^{\circ}$) dos diferentes segmentos corporais, em relação à amplitude de movimento articular, do lado dominante (D) e não dominante (ND), e também a velocidade angular (rad.s^{-1}) e linear máxima (m/s) dos membros inferiores (D e ND), tronco e membros superiores (D e ND).

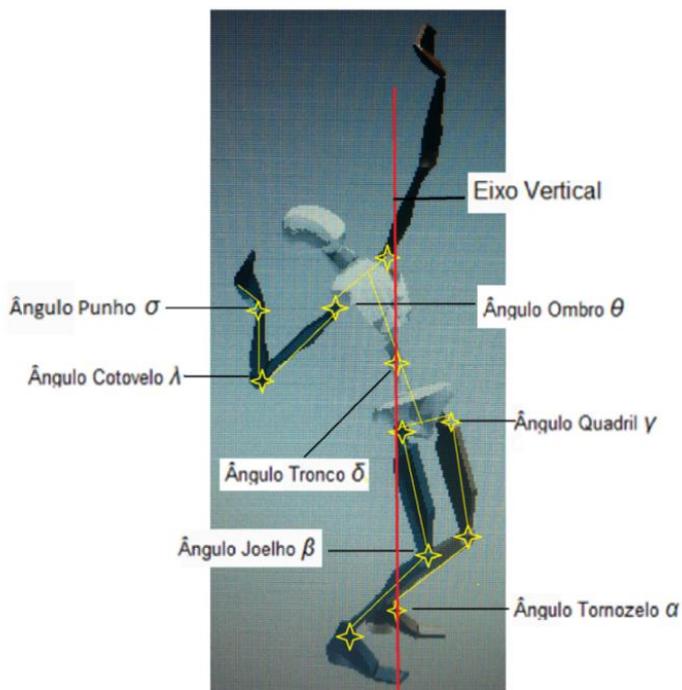
3.3.2 Variáveis do estudo:

Foram selecionadas para o estudo as seguintes variáveis cinemáticas:

- a) Como variável dependente foi selecionada a Velocidade Linear Máxima (m/s) da raquete no instante de impacto entre a raquete e a bola;
- b) Como variáveis independentes foram selecionadas: b1) valores angulares em graus ($^{\circ}$) de diferentes articulações corporais; b2) velocidade angular máxima (rad.s^{-1}) de diferentes segmentos corporais e; b3) velocidade linear máxima (m/s) de diferentes segmentos corporais.

A partir dos objetivos do estudo foram selecionadas as seguintes variáveis cinemáticas: ângulo de flexão do tornozelo; ângulo de flexão do joelho; ângulo de flexão do quadril; ângulo de extensão e rotação do tronco; ângulo de abdução, rotação e flexão do ombro; ângulo de flexão do cotovelo; ângulo de flexão do punho; velocidade angular e linear máxima do pé; velocidade angular e linear máxima da coxa; velocidade angular e linear máxima do tronco; velocidade angular e linear máxima do braço e velocidade angular e linear máxima da mão, e velocidade linear máxima da raquete, ilustrado na Figura 8 e Quadro 1 a seguir.

Figura 8: Ângulos segmentares



Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Quadro 1: Distribuição das variáveis do estudo por Eventos Chave.

| Variáveis | Eventos Chave | | |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | 1º Máx. Flex. Joelho Esquerdo | 2º Máx. Extensão do Tronco | 3º Instante de Impacto |
| a) Ângulo de flexão do tornozelo (αD e αND) | X | | |
| b) Ângulo de flexão do joelho (βD e βND) | X | | |
| c) Ângulo de flexão do quadril (γD e γD) | X | | |
| d) Ângulo de extensão do tronco (δ) | | X | |
| e) Ângulo de rotação do tronco (ϵ) | X | X | X |
| f) Ângulo de abdução do ombro (θD) | X | X | X |
| g) Ângulo de rotação do ombro (κD) | | X | X |
| h) Ângulo de flexão do ombro (μD) | | X | X |
| i) Ângulo de flexão do cotovelo (λD) | X | X | X |
| j) Ângulo de flexão do punho (σD) | | | X |
| k) Velocidade angular do pé ($\alpha 1D$ e $\alpha 1ND$) | X | X | |
| l) Velocidade angular da coxa ($\gamma 1D$ e $\gamma 1D$) | X | X | |
| m) Velocidade angular tronco ($\delta 1$) | X | X | X |
| n) Velocidade angular do braço ($\theta 1D$) | | X | X |
| o) Velocidade angular da mão ($\sigma 1D$) | | X | X |
| p) Velocidade linear do pé ($\alpha 2D$ e $\alpha 2ND$) | X | X | |
| q) Velocidade linear da coxa ($\gamma 2D$ e $\gamma 2ND$) | X | X | |
| r) Velocidade linear do tronco ($\delta 2$) | X | X | X |
| s) Velocidade linear do braço ($\theta 2D$) | | X | X |
| t) Velocidade linear da mão ($\sigma 2D$) | | X | X |
| u) Velocidade linear da raquete (v) | | | X |

Fonte: Elaborado pela autora

a) Ângulo de flexão do tornozelo (αD e αND): Conceitualmente definido pelo ângulo interno formado entre os segmentos de retas do pé e da perna. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do pé e da

perna, do lado dominante e não dominante. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 1° evento chave e expresso em graus.

- b) *Ângulo de flexão do joelho (β_D e β_{ND}):* Conceitualmente definido pelo ângulo interno formado entre os segmentos de retas da coxa e da perna. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas da perna e da coxa, do lado dominante e não dominante. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 1° evento chave e expresso em graus.
- c) *Ângulo de flexão do quadril (γ_D e γ_{ND}):* Conceitualmente definido pelo ângulo interno formado entre os segmentos de retas do tronco e da coxa. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas da coxa e do tronco, do lado dominante e não dominante. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 1° evento chave e expresso em graus.
- d) *Ângulo de extensão do tronco (δ):* Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre o tronco (reta que une o eixo articular da articulação gleno-umeral e o eixo articular da articulação coxofemoral) e o eixo vertical (y). Operacionalmente mensurado pelo ângulo absoluto formado entre os segmentos de retas do tronco e o Eixo Vertical imaginário. Mensurado no sistema de captura de movimento

inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 2º evento chave e expresso em graus.

- e) *Ângulo de rotação do tronco (ϵ)*: Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre o tronco (reta que une o eixo articular da articulação gleno-umeral e o eixo articular da articulação coxofemoral) e o eixo vertical (y). Operacionalmente mensurado pelo ângulo absoluto formado entre os segmentos de retas do tronco e o Eixo Vertical imaginário. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro de cada evento chave e expresso em graus.

- f) *Ângulo de abdução do ombro (θD)*: Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre os segmentos de retas do braço do lado dominante e o segmento de reta do tronco. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do tronco e do braço, sobre o eixo frontal, do lado D. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro de cada evento chave e expresso em graus.

Figura 9: Ângulo de abdução do ombro



Fonte: Pesquisa

- g) *Ângulo de rotação do ombro (κD)*: Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre os segmentos de retas do braço do lado dominante e o segmento de reta do tronco. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do tronco e do braço, sobre o eixo vertical, do lado D. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 2° e 3° eventos chave e expresso em graus.

Figura 10: Ângulo de rotação do ombro



Fonte: Pesquisa

- h) Ângulo de flexão do ombro (μD):* Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre os segmentos de retas do braço do lado dominante e o segmento de reta do tronco. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do tronco e do braço, sobre o eixo sagital, do lado D. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 2º e 3º eventos chave e expresso em graus.

Figura 11: Ângulo de flexão do ombro



Fonte: Pesquisa

- i) *Ângulo de flexão do cotovelo (λD)*: Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre os segmentos de retas do braço e o segmento de reta do antebraço. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do braço e do antebraço, do lado dominante. Mensurado no sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro de cada evento chave e expresso em graus.

- j) *Ângulo de flexão do punho (σD)*: Conceitualmente definido pelo ângulo formado entre os segmentos de retas do antebraço e o segmento de reta da mão. Operacionalmente mensurado através do ângulo relativo formado entre os segmentos de retas do antebraço e da mão, do lado dominante. Mensurado no

sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio* dentro do 3º evento chave e expresso em graus.

- k) *Velocidade angular do pé (αID e αIND)*: Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade angular atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento angular assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 1º e 2º eventos chave e expressa em rad.s^{-1} . Esta variável é determinada pela expressão matemática:

$$\bar{\omega} = \frac{\theta}{t} \quad (1)$$

- l) *Velocidade angular da coxa (γID e γIND)*: Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento angular assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 1º e 2º eventos chave e expressa em rad.s^{-1} . Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item *k*).
- m) *Velocidade angular do tronco (δI)*: Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade atingido pelo segmento do

lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento angular assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro de cada evento chave e expressa em rad.s^{-1} . Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item k).

- n) *Velocidade angular do braço (θID)*: Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento angular assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 2° e 3° eventos chave e expressa em rad.s^{-1} . Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item k).
- o) *Velocidade angular da mão (σID)*: Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento angular assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 2° e 3° eventos chave e expressa em rad.s^{-1} . Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item k).

- p) *Velocidade linear do pé*($\alpha 2D$ e $\alpha 2ND$): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 1° e 2° eventos chave e expressa em m/s. Esta variável é determinada pela expressão matemática:

$$\vec{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2)$$

- q) *Velocidade linear da coxa* ($\gamma 2D$ e $\gamma 2ND$): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 1° e 2° eventos chave e expressa em m/s. Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item p).
- r) *Velocidade linear tronco*($\delta 2$): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (t) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante t um

valor a ser analisado. Este valor será dentro de cada evento chave e expressa em m/s. Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item *p*).

- s) *Velocidade linear do braço* ($\theta 2D$): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (*t*) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante *t* um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 2° e 3° eventos chave e expressa em m/s. Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item *p*).
- t) *Velocidade linear da mão* ($\sigma 2D$): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (*t*) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante *t* um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 2° e 3° eventos chave e expressa em m/s. Esta variável é determinada pela expressão matemática representada anteriormente (ver item *p*).
- u) *Velocidade linear da raquete* (*v*): Definida conceitualmente como sendo o valor de velocidade linear atingido pelo segmento do lado dominante e não dominante em um determinado instante (*t*) (McGINNIS, 2002). Operacionalmente

definida como sendo o ponto em que o deslocamento linear assumir no instante t um valor a ser analisado. Este valor será obtido dentro do 3º evento chave e expressa em m/s, conforme equações 3, 4, 5 e 6.

Para determinar a velocidade linear máxima da raquete tomou-se como base os dados medidos na central inercial da mão direita. As centrais inerciais fornecem: a velocidade angular do segmento, a velocidade linear da origem do sistema proximal deste segmento e a posição desta origem, sendo que todas as centrais do corpo tem como referência o sistema global de coordenadas no solo.

Sendo $x'-y'-z'$ a origem proximal do segmento, situada na mão, considerou-se um vetor ligando a origem até a posição no meio e no topo da raquete, a dimensão deste vetor será constante e com o seguinte valor em metros:

$$r_{local\meio} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.05 \\ 0.5 \end{pmatrix} \text{ para meio da raquete} \quad (3)$$

$$r_{local\topo} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.05 \\ 0.7 \end{pmatrix} \text{ para topo da raquete} \quad (4)$$

Onde, -0.05 m é a distância em y do centro da mão até o centro da raquete, 0.5m é a distância em z da mão até o meio da raquete e 0.7m é a distância em z da mão até o topo da raquete. Para o presente

estudo foram analisadas as duas distâncias, assumindo que o comprimento total da raquete seja 700mm.

O vetor supracitado tem origem no segmento proximal, porém para relaciona-lo com os outros dados foi necessário transporta-lo para a origem global. Em posse do vetor j_{jnt}^g que fornece os três ângulos de Euler ($\vartheta, \delta, \varphi$) e a matriz de rotação R descrita pela equação 5 pode-se multiplicar:

$$r_{global} = R * r_{local} =$$

$$\begin{bmatrix} c_\varphi * c_\vartheta & c_\varphi * s_\vartheta * s_\delta - s_\varphi * c_\delta & c_\varphi * s_\vartheta * c_\delta + s_\varphi * s_\delta \\ s_\varphi * c_\vartheta & s_\varphi * s_\vartheta * s_\delta - c_\varphi * c_\delta & s_\varphi * s_\vartheta * c_\delta - c_\varphi * s_\delta \\ -s_\varphi & c_\vartheta * s_\delta & c_\vartheta * c_\delta \end{bmatrix} * \begin{pmatrix} 0 \\ -0.05 \\ -0.7 \end{pmatrix}$$

(5)

Obtendo assim o vetor posição da ponta da raquete em relação ao sistema de global de coordenadas. As velocidades no meio e na extremidade da raquete seguirão a Eq. 6:

$$v_A = v_B + \omega \times r_{global} \quad (6)$$

Com v_B sendo a velocidade linear do sistema proximal de coordenadas e ω a velocidade angular do segmento, no caso: mão e raquete, todos em relação ao sistema global.

3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para a realização deste estudo foram utilizados os seguintes instrumentos:

3.4.1 Ficha Cadastral:

Para a caracterização dos atletas foi utilizada uma ficha com informações quanto ao nome, sexo, número de identificação, idade, data de nascimento, clube ou escolinha de treinamento, tempo de prática do tênis, número de torneios que disputa por ano e frequência e duração de treinamento semanal. Assim como dados antropométricos referentes à estatura, meia envergadura, comprimento do braço direito e esquerdo e, comprimento do antebraço direito e esquerdo. Além de dados referentes ao comprimento da raquete utilizada. Cada atleta foi identificado por um código (identificação numérica) para assegurar seu anonimato (Apêndice A).

3.4.2 Sistema de aquisição das variáveis cinemáticas (*Xsens MVN Studio*):

Para aquisição destes dados foi utilizado o sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio*, que compreende um *software* que permite visualizar e registrar em tempo real, o movimento em 3D do sujeito, além de reproduzir os dados cinemáticos gravados do modelo biomecânico com 23 segmentos corporais e 22 articulações, incluindo o centro de massa. Os rastreadores de movimento (*Motion Tracker*) MTx e MTx-L, são as unidades de medição inercial em miniatura contendo acelerômetros, giroscópios e magnetômetros 3D, colocados em locais

específicos do corpo por faixas (*straps*) ou inseridos dentro da roupa de lycra específica (*MVN Lycra Suit*). Os MTx são usados na pelve, esterno e extremidades: mãos, pés e cabeça; os MTx-L são usados nos membros superiores e inferiores – braços, pernas e ombros, de modo que possam registrar os movimentos de cada segmento corporal nas coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral). Estes dados são transmitidos instantaneamente dos Xbus Masters (XM) para o computador, através de antenas Wi-Fi, (Figura 12).

O *software* utilizado pelas centrais inerciais para análise das posições angulares das articulações utiliza ângulos de Euler na sequência z-x-y para todas as articulações corporais exceto no ombro, onde devido a presença de singularidade por causa de altas velocidades angulares, a sequência x-z-y é empregada.

Este sistema analisa individualmente cada movimento articular em seus respectivos eixos de rotação e posição. Desta maneira foram definidas articulações específicas de modo que coincidisse com os eventos chave dos estudos citados anteriormente, não descaracterizando o movimento do saque, nem prejudicando o processo de análise do estudo.

Figura 12: Localização dos sensores MTx e MTx-L¹



Fonte: Manual X-sens, 2010

O sistema de comunicação entre as centrais inerciais e o computador acontece por meio de *wireless* com alcance em locais abertos de até 150 metros, e em locais fechados de 50 metros. No que diz respeito às especificações de desempenho destes sensores, tem-se precisão menor que 0,5 graus na orientação em 3D, 0,05 graus de resolução, acelerômetro na faixa de $\pm 180 \text{ m/s}^2$ e giroscópio na faixa de

¹ Os sensores MTx estão localizados na pele, esterno, dorso dos pés, dorso das mãos e região occipital da cabeça. Os sensores MTx-L estão localizados nos braços, antebraços, região escapular, coxas (lateralmente) e pernas (anteriormente). Os Xbus Master localizados nas costas do tenista são responsáveis por transmitir os dados através de antenas Wi-Fi para o computador

1200 graus/s. As taxas de atualização interna são de 60, 100 e 120 Hz. As taxas de exportação dos frames são 24, 25, 30, 40, 50, 60, 100 e 120 Hz.

O processamento dos dados neste sistema consistiu em: a) seleção dos quadros referentes às três fases do saque no tênis; b) filtragem para remoção de erros randômicos ou ruídos da sequência selecionada; c) os dados foram salvos e exportados para planilhas do *Excel* e d) apresentação dos dados para análise.

3.4.3 Filmadoras

Para a aquisição das imagens para identificação dos eventos chave foi utilizada uma filmadora digital da High Speed Exilim Ex-FH20, 9.1 megapixels, com frequência de aquisição que pode variar de 30 a 1000 HZ. Para este estudo, foi adotada a frequência de aquisição de 210 Hz. Segundo Amadio (1998), a frequência de aquisição utilizada para análise cinemática de movimentos de seres humanos é entre 60 e 180 Hz, podendo aumentar para movimentos com maiores velocidades.

Foi utilizada uma segunda filmadora *MVN Ethernet Camera* (do sistema *Xsens MVN System*) que tem a capacidade de sincronizar a gravação com a aquisição dos dados das centrais inerciais. Esta câmera tem uma frequência de aquisição limitada de 25 a 60 Hz. Para este estudo foi adotada a frequência de aquisição de 60 Hz.

As filmadoras foram acopladas cada uma a um tripé e posicionadas perpendicularmente ao plano do movimento do saque, a uma distância mínima (2,10 m) para que o movimento fosse visualizado completamente.

3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foram adotados os seguintes procedimentos para coleta de dados:

3.6.1 Procedimentos preliminares:

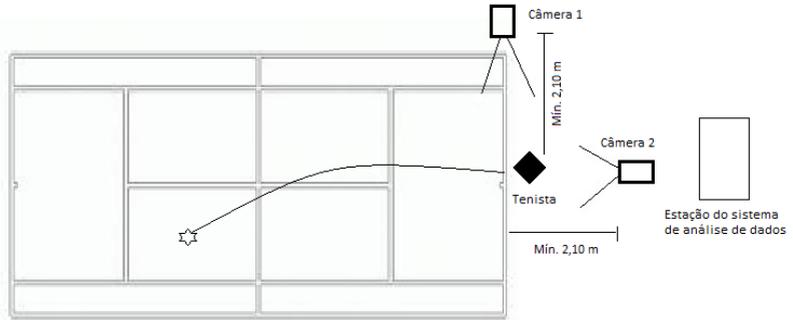
- a) Submissão e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da UDESC através do Parecer Consubstanciado número 412.987/2013 (Anexo 1).
- b) Contato verbal com os técnicos e tenistas das academias de tênis para exposição do projeto de pesquisa e agendamento das coletas;
- c) Como fator motivacional foi oferecido e promovido uma competição interna de saque entre os tenistas da mesma escolinha para analisar qual tenista teria o saque mais veloz e posteriormente informado estes dados aos tenistas e treinadores;

3.6.2 Coleta de dados propriamente dita:

- a) Condução dos tenistas até o local da coleta no dia e horário agendados juntamente com os pais ou responsáveis e concedida autorização através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexos 2 e 3), entregue pela pesquisadora;
- b) Organização do ambiente de coleta após a autorização. As duas filmadoras foram acopladas cada uma a um tripé e posicionadas perpendicularmente ao plano do movimento do saque, uma na lateral da quadra perpendicular a linha de fundo a uma distância

mínima de 2,10 metros e, a segunda câmera no fundo da quadra a uma distância mínima de 2,10 metros (Figura 13), para que o movimento fosse registrado completamente. Foi definida também a localização da estação do sistema de análise dos dados (*Xsens MVN System*) e os procedimentos a serem seguidos durante a coleta dos dados (Figura 14).

Figura 13: Ambiente de coleta



Fonte: Elaboração da autora

Figura 14: Ambiente de coleta e estação do sistema de análise de dados.



Fonte: Pesquisa

- c) Inserção dos rastreadores de movimento inercial (MTx e MTx-L) dentro dos *straps* e fixados nos sujeitos;
- d) Preenchimento da ficha cadastral (Apêndice A) pela pesquisadora, com os dados de identificação, na qual cada atleta recebeu uma identificação numérica (código) para assegurar o seu anonimato (Etapa 01);
- e) Realização de um período de familiarização com os instrumentos com a duração de 10 minutos, divididos em 5 minutos de aquecimento no qual os tenistas realizaram atividades como trotar, saltitar, correr, conforme rotineiramente realizam nas competições e em seus treinamentos e; 5 minutos de adaptação para realizar saques e trocas de bola a vontade. O

tempo de 10 minutos foi o tempo necessário para que se adaptassem com o instrumento, segundo os próprios tenistas.

- f) Calibração do sistema *Xsens MVN Studio* através da posição orientada pelo próprio sendo ela: *N pose*, conforme Figura15 a seguir.

Figura 15: Calibração do sistema posição *N pose*



Fonte: Manual da X-Sens, (2010).

- g) Seleção das frequências de aquisição. Adotou-se a frequência de 120 Hz para as centrais inerciais (capacidade máxima do sistema *Xsens MVN Studio*), 210 Hz para a câmera de vídeo High Speed Exilim Ex-FH20, e 60 Hz para a filmadora *MVN Ethernet Camera*, em função dos estudos sobre os fundamentos das técnicas do saque que utilizaram a cinematria (BAHAMONDE, 2000; CRESPO; REID, 2003; ĐUROVIĆ *et al.* 2008; ELLIOTT *et al.* 1995; ELLIOTT, 2003; FLEISIG *et*

al. 2003; REID *et al.* 2008; SAKURAI *et al.*2007; SHEETS *et al.* 2011; SUBIJANA; NAVARRO, 2010), e pela rapidez com que é executado o movimento do saque, de modo que se possa identificar exatamente o quadro de transição entre os movimentos de interesse e para melhor determinação dos pontos de corte.

- h) Acionamento das câmeras para aquisição das imagens para auxiliar na identificação dos eventos chaves e permaneceram gravando por toda a coleta, sem intervalos entre os saques;
- i) Posicionamento do sujeito na área de saque correspondente ao lado onde se inicia o game (lado direito da quadra ou lado de igualdade) e orientação para realizar o primeiro saque (tipo *flat*, com pouco efeito), com a maior força e velocidade possível, devendo iniciar a execução ao comando verbal “pode sacar” dado pela pesquisadora;
- j) Interrupção da aquisição – A aquisição dos dados das centrais inerciais foi interrompida ao término do saque, quando o pé entrou em contato com o solo.

Como fator motivacional foi oferecido e promovido uma competição interna de saque entre os tenistas do mesmo centro de treinamento. O desafio era premiar/saber qual o tenista teria o saque mais veloz, informação estaque, posteriormente, seria fornecida aos tenistas e treinadores.

Foram realizados um mínimo de seis (6) saques, divididos em três baterias de dois saques com um intervalo de um (1) minuto entre as baterias. Este intervalo de 60 segundos é o dobro de tempo sugerido por

Read; Cisar (2001) considerado suficiente para a recuperação plena dos sujeitos, e é necessário para que o sistema esteja apto a realizar uma nova coleta;

Cada atleta deveria atingir a marca mínima de três (3) saques válidos para análise, sendo que os saques considerados válidos foram aqueles que caíram dentro da área de saque do lado adversário. Para todos os tenistas foram realizadas no mínimo três (3) e no máximo 10 baterias de dois saques seguidos em cada bateria, para que cada atleta atingisse a marca de três (3) saques válidos.

O tempo de preparação do local, do sujeito e da coleta durou em média 1 hora e 30 minutos.

3.6.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados foi feito de acordo com cada etapa do estudo, e consistiu em:

- a) Selecionar para análise os três (3) saques com a maior velocidade linear da raquete de acordo com os dados gerados pelo *software* das centrais inerciais, juntamente com as imagens obtidas através das câmeras de vídeo² dos 3 saques, para a verificação das características de posicionamento dos segmentos corporais (membros inferiores, tronco-

² As imagens obtidas através das câmeras de vídeo foram salvas em DVD ou Pen Drive e entregues pela pesquisadora para os treinadores no dia posterior às coletas realizadas, para servir como ferramenta de análise para os técnicos.

quadrilembrossuperiores) de acordo com os eventos chave definidos, de cada um dos tenistas para posterior tratamento estatístico.

- b) Definir os indicadores cinemáticos (ângulos articulares, velocidades lineares e angulares dos diferentes segmentos corporais) através das imagens geradas pelo *software* das centrais inerciais e determinar os pontos de corte destas imagens, marcando o início e final do movimento, para caracterização quantitativa do mesmo.
- c) Filtrar os dados com filtro digital *LXsolver*(light smoothing), nas 3 coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral), para minimização dos erros provenientes dos ruídos durante a coleta.
- d) Selecionar e salvar os quadros referentes aos três eventos chave da execução do saque.
- e) Analisar qualitativamente as imagens a fim de verificar a efetiva realização do saque, para cada repetição. Os saques considerados falhos e com os menores valores de velocidade linear da raquete foram eliminados do estudo.
- f) Cortar as imagens no início e no fim de cada execução do saque registrando-se os tempos de corte e arquivar em pastas de acordo com o número de cada sujeito;
- g) Calcular os valores dos ângulos articulares, das velocidades lineares e angulares dos diferentes segmentos corporais pelo sistema *X-sensMVN Studio* e exportar em formato MVNX

(*MVN Open XML format*), que contém como padrão dados sobre a posição em 3D, para planilhas do *Excel*.

- h) Importar para o *Software Scilab 5.4.1* (INRIA, ENPS, França) os dados contidos nas planilhas do *Excel* e criar rotinas³ para calcular a média dos valores angulares, assim como das velocidades lineares e angulares, resultantes dos diferentes segmentos corporais e a velocidade linear da raquete, dos 3 saques selecionados, nos seus respectivos instantes de análise.

3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para cada etapa do estudo foi desenvolvido o tratamento estatístico especificado a seguir:

- a) Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, devido ao número de sujeitos ser menor que 50 ($n < 50$).
- b) Comprovada a normalidade dos dados foi utilizada estatística descritiva com médias (\bar{X}), desvio padrão (sd), coeficiente de variação (CV%), para descrever as características físicas dos atletas: idade (anos), estatura (cm) e envergadura (cm); para as características técnicas dos atletas: tempo de treino (em anos), frequência de treinamento semanal e participação em competições (no

³ As rotinas utilizadas para os cálculos referentes aos instantes de análise foram elaboradas pelo Prof. Dr. Aníbal Alexandre Campos Bonilla, juntamente com o auxílio de seu orientando de TCC Pedro H. D. G. Baptista, graduando do curso de Engenharia Mecânica (CCT-UDESC), tendo como base os dados coletados pela autora na presente pesquisa.

último ano); assim como para a caracterização dos valores dos ângulos articulares, velocidade angular e velocidade linear dos diferentes segmentos corporais nas diferentes fases do saque.

- c) Aplicado o Teste T de amostras independentes para comparar diferenças entre os sexos.
- d) Na comparação dos valores médios entre as categorias (12, 14, 16 e 18 anos) para todas as variáveis foi aplicada a ANOVA *One way*. Quando encontrada diferença estatisticamente significativa para um $p \leq 0,05$ foi aplicado o teste de *post hoc* de *Tukey* para identificar entre quais categorias estas diferenças se encontraram.
- e) Para verificar a relação entre: o desempenho do saque dos atletas (velocidade linear da raquete) e as variáveis cinemáticas (ângulos articulares); e o desempenho do saque (velocidade linear da raquete) e as variáveis cinemáticas (velocidades angulares e velocidades lineares dos diferentes segmentos corporais), adotou-se o Teste de Correlação de Pearson.
- f) Para determinar a influência das variáveis que apresentaram maior nível de significância ($p \leq 0,05$) e forte correlação com a variável dependente: ângulos articulares sobre o desempenho no saque; velocidades angulares dos diferentes segmentos corporais sobre o desempenho no saque; velocidades lineares dos diferentes segmentos corporais sobre o desempenho no saque foi adotada a Regressão Linear Múltipla - Stepwise.

- g) Todos os testes foram realizados com auxílio do software SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Sciences, EUA). O intervalo de confiança adotado em todos os casos foi de 95% e significância de $p \leq 0,05$.

3.8 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Dentre as possíveis limitações destaca-se:

- a) Validade ecológica: As possíveis limitações para a realização deste estudo foram em relação ao fato do movimento dos atletas serem monitorados com o equipamento (centrais inerciais), podendo ter levado a uma adaptação na execução do saque no tênis, devido à presença de cabos interligando as centrais inerciais espalhadas pelo corpo e afetando os valores das variáveis selecionadas para o estudo.
- b) Interferências do fator sexo: Não foram controladas diferenças entre os sexos, nem o estágio maturacional dos tenistas. Contudo como não houve diferenças entre homens e mulheres dentro das categorias para a variável dependente (velocidade da raquete) e somente para algumas variáveis angulares (ver Apêndice D), optou-se em não dividir as categorias.
- c) Número reduzido de sujeitos: Fator este que pode ser considerando somente quando se compara entre categorias. Entretanto, observando-se na literatura, quando se trata de estudos biomecânicos constata-se número reduzido como por exemplo nos estudos de (WHITESIDE *et al.* 2013; SUBIJANA; NAVARRO, 2010; FLEISIG *et al.* 2003 e ELLIOTT *et al.* 1995)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados, organizados didaticamente de acordo com os objetivos específicos conforme segue: 4.1- caracterização do perfil físico e técnico dos tenistas nas diferentes categorias; 4.2- descrição e comparação das características cinemáticas do saque *flat* nas diferentes categorias; 4.3- determinação da máxima velocidade linear da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, em tenistas infanto-juvenis de acordo com a categoria; 4.4- verificação das relações entre a velocidade linear máxima da raquete e as variáveis cinemáticas; 4.5- determinação da influência dos ângulos articulares na máxima velocidade da raquete; determinação da influência das velocidades lineares dos diferentes segmentos corporais na máxima velocidade da raquete; determinação da influência das velocidades angulares dos diferentes segmentos corporais na máxima velocidade da raquete, todos imediatamente antes do contato com a bola, de acordo com a categoria.

4.1 Caracterização do perfil físico e técnico dos tenistas nas diferentes categorias:

4.1.1 Perfil físico dos atletas:

O primeiro objetivo específico definido foi “caracterizar o perfil físico (sexo, idade, estatura e meia envergadura) (Tabela 3) e perfil

técnico (Tabela 4) dos tenistas participantes deste estudo”. Os resultados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização do perfil físico dos tenistas

| Variáveis Categoria | SEXO | | | IDADE | | | ESTATURA/cm | | | ENVERGADURA/cm | | | | | |
|------------------------|------|----|---|-------|-----------|------|-------------|----|-----------|----------------|------|----|-----------|-------|------|
| | N | M | F | n | \bar{x} | sd | CV% | n | \bar{x} | sd | CV% | n | \bar{x} | sd | CV% |
| 12 anos | 10 | 8 | 2 | 10 | 11,80 | 0,42 | 3,55 | 10 | 153,20 | 7,34 | 4,79 | 10 | 152,10 | 8,72 | 5,73 |
| 14 anos | 13 | 11 | 2 | 13 | 13,08 | 0,49 | 3,37 | 13 | 169,38 | 7,40 | 4,36 | 13 | 169,38 | 7,56 | 4,46 |
| 16 anos | 10 | 9 | 1 | 10 | 15,10 | 0,31 | 2,05 | 10 | 173,30 | 10,12 | 5,83 | 10 | 172,90 | 10,36 | 5,99 |
| 18 anos | 9 | 9 | 0 | 9 | 17,44 | 0,52 | 2,98 | 9 | 180,89 | 5,60 | 3,09 | 9 | 179,11 | 5,90 | 3,29 |
| Total | 42 | 37 | 5 | 42 | 14,19 | 2,12 | 14,94 | 42 | 169 | 12,36 | 7,31 | 42 | 168,2 | 12,61 | 7,49 |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Com relação ao perfil físico (Tabela 3), analisando-se os dados referentes ao sexo, observa-se que no total dos 42 tenistas, a grande maioria é do sexo masculino e apenas cinco (5) são do sexo feminino. Observa-se que neste esporte existe um predomínio em relação ao sexo dos participantes, e nota-se que as meninas participam de equipes de treinamento com idades menores, sendo que no presente estudo não houve a presença de nenhuma tenista na categoria 18 anos.

Considerando que cada categoria tem dois anos de disputa, em relação à idade dos tenistas, nota-se que a média de idade (11,8 anos) da categoria 12 anos, encontram-se em maior número disputando o segundo ano desta categoria. Nas categorias 14, 16 e 18 anos a média de idade (13,08 anos; 15,10 anos; 17,44 anos) dos tenistas sugere que a maioria dos tenistas está disputando o primeiro ano de cada categoria segundo a Confederação Brasileira de Tênis (Regulamento Infanto-Juvenil, 2013).

A média de idade geral deste grupo (14,19 anos) está dentro dos valores encontrados na literatura nos estudos de Reid *et al.* (2010) e Whiteside *et al.* (2013) que obtiveram valores de 13,4 e 14,8 anos respectivamente. No entanto esta média é maior do que a encontrada nos estudos de Đurović *et al.* (2008) que apresentou 7,97 anos, Urbán *et al.* (2012) com 12,9 anos, Göktepe *et al.* (2009) com 11,8 anos, Whiteside *et al.* (2013) que apresentou valores de 10,6 anos e Ribas *et al.* (2013) com média de idade de 12 anos, sendo que as idades do presente estudo variam entre 11 e 18 anos de idade, estando dentro das categorias do infanto-juvenil dos 12 aos 18 anos.

No que se refere à estatura dos tenistas, percebe-se que a média geral (169 cm) do presente estudo é semelhante aos valores encontrados na literatura, como no estudo de Reid *et al.* (2010) com 164 cm o que seria equivalente a categoria 14 anos, Göktepe *et al.* (2009) com 153 cm, Urbán *et al.* (2012) com 150 cm, e Ribas *et al.* (2013) com 144 cm, equivalentes a categoria 12 anos, e Whiteside *et al.* (2013) com 145 cm equivalente a categoria 10 anos e 167 cm para categoria 14 anos.

Em relação à envergadura, a média dos valores (168 cm) deste estudo são menores que os encontrados no estudo de Sánchez *et al.* (2007) que apresentaram valores de 182 cm de envergadura para os tenistas do sexo masculino com idade média de 16,4 anos e 167 cm de envergadura para as tenistas do sexo feminino com idade média de 15,9 anos. Entretanto os valores de envergadura encontrados no presente estudo estão próximos aos valores descritos por Rodrigues (2007) com valores médios de 177 cm para tenistas brasileiros com idade média de 15,33 anos, e por Sánchez *et al.* (2008) para tenistas participantes do *Campeonato de España Infantil de Tenis*, com valores médios de 172

cm para os oito melhores tenistas do sexo masculino com idade média de 13,5 anos, e 163 cm para as oito melhores tenistas do sexo feminino com idade média de 13,75 anos.

No que concerne aos índices de variabilidade da idade, estatura e envergadura dos tenistas, pode-se afirmar que estes formam um grupo com características físicas (estatura e envergadura) homogêneas (<10%) (GOMES, 1990).

Pode-se afirmar, em síntese, que os tenistas que pertencem às equipes de tênis nas cidades de Passo Fundo - RS, Carazinho - RS e Florianópolis - SC apresentam uma predominância do sexo masculino no treinamento infanto-juvenil. Apresentam também idade, estatura e envergadura dentro da faixa apresentada pelos estudos consultados (REID *et al.* 2010; WHITESIDE *et al.* 2013; ĐUROVIĆ *et al.* 2008; URBÁN *et al.* 2012; ,GÖKTEPE *et al.* 2009; RIBAS *et al.* 2013), realizados em outros países.

4.1.2 Perfil técnico dos atletas

Na sequência segue a caracterização do perfil técnico dos tenistas, com os resultados descritos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Perfil técnico dos tenistas

| Variáveis Categoria | TEMPO DE TREINO (anos) | | | FREQUENCIA DE TREINO SEMANAL | | | PARTICIPAÇÕES COMPETIÇÕES (último ano) | | |
|------------------------|---------------------------|------|-------|---------------------------------|------|-------|---|------|-------|
| | \bar{X} | sd | CV% | \bar{X} | sd | CV% | \bar{X} | sd | CV% |
| 12 anos | 4,30 | 2,26 | 52,55 | 3,80 | 0,91 | 23,94 | 5,20 | 5,02 | 96,53 |
| 14 anos | 3,85 | 2,15 | 55,84 | 3,54 | 0,87 | 24,57 | 9,23 | 5,34 | 57,85 |
| 16 anos | 4,10 | 2,18 | 53,17 | 3,70 | 0,67 | 18,10 | 6,60 | 6,05 | 91,66 |
| 18 anos | 7,89 | 2,57 | 32,57 | 4,33 | 1,3 | 30,02 | 14,22 | 7,17 | 50,42 |
| \bar{X} GERAL | 4,88 | 2,71 | 55,53 | 3,81 | 0,96 | 25,19 | 8,71 | 5,02 | 57,63 |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora

Analisando-se os resultados (Tabela 4), observa-se que na variável tempo de treino médio em anos os tenistas da categoria 18 anos (7,89 anos) apresentaram valor maior que os tenistas das categorias 12 anos (4,30 anos), 14 anos (3,85 anos) e 16 anos (4,10 anos), sendo este resultado esperado, embora percebe-se que a categoria 12 anos possui tempo de treino maior que as categorias 14 e 16 anos, afirmando que estes tenistas iniciaram com idades menores a prática do tênis de campo.

Destaca-se que inicialmente formulou-se a hipótese H1: Os tenistas possuem características físicas e técnicas de acordo com sua categoria e nível técnico: $H_1 \geq H_{01}$.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3 (página 61) e Tabela 4 rejeita-se H_{01} , pois os tenistas das diferentes categorias do infante-juvenil apresentam características físicas e nível técnico de acordo com a categoria em que se encontram.

Confrontando os resultados com a literatura, percebe-se que, na variável tempo de treino médio deste estudo (4,88 anos) é menor que os valores encontrados nos estudos de Sánchez *et al.*(2007), Rodrigues *et*

al. (2007) e, Göktepe *et al.* (2009) que foram de 6, 5 e 6 anos respectivamente, constatando que a idade de início da prática do tênis de campo para os tenistas do presente estudo é maior do que os tenistas de outros países. Entretanto são maiores que nos estudos de Đurović *et al.*(2008) e Urbán *et al.*(2012) com média de tempo de treino de 2 e 3 anos para ambos os estudos, entretanto trata-se de tenistas com idades entre 7 e 9 anos. Verifica-se, portanto, que os tenistas do presente estudo têm um tempo médio de treino intermediário ao referenciado na literatura, representando que em alguns países a idade de início da prática do tênis de campo é menor.

Para a variável frequência média de treino semanal os valores dos atletas da categoria 18 anos (4,33 vezes por semana) é maior que os atletas da categoria 12 anos (3,80 vezes por semana), os atletas da categoria 14 anos (3,54 vezes por semana) e que os atletas da categoria 16 anos (3,70 vezes por semana).

Os valores relativos à média geral de frequência de treino semanal das quatro categorias (4 vezes por semana) é igual aos valores apresentados pelo estudo de Sánchez *et al.*(2007) e próxima aos valores médios de frequência de treino semanal (3 vezes por semana) apresentados por Ribas *et al.*(2013).

Os outros estudos (REID *et al.* 2010; WHITESIDE *et al.* 2013; DUROVIC *et al.* 2008; URBÁN *et al.* 2012; ,GÖKTEPE *et al.* 2009) envolvendo atletas infanto-juvenis não relataram a frequência de treinamento semanal dos atletas envolvidos nas pesquisas, mas, com base nos estudos referidos acima, observa-se que os tenistas do presente estudo estão dentro dos padrões descritos na literatura.

Os resultados apresentados pela categoria 18 anos referentes ao tempo de treino e frequência de treino semanal ser maior para esta categoria em relação às outras já era esperado, em virtude de que, para alcançar o aprimoramento da técnica, se faz necessário o treino da habilidade através da repetição, e conseqüentemente dos anos de treinamento e a frequência do treinamento semanal. A melhora do desempenho das habilidades motoras específicas provém de muitas horas de prática deliberada (Ericson e Lehmann, 1996), assim como da repetição destas habilidades, da frequência apropriada e é proporcional ao número de execuções corretas de cada habilidade (Píffero e Valentini, 2010), tendo em vista que os atletas da categoria 18 anos já treinam há mais tempo que os tenistas das outras categorias.

No que se refere ao número de participações em competições, todos os atletas participaram de pelo menos um torneio no último ano, sendo que a categoria que mais participou de torneios foi a de 18 anos com uma média muito superior às outras categorias (14,22 torneios no último ano), seguidos pela categoria 14 anos (9,23 torneios no último ano), pela categoria 16 anos (6,60 torneios no último ano) e por último pela categoria 12 anos (5,20 torneios no último ano). Esta diferença pode ser atribuída ao calendário de competições, ao incentivo para participação das competições, assim como a disponibilidade dos atletas para disputar torneios sejam eles regionais, estaduais ou nacionais.

Em relação ao número de participações em competições, os estudos não especificam o número com que os tenistas participam delas, porém alguns referem a presença dos atletas em competições como no estudo de Sánchez *et al.* (2007), participantes dos torneios de tênis *Davis Junior Cup* e *Fed Junior Cup* nos anos de 2005 e 2006, e no estudo de

Whiteside *et al.* (2013), as tenistas frequentavam regularmente competições de nível nacional e internacional, porém sem especificar o número.

Em síntese, quanto maior a idade e categoria do tenista, maior a exigência técnica aplicada a ele, essa exigência é notada pelo maior tempo de prática, maior frequência de treino semanal e maior número de participação em competições, com foco na melhora do desempenho do tenista.

Pode-se dizer, então, que os tenistas do presente estudo possuem tempo e frequência de treino semanal dentro dos limites apresentados na literatura o que, relacionado às respectivas categorias, expressa o nível técnico em que se encontram.

4.2 Descrição e comparação das características cinemáticas do saque flat nas diferentes categorias:

Neste tópico foram descritos e comparados os ângulos articulares nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos e, descritas as velocidades angulares e velocidades lineares dos diferentes segmentos corporais, do saque *flat* nas diferentes categorias, conforme segue:

4.2.1 Caracterização e comparação das características angulares do saque flat nos diferentes eventos chave e nas diferentes categorias:

O segundo objetivo específico foi descrever e comparar as características cinemáticas do saque *flat* nas diferentes categorias. Para

atender a este objetivo foram selecionadas para análise as variáveis: *ângulos articulares (°) dos diferentes segmentos corporais, nos diferentes eventos chave (EC) do saque.*

O critério para caracterização destas variáveis foi o valor máximo de flexão ou extensão de diferentes articulações, em diferentes EC, dependendo do instante de análise de cada variável. Os resultados desta caracterização estão contidos nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

Esta caracterização foi analisada em momentos distintos, inicialmente foi analisado e discutido o 1º evento chave com seus dados expressos nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 sendo este EC caracterizado pelo ângulo de máxima flexão do joelho esquerdo (MFJE), na fase de preparação do saque. Na sequência são apresentados na Tabela 9 os dados referentes às variáveis que foram analisadas nos três eventos chave. Na Tabela 10, estão descritos os valores referentes à variável extensão do tronco no 2º evento chave, instante marcado pela máxima extensão do tronco. Na Tabela 11 estão apresentados os dados referentes às variáveis analisadas no 2º e 3º evento chave, e por fim na Tabela 12 a variável flexão do punho no 3º evento chave, instante imediatamente antes do contato da raquete contra a bola.

A seguir na Tabela 5, estão apresentados os dados referentes às variáveis flexão do tornozelo direito (FTD) e flexão do tornozelo esquerdo (FTE).

Tabela 5: Caracterização e comparação dos ângulos ($^{\circ}$) de flexão do tornozelo direito e esquerdo no 1 $^{\circ}$ evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|-------------------------------|-------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Flex. Torn. Dir. (FTD) | 12 | 10 | 22,57 | 15,14 | 67,08 | 0,904 | 0,448 |
| | 14 | 13 | 7,52 | 40,36 | 536,7 | | |
| | 16 | 10 | 21,58 | 11,38 | 52,73 | | |
| | 18 | 9 | 12,88 | 15,18 | 117,8 | | |
| | Total | 42 | 15,60 | 25,37 | 162,6 | | |
| Flex. Torn. Esq. (FTE) | 12 | 10 | 21,35 | 10,23 | 47,91 | 1,728 | 0,177 |
| | 14 | 13 | 25,23 | 7,91 | 31,35 | | |
| | 16 | 10 | 19,18 | 6,43 | 33,52 | | |
| | 18 | 9 | 16,29 | 12,99 | 79,74 | | |
| | Total | 42 | 20,95 | 9,73 | 46,44 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando as características dos ângulos articulares dos membros inferiores no 1 $^{\circ}$ EC expressos na Tabela 5, verifica-se que estatisticamente não houve diferenças significativas ($p=0,448$ FTD e $p=0,177$ FTE) entre as categorias em nenhum dos ângulos (variáveis).

No que concerne aos índices de variabilidade (Tabela 5), tendo-se como referência Gomes (1990), verifica-se que todas as categorias apresentaram alta variabilidade ($>10\%$) nas duas variáveis citadas (FTD e FTE), o que significa que os atletas apresentam ângulos de flexão dos tornozelos diferentes entre si.

Destaca-se, todavia, que a categoria 14 anos foi a que apresentou o maior desvio padrão (sd) da média para a variável flexão do tornozelo direito (FTD), sugerindo que existe nesta categoria uma adaptação deste movimento articular nesta categoria.

Aprofundando a análise dos ângulos de flexão (dorsiflexão) do tornozelo direito e esquerdo na Tabela 5, observa-se que os valores apresentados pelas quatro categorias: 12 anos (22,57° FTD e 21,35° FTE), 14 anos (7,52° FTD e 25,23° FTE), 16 anos (21,58° FTD e 19,18° FTE) e 18 anos (12,88° FTD e 16,29° FTE), estão próximos aos valores apresentados pelo estudo de Lo *et al.* (2004), (que analisou tenistas de elite, com média de idade de 28 anos), com valores de 10° de dorsiflexão para o tornozelo direito (FTD) e 18° de dorsiflexão para o tornozelo esquerdo, no instante de análise correspondente ao 1° EC.

Pode-se observar que dentre as quatro categorias analisadas, a que apresenta valores mais próximos aos encontrados na literatura é a categoria 18 anos, sugerindo que a amplitude do movimento articular do tornozelo no 1° EC, na fase de preparação do saque no tênis, diminui com o passar da idade e do tempo de treinamento, havendo a presença de um padrão técnico de execução, sendo que a categoria 12 anos apresentou valores bem superiores à categoria 18 anos.

Deve-se levar em consideração que a articulação do tornozelo é indispensável para a sequência da cadeia cinética, que tem origem nos membros inferiores, sendo ela uma das responsáveis pela impulsão adequada do tenista contra o solo, e pela transferência da força de reação do solo para as articulações subsequentes.

Percebe-se que há uma escassez de dados na literatura referente à análise dos ângulos de flexão do tornozelo no instante de análise referente ao 1° EC para tenistas infanto-juvenis, porém nota-se que os valores apresentados pelo presente estudo são semelhantes aos preconizados na literatura.

Em síntese, observa-se que não houve diferenças significativas entre as categorias para nenhuma das variáveis analisadas na tabela 5, que existe grande variabilidade destas variáveis para todas as categorias, porém, percebe-se que com o passar da idade os tenistas diminuem o ângulo de flexão do tornozelo, caracterizando um padrão técnico de execução.

Dando sequência à cadeia cinética do movimento do saque, no que concerne às variáveis flexão do joelho direito (FJD) e flexão do joelho esquerdo (FJE), destaca-se que as variáveis citadas têm uma particularidade, pois são dependentes do tipo de técnica de posicionamento dos pés utilizada por cada sacador.

Neste estudo, dos 42 tenistas, 20 utilizam-se da técnica *Foot-up* (FU) e 22 da técnica *Foot-back* (FB), lembrando que na técnica FU existe a aproximação dos membros inferiores durante a execução do saque e na técnica FB, os membros inferiores mantêm a sua posição inicial com os membros inferiores afastados (BRAGA NETO, L., 2007).

A seguir na Tabela 6 foram comparadas as duas técnicas de posicionamento dos pés para as variáveis flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo, entre os tenistas do presente estudo, de acordo com a categoria.

Tabela 6: Comparação de duas técnicas de posicionamento dos pés para as variáveis: flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo, entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis 1° evento chave | Técnicas de posicionamento dos pés | Cat. | n | \bar{X} | sd | t | p |
|---------------------------------|--|------------|---|-----------|-------|--------|-------|
| Flexão Joelho Direito | <i>Foot-up</i> | 12 anos | 4 | 66,61 | 20,13 | 1,534 | 0,164 |
| | <i>Foot-back</i> | | 6 | 42,33 | 26,81 | | |
| Flexão Joelho Esquerdo | <i>Foot-up</i> | | 4 | 78,09 | 23,02 | 1,253 | 0,246 |
| | <i>Foot-back</i> | | 6 | 60,08 | 21,82 | | |
| Flexão Joelho Direito | <i>Foot-up</i> | 14 anos | 8 | 74,79 | 14,87 | 2,007 | 0,070 |
| | <i>Foot-back</i> | | 5 | 57,96 | 14,42 | | |
| Flexão Joelho Esquerdo | <i>Foot-up</i> | | 8 | 69,89 | 14,88 | -0,029 | 0,978 |
| | <i>Foot-back</i> | | 5 | 70,14 | 15,76 | | |
| Flexão Joelho Direito | <i>Foot-up</i> | 16 anos | 3 | 64,92 | 17,74 | 2,248 | 0,055 |
| | <i>Foot-back</i> | | 7 | 44,30 | 11,42 | | |
| Flexão Joelho Esquerdo | <i>Foot-up</i> | | 3 | 60,05 | 5,11 | -1,020 | 0,338 |
| | <i>Foot-back</i> | | 7 | 67,40 | 11,70 | | |
| Flexão Joelho Direito | <i>Foot-up</i> | 18 anos | 5 | 68,97 | 18,01 | 1,998 | 0,086 |
| | <i>Foot-back</i> | | 4 | 49,30 | 8,353 | | |
| Flexão Joelho Esquerdo | <i>Foot-up</i> | | 5 | 62,77 | 18,16 | -0,761 | 0,472 |
| | <i>Foot-back</i> | | 4 | 70,80 | 11,71 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora *p≤ 0,05

Analisando os dados da Tabela 6, nota-se que não foram encontradas diferenças significativas entre as duas técnicas de posicionamento dos pés para as variáveis flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo, com exceção da categoria 16 anos que apresentou diferença significativa ($p=0,055$) para o joelho direito.

Contudo o presente estudo não tem como objetivo analisar as diferentes técnicas de posicionamento dos pés para a execução do saque. Desta forma, optou-se em analisar cada categoria como um todo, sem fazer divisões de grupos, conforme ilustrado na Tabela 7 a seguir, onde são apresentados os dados referentes às variáveis flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo.

Tabela 7: Caracterização e comparação dos ângulos ($^{\circ}$) de flexão do joelho direito e esquerdo no 1 $^{\circ}$ evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|------------------------------------|-------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Flex. Joelho Dir. (FJD) | 12 | 10 | 52,04 | 26,29 | 50,51 | 2,094 | 0,117 |
| | 14 | 13 | 68,32 | 16,46 | 24,09 | | |
| | 16 | 10 | 50,48 | 16,00 | 31,69 | | |
| | 18 | 9 | 60,23 | 17,20 | 28,55 | | |
| | Total | 42 | 58,46 | 20,05 | 34,29 | | |
| Flex. Joelho Esq. (FJE) | 12 | 10 | 67,28 | 22,97 | 34,14 | 0,182 | 0,908 |
| | 14 | 13 | 69,99 | 14,56 | 20,80 | | |
| | 16 | 10 | 65,20 | 10,47 | 16,05 | | |
| | 18 | 9 | 66,34 | 15,30 | 23,06 | | |
| | Total | 42 | 67,42 | 15,85 | 23,50 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados da Tabela 7, observa-se que não houve diferenças significativas entre as categorias para nenhuma das variáveis analisadas. Contudo nota-se que os valores apresentados pelas quatro categorias para a variável flexão do joelho esquerdo são semelhantes: 12 anos (52,04 $^{\circ}$ FJD e 67,28 $^{\circ}$ FJE), 14 anos (68,32 $^{\circ}$ FJD e 69,99 $^{\circ}$ FJE), 16 anos (50,48 $^{\circ}$ FJD e 65,20 $^{\circ}$ FJE) e 18 anos (60,23 $^{\circ}$ FJD e 66,34 $^{\circ}$ FJE),

sendo que a categoria 14 anos apresentou maior valor para as duas variáveis.

Confrontando os valores do presente estudo com a literatura, pode-se observar que estes são maiores que os encontrados no estudo de Lo *et al.* (2004), que apresentaram uma média de 30° de flexão para ambos os joelhos no instante de análise equivalente ao 1° EC.

Contudo, os valores médios do presente estudo são próximos aos encontrados nos estudos de Reid *et al.* (2008) que apresentaram 69,9° de flexão do joelho esquerdo para o grupo *foot-up* e 85,7° para o grupo *foot-back*. Reid *et al.* (2007) apresentou 73,4° para o joelho esquerdo em tenistas de alto nível; Fenter (2012) apresentou valores médios de flexão de joelho de 76,96°. Braga Neto *et al.* (2007) apresentaram 41,97° de flexão para o joelho direito nos tenistas que utilizavam-se da técnica *foot-up* versus 98,51° para os que utilizavam a técnica *foot-back* e para o joelho esquerdo, os valores descritos foram 72,30° para o grupo *foot-up* e 72,40° para o grupo *foot-back*.

Deve-se destacar que quando o tenista destro posiciona-se para o saque, o joelho esquerdo encontra-se à frente do joelho direito. Quando um tenista utiliza a técnica *foot-up* existe uma aproximação entre os membros inferiores, sendo que o joelho posicionado posteriormente exerce maior impulsão vertical, já nos adeptos da técnica *foot-back* o joelho de trás auxilia no impulso horizontal, jogando o tenista mais anteriormente. Segundo Kovancks e Ellenbecker (2011) o joelho posicionado anteriormente tem uma função estabilizadora e permite os movimentos de rotação do corpo.

Sabe-se que a flexão dos joelhos é importante para a contribuição de transferência de energia acumulada nos membros

inferiores e impulsão adequada contra o solo, dando sequência à cadeia cinética do movimento do saque (REID *et al.* 2008; ELLIOTT *et al.* 2003; KOVACKS; ELLENBECKER, 2011; BRAGA NETO *et al.* 2007). Uma diminuição considerável deste ângulo de flexão do joelho pode indicar uma ineficiência na transferência de energia para a raquete e, conseqüentemente, afetar a velocidade da mesma.

Em síntese, observa-se que não houve diferença estatística significativa entre as categorias, contudo os valores de flexão do joelho direito e flexão do joelho esquerdo para os tenistas do presente estudo estão dentro dos padrões preconizados pela literatura para a execução de saques de alta velocidade, e que estas variáveis já estão bem caracterizadas em todos os sujeitos, independente da categoria e da idade do tenista.

Dando sequência à análise dos movimentos dos membros inferiores, e a sequência da cadeia cinética do movimento do saque, na Tabela 8 a seguir são apresentados os valores referentes às variáveis flexão do quadril direito (FQD) e flexão do quadril esquerdo (FQE).

Tabela 8: Caracterização e comparação dos ângulos ($^{\circ}$) de flexão do quadril direito e esquerdo no 1 $^{\circ}$ evento chave (MFJE) entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|-----------------------------------|-------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Flex. Quad. Dir. (FQD) | 12 | 10 | 3,82 | 21,84 | 571,7 | 0,644 | 0,591 |
| | 14 | 13 | 7,63 | 16,42 | 215,2 | | |
| | 16 | 10 | -0,65 | 9,89 | 152,1 | | |
| | 18 | 9 | 8,80 | 17,61 | 200,1 | | |
| | Total | 42 | 5,00 | 16,71 | 334,2 | | |
| Flex. Quad. Esq. (FQE) | 12 | 10 | 9,12 | 12,11 | 132,7 | 0,189 | 0,904 |
| | 14 | 13 | 9,18 | 11,42 | 124,4 | | |
| | 16 | 10 | 12,52 | 12,55 | 100,2 | | |
| | 18 | 9 | 9,24 | 13,26 | 143,5 | | |
| | Total | 42 | 9,97 | 11,89 | 119,2 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados contidos na Tabela 8, verifica-se que estatisticamente não houve diferenças significativas entre as categorias em nenhuma das variáveis. Entretanto observa-se que, a categoria 16 anos foi a que apresentou o menor valor de flexão do quadril direito (FQD), chegando a assumir um padrão extensor na fase de preparação do saque.

Contudo a variável FQE (flexão do quadril esquerdo) obteve valores maiores comparados ao ângulo de flexão do quadril direito, sendo que a categoria 16 anos apresentou maior valor ($12,52^{\circ}$) de FQE.

Os valores apresentados no presente estudo estão próximos aos referenciados por Lo *et al.* (2004), que apresentou 5° de flexão do quadril direito e 10° de flexão para o quadril esquerdo no instante de análise equivalente ao 1 $^{\circ}$ EC.

A diferença encontrada na categoria 16 anos pode ser explicada pela presença de maior número de tenistas adeptos da técnica *foot-back*

de posicionamento dos pés, sendo que dos 10 integrantes da categoria 16 anos⁷ utilizavam esta técnica e apenas 3 a técnica *foot-up*.

Pode-se assumir, então, que os tenistas deste estudo não apresentam diferenças significativas entre as categorias para as variáveis flexão do quadril direito e flexão do quadril esquerdo, que os tenistas da categoria 16 anos apresentaram um padrão extensor em relação ao quadril direito em virtude da quantidade de adeptos da técnica *foot-back* de posicionamento dos pés, e que os valores médios dos ângulos das duas variáveis citadas são semelhantes ao estudo de Lo *et al.* (2004).

Seguindo a cadeia cinética do movimento do saque, a seguir na Tabela 9 são apresentados os dados referentes às variáveis analisadas nos três eventos chave.

Tabela 9: Comparação dos ângulos ($^{\circ}$) de rotação de tronco, abdução do ombro direito e flexão do cotovelo direito nos três eventos chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

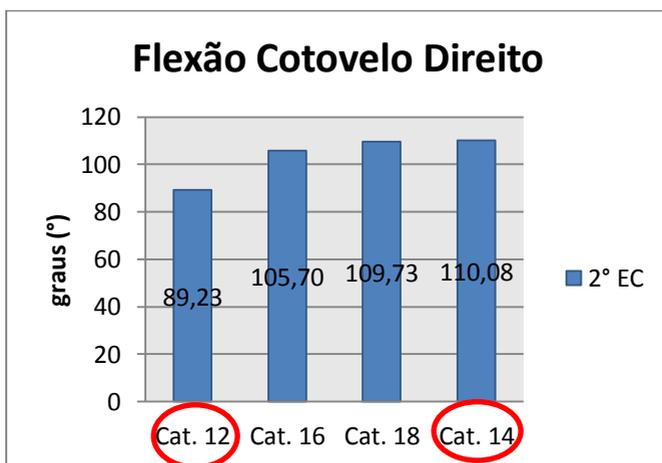
| Variáveis | Cat. | N | sd | CV% | F | p | |
|--|-------|----|--------|-------|--------|-------|-------|
| Rotação Tronco 1° Evento Chave | 12 | 10 | -1,75 | 6,58 | 376,0 | 0,219 | 0,882 |
| | 14 | 13 | -2,86 | 2,04 | 71,32 | | |
| | 16 | 10 | -2,88 | 3,35 | 116,3 | | |
| | 18 | 9 | -1,89 | 4,07 | 215,3 | | |
| | Total | 42 | -2,39 | 4,09 | 171,1 | | |
| Rotação Tronco 2° Evento Chave | 12 | 10 | -1,10 | 6,65 | 604,5 | 0,580 | 0,632 |
| | 14 | 13 | -3,14 | 1,35 | 42,99 | | |
| | 16 | 10 | -2,28 | 2,87 | 125,8 | | |
| | 18 | 9 | -1,65 | 3,07 | 186,0 | | |
| | Total | 42 | -2,13 | 3,81 | 178,8 | | |
| Rotação Tronco 3° Evento Chave | 12 | 10 | 0,87 | 6,13 | 704,5 | 0,458 | 0,713 |
| | 14 | 13 | -0,76 | 1,72 | 226,3 | | |
| | 16 | 10 | 0,40 | 2,45 | 612,5 | | |
| | 18 | 9 | 0,18 | 2,12 | 1177,7 | | |
| | Total | 42 | 0,10 | 3,42 | 342,0 | | |
| Abdução Ombro Direito 1° Evento Chave | 12 | 10 | 78,29 | 22,87 | 29,21 | 1,407 | 0,256 |
| | 14 | 13 | 85,42 | 25,67 | 30,05 | | |
| | 16 | 10 | 80,99 | 20,48 | 25,28 | | |
| | 18 | 9 | 66,28 | 15,29 | 23,06 | | |
| | Total | 42 | 78,57 | 22,25 | 28,31 | | |
| Abdução Ombro Direito 2° Evento Chave | 12 | 10 | 96,70 | 27,01 | 27,9 | 0,263 | 0,852 |
| | 14 | 13 | 100,60 | 24,17 | 24,02 | | |
| | 16 | 10 | 101,07 | 21,35 | 21,12 | | |
| | 18 | 9 | 93,04 | 17,73 | 19,05 | | |
| | Total | 42 | 98,16 | 22,42 | 22,84 | | |
| Abdução Ombro Direito 3° Evento Chave | 12 | 10 | 97,21 | 29,53 | 30,37 | 0,058 | 0,981 |
| | 14 | 13 | 98,70 | 24,11 | 24,42 | | |
| | 16 | 10 | 101,30 | 18,13 | 17,89 | | |
| | 18 | 9 | 98,66 | 12,07 | 12,23 | | |
| | Total | 42 | 98,96 | 21,55 | 21,77 | | |
| Flexão Cotovelo Direito 1° Evento Chave | 12 | 10 | 79,36 | 15,32 | 67,08 | 1,210 | 0,319 |
| | 14 | 13 | 83,63 | 20,67 | 24,71 | | |
| | 16 | 10 | 79,55 | 23,07 | 29,00 | | |
| | 18 | 9 | 94,01 | 14,70 | 15,63 | | |
| | Total | 42 | 83,87 | 19,17 | 22,85 | | |
| Flexão Cotovelo Direito 2° Evento Chave | 12 | 10 | 89,23 | 17,05 | 19,10 | 2,978 | 0,043 |
| | 14 | 13 | 110,08 | 13,99 | 12,70 | | |
| | 16 | 10 | 105,70 | 17,57 | 16,62 | | |
| | 18 | 9 | 109,73 | 24,88 | 22,67 | | |
| | Total | 42 | 104,00 | 19,56 | 18,80 | | |
| Flexão Cotovelo Direito 3° Evento Chave | 12 | 10 | 37,19 | 19,72 | 53,02 | 2,268 | 0,096 |
| | 14 | 13 | 43,81 | 21,43 | 48,91 | | |
| | 16 | 10 | 32,36 | 15,40 | 47,58 | | |
| | 18 | 9 | 23,29 | 15,96 | 68,52 | | |
| | Total | 42 | 35,11 | 19,47 | 55,45 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados contidos na Tabela 9, observa-se que das comparações entre as variáveis analisadas (rotação do tronco, abdução do ombro e flexão do cotovelo nos três eventos chave) entre as categorias, somente houve diferença significativa ($p=0,043$) na variável flexão do cotovelo direito entre as quatro categorias na fase de propulsão no 2º evento chave (máxima extensão do tronco).

Para verificar onde estava esta diferença foi aplicado o teste de *post hoc de Tukey* e constatou-se que a diferença encontra-se entre as categorias 12 e 14 anos ($p=0,047$), especificamente, apresentando uma diferença média de $-20,85^\circ$ para categoria 12 em relação a 14 anos, conforme representado no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1: Representação gráfica do ângulo de flexão do cotovelo direito no 2º evento chave, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos



Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Os valores de flexão do cotovelo apresentados pelas categorias 14, 16 e 18 anos no 2º EC estão próximos aos descritos por Fleisig *et al.* (2003) com 104º e Bahamonde (2005) com 103º de flexão do cotovelo em tenistas profissionais para produzir saques de alta velocidade. Entretanto a categoria 12 anos apresentou baixos valores para a variável nesse instante de análise, sugerindo que estes atletas não possuem um padrão definido deste movimento.

Nota-se na tabela 9 também, que no 1º evento chave existe uma semelhança no movimento de flexão do cotovelo entre os tenistas das categorias 12, 14 e 16 anos que apresentaram 79,36º, 83,63º e 79,55º respectivamente, contudo, a categoria 18 anos foi a que apresentou uma média mais alta (94,01º) de FCD no 1º EC. Porém estes valores são maiores do que os referenciados por Bahamonde (2005), que observou ângulos de flexão do cotovelo no 1º EC entre 63º e 70º.

Percebe-se então que houve um aumento no ângulo de flexão do cotovelo do 1º para o segundo evento chave descrito anteriormente. Este aumento no ângulo de flexão é importante para o adequado posicionamento da raquete atrás das costas do sacador, juntamente com outros movimentos combinados (BAHAMONDE, R. 2005). O alongamento da musculatura do tríceps braquial que ocorre quando há a flexão do cotovelo, segue o mesmo princípio de acúmulo de energia elástica que ocorre nos membros inferiores na fase de preparação do saque, sendo importante que haja um grau de flexão ótima do cotovelo (KOVACS; ELLENBECKER, 2011), antes da aceleração final para atingir a bola, para que ocorra a adequada transferência de energia elástica do membro dominante e dar sequência à cadeia cinética do movimento do saque.

Esta diferença existente entre a categoria 12 anos e as demais, pode ser atribuída à idade dos tenistas. Embora tanto o tempo quanto a frequência de treinamento semanal sejam maiores que os da categoria 14 anos, por exemplo, estes encontram-se em uma fase de desenvolvimento de habilidades motoras específicas (BRAGA *et al.* 2011), podendo ser este o fator responsável por esta diferença apresentada.

Quando o tenista atinge o instante de impacto (3° EC), o cotovelo não se encontra em extensão completa, apresentando uma média de 35,11° de flexão para o presente estudo. Estes valores estão próximos aos encontrados no estudo de Whiteside *et al.* (2013) que apresentou 33° para tenistas do sexo feminino que se encontravam na puberdade, e 39° de flexão do cotovelo para tenistas profissionais. No entanto, estes valores são maiores que os referenciados por Fleisig *et al.* (2003) que apresentaram 20° de FCD para os tenistas profissionais. Segundo Bahamonde (2005) esta leve flexão do cotovelo é importante para prevenção de lesões, porém o movimento de extensão do cotovelo segundo o autor pode reduzir a velocidade da raquete, devido à posição de rotação interna do ombro no instante de impacto.

Percebe-se que os ângulos de flexão do cotovelo estão próximos aos valores preconizados pela literatura, sendo que no instante de impacto este ângulo de flexão aumentado pode diminuir a velocidade da raquete.

Dando sequência à análise da Tabela 9 (página 109), em relação à variável rotação do tronco (ROTRO) embora não haja diferença significativa entre as categorias, observa-se que as categorias que apresentaram o maior valor foram a 14 e 16 anos (-2,86° e -2,88°

respectivamente). Este valor negativo indica que o sentido da rotação do tronco é o mesmo do lado dominante, indicando que, das quatro categorias analisadas, estas utilizam mais o movimento do tronco na fase de preparação.

Observando-se os dados apresentados na Tabela 9, percebe-se que no 2º evento chave as categorias 12, 16 e 18 anos apresentaram uma diminuição no ângulo de rotação do tronco ($-1,10^\circ$, $-2,28^\circ$ e $-1,65^\circ$ respectivamente), enquanto que a categoria 14 anos aumentou o seu ângulo de rotação para $-3,14^\circ$ na fase de propulsão do saque, instante em que a raquete encontra-se atrás das costas do sacador.

No instante de impacto da raquete contra a bola (3º EC), a única categoria que apresentou valor negativo de ROTRO ($-0,76^\circ$) continuou sendo a 14 anos, sugerindo que houve uma adaptação do movimento do tronco nesta categoria. Sendo que os instantes de análise são os mesmos para todos os sujeitos, podemos observar que houve um “atraso” no movimento de ROTRO para a categoria 14 anos no 3º EC. Este “atraso” deve-se ao fato de que houve um aumento no ângulo de ROTRO no 2º EC, quando os outros tenistas das outras categorias já apresentaram um movimento no sentido contrário, rodando o tronco para o lado não dominante.

Os valores baixos de ROTRO do presente estudo podem ser atribuídos ao método de análise dos ângulos articulares do tronco adotados pelo sistema das centrais inerciais (*Xsens MVN Studio*). Este sistema analisa o movimento do tronco em diferentes articulações intervertebrais, sendo que foram analisados os movimentos referentes à região anatômica das vértebras T12-L1, selecionados com base no estudo de Chow *et al.* (2009), sendo difícil realizar comparações deste

movimento com estudos que tenham analisado o movimento do tronco como um todo.

Sendo assim, os valores de ROTRO apresentados no presente estudo, encontram-se abaixo aos descritos por Whiteside *et al.* (2013) que apresentaram -29° , -23° e -25° de rotação para tenistas infanto-juvenis do sexo feminino de diferentes níveis técnicos. Lo *et al.* (2004) apresentaram valores de 30° de rotação externa do tronco (lado dominante) e cerca de 70° para o lado não dominante próximo ao impacto em tenistas adultos do sexo masculino.

Chow *et al.* (2009), analisaram o movimento do tronco, na região das vértebras T9, T12, L3 e L5 em tenistas adultos de nível avançado e intermediário, diferente deste estudo que analisou tenistas infanto-juvenis de nível iniciante e intermediário. Segundo os autores o movimento do tronco e o nível técnico do tenista tem forte interação, sendo que os tenistas de alto nível apresentaram $5,6^\circ$ de rotação para o lado dominante comparado aos intermediários que rodaram $4,2^\circ$, sendo este movimento equivalente ao 1° EC. Para o instante de análise equivalente ao 3° EC os atletas de nível avançado rodaram o tronco em direção ao lado não dominante $7,9^\circ$ enquanto os tenistas intermediários tiveram uma amplitude de movimento de $6,8^\circ$.

O movimento do tronco é de fundamental importância para a cadeia cinética, sendo responsável pela transmissão das forças de reação do solo geradas pelos membros inferiores para o membro superior do lado dominante. Segundo Elliott (2006) a rotação do tronco possibilita também que o atleta assuma uma posição de “ombro-sobre-ombro” permitindo a rotação interna do braço para desempenhar um papel importante na execução do saque.

Quando o atleta assume esta posição de “ombro-sobre-ombro”, o ombro do lado não-dominante encontra-se superiormente inclinado sobre o ombro do lado dominante na fase de preparação do saque no 1º evento chave, conforme ilustra a Figura 16 a seguir.

Figura 16: Posição de “ombro-sobre-ombro”



Fonte: Pesquisa

Desta maneira pode-se sugerir que os tenistas das categorias do infanto-juvenil encontram-se em fase de adaptação do movimento de rotação do tronco, de acordo com o nível técnico dos atletas.

No que concerne à variável abdução do ombro direito (ABD) podemos observar na Tabela 9 que embora não haja diferença significativa nos ângulos de ABD para as quatro categorias, nota-se uma diferença máxima de 19° entre as categorias 14 (85,45°) e 18 anos

(66,28°) no 1° EC. Contudo esta diferença é reduzida no 3° evento chave, havendo uma diferença máxima de 2,60° entre as categorias no instante de impacto entre a raquete e a bola.

Existe um aumento progressivo no ângulo de ABD para as quatro categorias entre os instantes de análise, porém quando comparadas as categorias, a que apresentou menores valores de ABD no 1° EC e 2° EC foi a 18 anos (66,28° e 93,04° respectivamente).

Estes valores citados acima são semelhantes aos encontrados na literatura, como no estudo de Kovacks e Ellenbecker (2011) que descrevem que os tenistas profissionais abduzem o ombro em um ângulo aproximado a 101° na fase de propulsão (2° EC). De acordo com Reid *et al.* (2008) o valor de ABD de tenistas adultos de elite no instante de impacto (3° EC) para os adeptos da técnica de posicionamento dos pés FU deve ser de 107° e para os que utilizam a técnica FB 108°. Estes valores estão próximos também aos encontrados por Reid *et al.* (2007) e Fleisig *et al.* (2003) que apresentaram 101° de ABD para o 2° e 3° evento chave. Whiteside *et al.* (2013) apresentou para tenistas do sexo feminino 92° no período pré-púbere, 106° de ABD para tenistas juvenis e 108° para tenistas profissionais do mesmo sexo.

De acordo com estes autores o ângulo de abdução do ombro na fase de propulsão é importante para possibilitar a rotação externa do ombro, posicionando a raquete paralela às costas do sacador. Segundo Fleisig *et al.* (2003) ângulos de abdução do ombro no instante do impacto (3° EC) maiores que 90° auxiliam na produção de saques de alta velocidade, para Kovacks e Ellenbecker (2011) o ângulo ótimo de abdução do ombro no instante de impacto é 110°.

Em síntese, pode-se observar que os tenistas do presente estudo apresentam valores de flexão do cotovelo, rotação do tronco e abdução do ombro nos três eventos chave, semelhantes aos valores preconizados pela literatura, sugerindo que estes são movimentos padronizados, independente da categoria e nível técnico dos tenistas. Contudo pode-se afirmar que os tenistas da categoria 12 anos no que concerne a variável flexão do cotovelo encontram-se em fase de adaptação do movimento.

Na sequência procedeu-se a análise dos ângulos articulares referentes à extensão do tronco (EXTRO) no 2º evento chave, demonstrados na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10: Caracterização e comparação dos ângulos (°) de extensão do tronco no 2º evento chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|--|--------------|-----------|--------------|-------------|--------------|----------|----------|
| Extensão Tronco 2º Evento Chave | 12 | 10 | -2,63 | 2,29 | 87,07 | 1,296 | 0,290 |
| | 14 | 13 | -3,97 | 1,94 | 48,86 | | |
| | 16 | 10 | -4,02 | 2,28 | 56,71 | | |
| | 18 | 9 | -4,63 | 2,84 | 61,33 | | |
| | Total | 42 | -3,80 | 2,34 | 61,57 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Examinando a Tabela 10, embora não haja diferença significativa no movimento de extensão do tronco (EXTRO) entre as quatro categorias, percebe-se nitidamente um aumento progressivo destes ângulos a medida que a idade do tenista aumenta, podendo ser um indicativo que a medida que o atleta aprimora a técnica do saque, aumenta a ação do movimento do tronco para gerar maior velocidade na

raquete, caracterizando um padrão de movimento que é definido com o desenvolvimento das habilidades motoras dos tenistas infanto-juvenis.

O movimento de extensão do tronco, para o presente estudo, marca o instante em que o tenista atinge o 2º evento chave. A extensão do tronco é muito importante para possibilitar o movimento de rotação externa do ombro (KOVACKS; ELLENBECKER, 2011; FLEISIG, 2003), juntamente com o movimento de rotação do tronco descrito anteriormente.

Contudo os valores médios (-3,80°) observados no presente estudo estão bem abaixo aos referenciados na literatura (LO *et al.* 2004; CHOW *et al.* 2009), em torno de 20° de EXTRO para tenistas adultos. No entanto deve-se levar em consideração alguns fatores como o processo de análise do sistema das centrais inerciais, comentado anteriormente na discussão dos ângulos de rotação do tronco, que para este segmento a articulação formada pelas vértebras T12-L1, foi analisada individualmente, assim como a possibilidade dos tenistas analisados nos estudos citados possuírem melhor técnica, considerando que são tenistas adultos.

Devido à dificuldade de comparação dos valores apresentados pelo presente estudo com os referenciados pela literatura, pode-se assumir que, embora não haja diferença significativa no movimento de extensão do tronco entre as categorias, percebe-se que há um aumento progressivo neste ângulo com o aumento da idade, o que caracteriza um aprimoramento no padrão e na técnica do movimento do saque.

Dando continuidade a análise, procedeu-se a caracterização e comparação dos valores angulares referentes às variáveis flexão do

ombro e rotação do ombro no 2° e 3° evento chave do movimento do saque, descritos na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11: Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão e rotação do ombro no 2° e 3° eventos chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|---|-------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Flexão Ombro Direito 2° Evento Chave | 12 | 10 | 30,79 | 22,05 | 71,61 | 0,104 | 0,957 |
| | 14 | 13 | 27,58 | 16,32 | 59,17 | | |
| | 16 | 10 | 28,78 | 6,62 | 23,00 | | |
| | 18 | 9 | 30,41 | 11,71 | 38,50 | | |
| | Total | 42 | 29,24 | 14,93 | 51,06 | | |
| Flexão Ombro Direito 3° Evento Chave | 12 | 10 | 28,82 | 19,47 | 67,55 | 0,035 | 0,991 |
| | 14 | 13 | 30,06 | 14,89 | 49,53 | | |
| | 16 | 10 | 30,77 | 9,12 | 29,89 | | |
| | 18 | 9 | 30,51 | 11,88 | 38,93 | | |
| | Total | 42 | 30,03 | 13,94 | 46,42 | | |
| Rotação Ombro Dir. 2° Evento Chave | 12 | 10 | -99,18 | 34,17 | 34,35 | 0,821 | 0,490 |
| | 14 | 13 | -95,53 | 18,80 | 19,67 | | |
| | 16 | 10 | -89,00 | 25,62 | 28,78 | | |
| | 18 | 9 | -82,34 | 22,70 | 27,56 | | |
| | Total | 42 | -92,02 | 25,37 | 27,57 | | |
| Rotação Ombro Dir. 3° Evento Chave | 12 | 10 | -89,41 | 32,70 | 36,57 | 1,249 | 0,306 |
| | 14 | 13 | -79,64 | 21,60 | 27,12 | | |
| | 16 | 10 | -76,59 | 23,87 | 31,16 | | |
| | 18 | 9 | -68,04 | 16,67 | 24,50 | | |
| | Total | 42 | -78,75 | 24,59 | 31,22 | | |

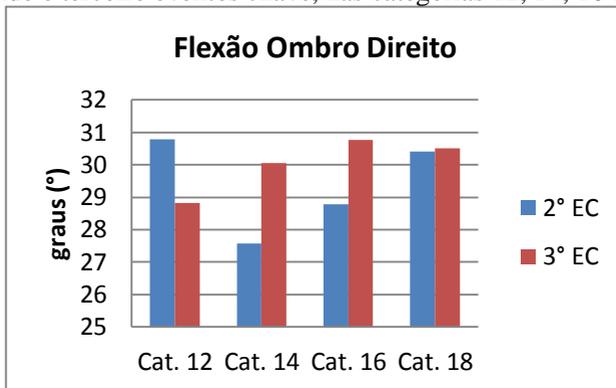
Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados da tabela 11, constata-se que não houve diferenças significativas entre as categorias para as variáveis analisadas (flexão e rotação do ombro) nos dois eventos chave descritos. Esta ausência de diferença entre as categorias pode ser atribuída a alguns

fatores, como: 1) em todas as categorias os atletas têm trabalhado próximo ao máximo da sua mobilidade articular para realizar saques de alta velocidade, levando em consideração o padrão do movimento do saque e as ações musculares que ocorrem em cada fase; 2) o padrão da técnica do saque, para estes movimentos, está bem caracterizado para a execução do saque independente da idade e categoria do tenista; 3) pelo fato do estudo não ter sido conduzido em uma competição, os tenistas podem não ter atingido o seu máximo de amplitude, mantendo-se todos iguais e 4) a ação de flexão do ombro no saque no tênis pode ser considerado um movimento acessório sendo que os ângulos de abdução do ombro já referenciados anteriormente são maiores.

Em relação à variável flexão do ombro direito (FOD) verifica-se que em ambos os instantes de análise os valores médios apresentados pelos tenistas das quatro categorias são muito próximos (29° no 1° EC e 30° no 2° EC). Desta maneira pode-se observar que no presente estudo, os ângulos de flexão do ombro nos dois instantes analisados são menores que os ângulos de abdução (98°), caracterizando que o ombro dos tenistas deste estudo encontra-se mais abduzidos que fletidos. No Gráfico 2a abaixo esta ilustrado o comportamento de flexão do ombro dos tenistas das quatro categorias.

Gráfico 2a: Representação gráfica do ângulo de flexão do ombro direito no segundo e terceiro eventos chave, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos.



Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Verifica-se no Gráfico 2a que as categorias 14 e 16 anos possuem características técnicas semelhantes de execução na passagem do 2º para o 3º evento chave com um aumento expressivo do ângulo de flexão do ombro. Nota-se também que a categoria 18 anos manteve praticamente estável o movimento de flexão do ombro, apresentando um leve aumento na amplitude no 3º evento chave. Contudo, percebe-se que a categoria 12 anos apresentou um padrão inverso, diminuindo o ângulo de flexão no 3º evento chave.

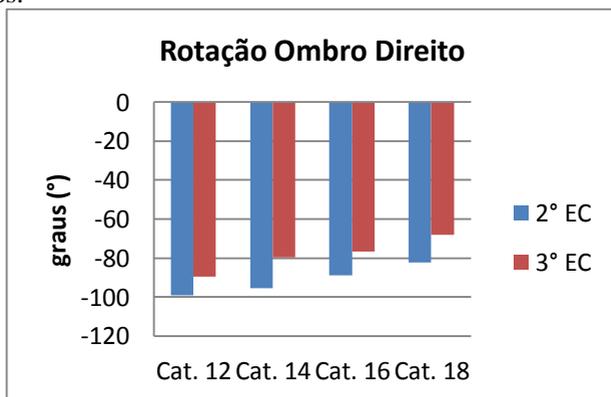
Desta maneira, pode-se sugerir que, os tenistas da categoria 12 anos encontram-se em fase de adaptação das habilidades motoras específicas e da técnica de execução do saque em relação ao ângulo de flexão do ombro.

Reid *et al.* (2007) ao analisar o ângulo de flexão do ombro no instante de impacto, observou que tenistas adultos de elite apresentavam valores de 56° de FOD. Os valores do presente estudo são menores do

que os descritos na literatura, para os tenistas das quatro categorias analisadas.

Com relação à ação de rotação do ombro direito (ROD), destaca-se que para o presente estudo a rotação externa tem sinal negativo e a interna tem sinal positivo. Pode-se observar na Tabela 11 que, embora não haja diferença significativa dos valores angulares apresentados entre as categorias, existe sim uma diminuição nos valores destes movimentos com o aumento da idade dos tenistas no 2º e 3º eventos chave, sendo que a categoria 12 anos apresentou os maiores valores médios de rotação externa do ombro no 2º EC e 3º EC e a 18 anos os menores valores médios, conforme ilustrado no Gráfico 2b a seguir.

Gráfico 2b: Representação gráfica do ângulo de abdução do ombro direito no segundo e terceiro “eventos chave”, nas categorias 12, 14, 16 e 18 anos.



Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Verifica-se no Gráfico 2b que em todas as categorias houve uma diminuição da amplitude de rotação externa do ombro ao passarem

do 2° para o 3° evento chave, sendo esta uma ação esperada para que o tenista atinja a bola. Contudo, nota-se que existe uma diminuição nos valores dos ângulos de rotação externa a medida que a idade do tenista aumenta, sugerindo que os tenistas diminuem a amplitude do movimento de rotação externa para otimizar a ação de rotação interna do ombro sendo que da posição de rotação externa máxima atingida pelas categorias a 12 anos rodou internamente 9,77°, a 14 anos 15,89°, a 16 anos 12,41° e a 18 anos 14,30°.

Estes valores de rotação externa atingidos pelos tenistas (-99,18° para 12 anos, -95,53° para a 14 anos, -89,00° para a 16 anos e -82,34° para a 18 anos), são menores do que os descritos na literatura (ELLIOTT, 2003; REID *et al.* 2007; FLEISIG *et al.* 2003; KOVACKS; ELLENBECKER 2011), que apresentaram valores que variaram de 115° à 172°. Entretanto devemos levar em consideração que estes estudos não isolaram a articulação do ombro para avaliar o movimento de rotação, ou seja, não levaram em consideração a extensão do tronco, nem o movimento escapular que auxilia a rotação do ombro (KONDA *et al.* 2010). Já no presente estudo, as centrais inerciais isolam o movimento de cada articulação, não havendo interferências de outras ações para o aumento da amplitude articular.

Segundo Elliott *et al.* (1995) a ação de rotação externa do ombro tem um papel importante para a fase de aceleração do movimento, pois ao alongar os rotadores internos do ombro, faz com que haja uma ação rápida deste grupo muscular durante a aceleração contribuindo de maneira expressiva para a velocidade da raquete.

Para Konda *et al.* (2010) as grandes amplitudes de rotação externa do ombro são atingidas através de uma combinação de

movimentos entre a extensão do tronco, inclinação posterior da escápula e rotação externa da articulação gleno-umeral.

Com base nestas informações e fazendo as devidas associações com os ângulos de extensão do tronco apresentados para as quatro categorias no presente estudo (ver tabela 10), nota-se que a medida que o ângulo de extensão do tronco aumenta, o ângulo de rotação do ombro diminui. Desta maneira, pode-se sugerir que para produzir saques de alta velocidade, quanto menor a idade dos tenistas maior a exigência aplicada em relação às amplitudes articulares do ombro nos movimentos de flexão e rotação. Com o avanço das categorias esta ação deixa de ser tão específica e passa a ser distribuída entre diferentes articulações.

A última articulação analisada, fechando a cadeia cinética do movimento do saque no tênis é a articulação do punho. Esta segundo Elliott *et al.* (1995) é uma das articulações que contribui para gerar saques de alta velocidade, sendo que o movimento de flexão do punho segundo o autor seria responsável por 31% da velocidade linear da raquete.

Na Tabela 12 abaixo, tem-se os valores referentes ao movimento de flexão do punho no instante imediatamente antes do contato entre a raquete e a bola, para as quatro categorias:

Tabela 12: Caracterização e comparação dos ângulos (°) de flexão do punho no 3° evento chave entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variável | Cat. | N | \bar{X} | sd | CV% | F | p |
|---|-------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Flexão Punho Direito 3° Evento Chave | 12 | 10 | -43,83 | 22,95 | 52,36 | 0,121 | 0,947 |
| | 14 | 13 | -45,43 | 12,13 | 26,70 | | |
| | 16 | 10 | -45,69 | 16,28 | 35,58 | | |
| | 18 | 9 | -41,81 | 11,03 | 26,38 | | |
| | Total | 42 | -44,33 | 15,58 | 35,14 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados da Tabela 12, verifica-se que não existem diferenças significativas entre as categorias para a variável analisada. Deve-se levar em consideração que o instante selecionado para análise foi a posição máxima da mão, ou seja, a posição mais alta em que a mão do tenista se encontrava, coincidindo com o instante imediatamente anterior ao contato da raquete com a bola, sendo assim, a ausência de diferença desta variável entre as categorias e os valores elevados de extensão do punho apresentados podem ser atribuídos a esse instante específico de análise.

Os valores médios de flexão do punho direito (-44,33°) representam um grau de extensão de quase 45° indicando que a raquete está levemente apontada para cima, corroborando com o estudo de Chow *et al.* (2009) que indicam que no instante de impacto a raquete está levemente inclinada, porém são maiores do que os valores encontrados no estudo de Fleisig *et al.* (2003) que apresentou 15° de extensão do punho no instante de impacto para tenistas adultos. Esta diferença em relação aos valores apresentados pelos autores citados pode ser atribuída ao instante de análise do presente estudo, como também a técnica de execução e padrão apresentado pelos tenistas deste estudo de acordo com a categoria.

Destaca-se no final deste capítulo que inicialmente formulou-se a hipótese H2: As categorias 16 e 18 anos apresentam ângulos articulares semelhantes, por já se encontrarem em um estágio maturacional mais avançado e as categorias 12 e 14 anos, não apresentam um padrão de movimento definido, em relação aos ângulos articulares, por estarem em um estágio maturacional inferior: $H_2 > H_{02}$

Com base nos resultados apresentados no capítulo rejeita-se parcialmente H02, pois os tenistas das categorias 16 e 18 anos apresentam ângulos articulares semelhantes em todas as variáveis analisadas. Entretanto com base nos resultados rejeita-se parcialmente H2, pois os tenistas das categorias 12 e 14 anos apresentam um padrão definido de movimento em relação aos ângulos articulares, não apresentando diferenças entre eles, nem entre os tenistas das outras categorias.

4.2.2 Caracterização das velocidades dos diferentes segmentos corporais que apresentaram relação com a velocidade linear da ponta da raquete de acordo com a categoria:

Neste tópico foram caracterizadas as velocidades dos diferentes segmentos corporais que apresentaram relação com a velocidade linear da ponta da raquete para as categorias 12, 14, 16 e 18 anos. As relações existentes entre a variável dependente e as variáveis independentes estão descritas no tópico 4.4 (Relação entre a variável dependente com as variáveis independentes nas diferentes categorias) na página 136.

As variáveis selecionadas para esta análise estão dispostas na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13: Caracterização das velocidades angulares (rad.s^{-1}) e velocidades lineares (m/s) dos diferentes segmentos corporais que apresentaram relação com a velocidade linear da ponta da raquete para as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Categoria | N | \bar{X} | sd | CV% |
|-------------------------|-----------|----|-----------|------|-------|
| Vel. Ang. Pé Dir. 2° EC | 12 anos | 10 | 11,25 | 6,80 | 60,44 |
| Vel. Ang. Tronco 2° EC | | 10 | 8,10 | 2,45 | 30,24 |
| Vel. Ang. Braço 2° EC | | 10 | 10,08 | 3,23 | 32,04 |
| Vel. Ang. Mão 3° EC | | 10 | 25,76 | 7,23 | 28,06 |
| Vel. Ang. Tronco 2° EC | 14 anos | 13 | 8,06 | 2,08 | 25,80 |
| Vel. Ang. Tronco 3° EC | | 13 | 5,78 | 1,59 | 27,50 |
| Vel. Ang. Mão 3° EC | | 13 | 30,34 | 6,93 | 22,84 |
| Vel. Lin. Tronco 3° EC | | 13 | 0,87 | 0,46 | 52,87 |
| Vel. Ang. Mão 3° EC | 16 anos | 10 | 33,77 | 5,42 | 16,04 |
| Vel. Ang. Mão 3° EC | 18 anos | 9 | 36,56 | 3,43 | 9,38 |
| Vel. Lin. Tronco 3° EC | | 9 | 0,91 | 0,35 | 38,46 |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

Analisando os dados contidos na tabela 13, verifica-se que das 30 velocidades dos diferentes segmentos corporais analisados, sendo elas: 1) Velocidade angular: pé direito, pé esquerdo, coxa direita, coxa esquerda, tronco, braço direito e mão direita; 2) Velocidade linear: pé direito, pé esquerdo, coxa direita, coxa esquerda, tronco, braço direito e mão direita; nos três eventos chave, apenas quatro (4) apresentaram relação com a velocidade da raquete para a categoria 12 anos, quatro (4) para a categoria 14 anos, uma (1) para a categoria 16 anos e duas (2) para a categoria 18 anos.

Observa-se que todas as categorias apresentaram relação entre a velocidade angular da mão no 3° evento chave e a velocidade da raquete, contudo percebe-se que a categoria 12 anos, foi a que apresentou o menor valor médio para esta variável ($25,76 \text{ rad.s}^{-1}$),

havendo um aumento progressivo desta velocidade à medida que as categorias foram aumentando, atingindo $36,56 \text{ rad.s}^{-1}$ para a categoria 18 anos. Este aumento da velocidade angular da mão de acordo com a categoria do tenista reafirma a importância e a relação desta variável para gerar saques de alta velocidade quando analisamos a velocidade linear da ponta da raquete apresentada na Tabela 14 no tópico 4.3 (Velocidade linear máxima da raquete, página 132).

Destaca-se também ao analisar a tabela 13 que os valores apresentados pela categoria 12 anos na variável velocidade angular do tronco no 2º evento chave são maiores do que os apresentados pela categoria 14 anos, contudo são menores do que os referenciados por Whiteside *et al.* (2013). Segundo os autores as tenistas que encontram-se no período pré-adolescente atingem $817 \text{ }^\circ/\text{s}$ (graus por segundo) de velocidade angular do tronco na fase de propulsão, o equivalente à $14,25 \text{ rad.s}^{-1}$.

Porém para Subijana; Navarro (2010) os valores da velocidade do tronco para tenistas profissionais, do sexo feminino, na fase de propulsão, foram de $405 \text{ }^\circ/\text{s}$ equivalente a $7,06 \text{ rad.s}^{-1}$. Desta maneira pode-se afirmar que os tenistas do presente estudo encontram-se dentro dos padrões da literatura, sendo que os tenistas com menor idade e nível técnico mais baixo utilizam mais a velocidade do tronco na fase de propulsão para produzir saques velozes.

A velocidade angular do braço no 2º evento chave é preconizada por muitos autores como sendo um dos fatores que apresentam maior correlação e maior influência para a velocidade da raquete no instante de impacto. Contudo pode-se observar que no presente estudo, somente a categoria 12 anos apresentou relações entre

estas duas variáveis, sendo que para estes tenistas a média da velocidade angular do braço no 2º evento chave foi de 10,08 rad.s⁻¹.

Para Elliott *et al.* (1995) tenistas adultos de elite atingem velocidades angulares do braço em torno de 36,5 rad.s⁻¹ e da mão em torno de 30.0 rad.s⁻¹ imediatamente antes do impacto da raquete contra a bola. Reid *et al.* (2007) observou que a articulação do ombro pode atingir uma velocidade angular de 10,8 rad.s⁻¹, porém, não analisou a velocidade do segmento do braço e sim da articulação. Desta maneira observa-se que os tenistas do presente estudo utilizam mais a velocidade da mão para gerar saques velozes do que a velocidade do braço como tenistas profissionais, segundo os autores citados.

Em relação à velocidade angular dos pés não foram encontrados estudos que fizessem referência a esta variável, sendo que para o presente estudo fica bem caracterizada a utilização deste segmento para o movimento do saque na categoria 12 anos.

Em relação à categoria 14 anos, observa-se a velocidade angular do tronco no 2º evento chave com 8,06 rad.s⁻¹ e no 3º evento chave com 5,78 rad.s⁻¹ e a velocidade linear do tronco no 3º evento chave com 0,46 rad.s⁻¹. Além destas variáveis relacionadas ao segmento do tronco, a velocidade angular da mão no 3º evento chave (30,34 rad.s⁻¹) também apresentou relação com a velocidade da raquete.

Observa-se que os valores de velocidade angular do tronco no 2º evento chave para esta categoria são menores que os encontrados na categoria 12 anos, corroborando com o estudo de Whiteside *et al.* (2013) ao descrever que a velocidade angular do tronco é maior para as tenistas pré-adolescentes do que para as adolescentes.

Para a variável velocidade linear do tronco, não foram encontrados estudos para confrontar com os valores apresentados pela categoria 14 anos, porém, pode-se observar que são valores baixos se comparados à velocidade linear da raquete, por exemplo. As outras variáveis são sustentadas pelos estudos descritos acima, sugerindo que estão dentro dos valores preconizados pela literatura.

Para os atletas da categoria 16 anos existe relação da velocidade linear da raquete com a velocidade angular da mão ($33,77 \text{ rad.s}^{-1}$) no 3º evento chave. Estes valores são maiores do que os citados por Elliott *et al.* (1995) ao analisar tenistas adultos de alto rendimento, que apresentaram média de velocidade angular da mão de $26,5 \text{ rad.s}^{-1}$ no instante de impacto.

Para a categoria 18 anos a variável velocidade angular da mão ($36,56 \text{ rad.s}^{-1}$) é maior que os valores apresentados pelas categorias 12, 14 e 16 anos, destacando novamente a importância desta variável para os tenistas do presente estudo. A média da velocidade linear do tronco ($0,91 \text{ m/s}$) apresentada pela categoria 18 anos, é maior que os valores apresentados pela categoria 14 anos, sugerindo que a utilização da velocidade linear do tronco para gerar saques de alta velocidade é aperfeiçoada com o passar da idade e da maturação corporal dos tenistas, entretanto não foram encontrados estudos que abordassem a análise da velocidade linear do tronco para confrontar com os dados apresentados pelo presente estudo.

Em síntese, a categoria 18 anos apresentou o maior valor referente à variável velocidade angular da mão para as quatro categorias, e o maior valor de velocidade linear do tronco, dado este já esperado pela idade e maturação dos participantes desta categoria. Contudo a

categoria 12 anos foi a que apresentou maiores valores de velocidade angular do tronco no 2º evento chave, corroborando com os achados de Whiteside *et al.* (2013), que relatam que as tenistas do período pré-adolescente apresentam maiores valores desta variável quando comparadas à tenistas adolescentes.

4.3 Velocidade linear máxima da raquete imediatamente antes do contato com a bola:

O terceiro objetivo específico foi determinar a velocidade linear máxima da raquete. Na sequência procedeu-se a caracterização e comparação da velocidade linear no meio da raquete e a velocidade linear na ponta da raquete sendo calculadas as médias das duas velocidades lineares máximas obtidas para cada categoria e comparadas entre as categorias, com os resultados apresentados na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14: Caracterização e comparação da velocidade linear máxima (m/s) no meio e na ponta da raquete entre as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Cat. | N | \bar{X} | sd | Min | Máx | F | p |
|--------------------------------|-------|----|-----------|------|-------|-------|-------|-------|
| Vel. Lin. Meio Raquete | 12 | 10 | 9,68 | 4,51 | 3,19 | 20,31 | 1,909 | 0,145 |
| | 14 | 13 | 11,06 | 3,77 | 5,03 | 19,96 | | |
| | 16 | 10 | 12,83 | 4,08 | 3,45 | 16,93 | | |
| | 18 | 9 | 13,45 | 2,92 | 8,76 | 16,80 | | |
| | Total | 42 | 11,66 | 4,00 | 3,19 | 20,31 | | |
| Vel. Lin. Ponta Raquete | 12 | 10 | 20,94 | 6,85 | 12,16 | 34,54 | 3,672 | 0,020 |
| | 14 | 13 | 22,33 | 3,90 | 16,77 | 32,20 | | |
| | 16 | 10 | 25,69 | 4,17 | 17,90 | 31,74 | | |
| | 18 | 9 | 27,16 | 3,36 | 23,21 | 33,59 | | |
| | Total | 42 | 23,83 | 5,18 | 12,16 | 34,54 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora.

$p \leq 0,05$

Analisando os dados da tabela 14, verifica-se que existem diferenças entre as categorias para as velocidades na ponta da raquete, e não houve diferença entre as categorias para as velocidades do meio da raquete.

Observa-se que para a variável velocidade linear da ponta da raquete as categorias apresentaram um nível de significância alto ($p=0,020$), dentro do intervalo de 95% de confiança. Esta diferença significativa encontra-se entre as categorias 12 e 18 anos, especificamente, apresentando uma diferença média de -6,22 m/s para categoria 12 em relação a 18 anos, sendo encontrado um nível de significância de $p=0,033$ após a aplicação do teste de *post hoc de Tukey*. Com base nestas informações, optou-se em trabalhar com as velocidades da ponta da raquete.

Destaca-se que inicialmente formulou-se a hipótese H3: Os valores de velocidade da raquete serão menores que os apresentados por outros estudos realizados com atletas profissionais: $H_3 > H_{03}$

Com base nos resultados apresentados na Tabela 14 rejeita-se H_{03} , pois os tenistas das categorias apresentam velocidades da raquete menores do que os reportados em outros estudos realizados com tenistas adultos e profissionais.

Analisando as duas variáveis, nota-se que existe um aumento gradativo da velocidade de acordo com a categoria. Em relação a velocidade linear da ponta da raquete o valor médio mais baixo foi apresentado pela categoria 12 anos (20,94 m/s), aumentando para a categoria 14 anos (22,33 m/s), para a 16 anos (25,69 m/s) e tendo o valor mais alto para a categoria 18 anos (27,16 m/s).

Para o presente estudo a velocidade máxima atingida em cada categoria foi de 34,54 m/s para a categoria 12 anos, 32,20 m/s para a 14 anos, 31,74 para a 16 anos e 33,59 m/s para a categoria 18 anos.

Destaca-se que o maior valor de velocidade linear da raquete encontrado no presente estudo foi da categoria 12 anos, entretanto não se pode afirmar que a velocidade da bola deste tenista seja maior que os demais pois, no presente estudo, foi observada a velocidade da raquete e não da bola. Deve-se levar em consideração que a massa corporal de um sujeito de 12 anos não é a mesma que um sujeito de 18 anos. Ambos podem atingir a mesma velocidade dependendo do nível técnico de cada um, porém a velocidade da bola é dependente da massa do corpo que a atinge.

Cabe destacar que o tenista da categoria 12 anos que apresentou este valor elevado, possui 6 anos de tempo de prática, uma frequência de

treinamento semanal de 5 vezes e no último ano participou de 16 competições (Apêndice C). Estes dados deste tenista o diferenciam dos outros tenistas da mesma categoria e o igualam aos tenistas da categoria 18 anos no que se refere as características técnicas.

De toda maneira, com base nos dados referentes à velocidade da raquete, foram refeitas as análises estatísticas retirando este tenista da categoria 12 anos que apresentou para comparação com os valores iniciais.

Os resultados evidenciaram que com a ausência deste sujeito, não houve diferença significativa para a variável flexão do cotovelo direito (FCD) no 2º evento chave ($p=0,062$), como consta entre as categorias 12 e 14 anos descrito anteriormente ($p=0,043$). A média desta variável para a categoria 12 anos com a presença do tenista é de $89,23^\circ$ (ver Tabela 9 página 109), e sem a presença do tenista a média do ângulo de flexão do cotovelo direito no 2º EC é de $89,30^\circ$ não atingindo 1° de diferença para mesma variável com e sem a presença do tenista.

Além desta diferença no ângulo de flexão do cotovelo no 2º EC, no que se refere à relação das variáveis cinemáticas com a velocidade da raquete que será descrita logo a seguir no tópico 4.4 na página 136, houve uma alteração entre duas variáveis: velocidade **angular** do pé direito no 2º EC ($r=0,693$) foi substituída pela velocidade **linear** do pé direito no 2º evento chave ($r=0,783$), sendo que as outras variáveis que tiveram relação com a variável dependente permaneceram as mesmas.

Entretanto como não se pode afirmar que a velocidade da bola deste sujeito seja maior que os demais, que comparado aos estudos envolvendo tenistas infanto-juvenis de outros países este sujeito ainda apresentou valores abaixo dos referenciados na literatura e que, este

atendeu a todos os critérios de inclusão do presente estudo, optou-se em prosseguir com as análises incluindo o sujeito na categoria.

Os valores médios de velocidade linear da ponta da raquete do presente estudo são menores do que os referenciados no estudo de Reid *et al.* (2010) que analisou tenistas juvenis com média de velocidade de 43 m/s. Whiteside *et al.* (2013) que analisou tenistas infanto-juvenis do sexo feminino com média da velocidade das tenistas da categoria infantil de 32 m/s, e para as tenistas juvenis 43 m/s, havendo uma forte semelhança com os valores atingidos por tenistas profissionais, que segundo Kovacks; Ellenbecker (2011) tenistas profissionais alcançam valores entre 38 a 47 m/s. As velocidades da raquete mais altas encontradas na literatura, foram no estudo de Fleisig *et al.* (2003) que apresentaram 50,8 m/s para os tenistas profissionais do sexo masculino e 41,5 m/s para as do sexo feminino.

Contudo para Ahmadi *et al.* (2009) que analisou tenistas adultos a média dos valores apresentados por tenistas amadores foi de 20 m/s, para tenistas de nível intermediário 25 m/s e para tenistas elite uma média de 35 m/s.

Diante do exposto, pode-se afirmar que: existe um padrão de aumento da velocidade linear da raquete a medida que a categoria dos tenistas aumenta; existe diferença significativa entre as categorias somente na velocidade linear da ponta da raquete; as médias das velocidades apresentadas pelo presente estudo são menores do que outros estudos envolvendo tenistas infanto-juvenis, contudo apresentou valores semelhantes a tenistas amadores e de nível intermediário.

4.4 Relação entre a velocidade linear da ponta da raquete e ângulos articulares e velocidades angulares e lineares nas diferentes categorias:

O quarto objetivo específico foi analisar as correlações entre a velocidade linear da raquete e as variáveis cinemáticas. Para tal, procedeu-se o Teste de Correlação de Pearson, cujos resultados estão expostos na Tabela 15 a seguir.

Tabela 15: Índices de correlação entre a velocidade da raquete e as variáveis cinemáticas para as categorias 12, 14, 16 e 18 anos.

| Variáveis | Categoria | r | p |
|--|-----------|--------|-------|
| Vel. Lin. Pon. Raqt. X Vel. Ang. Pé Dir. 2° EC | 12 anos | 0,693 | 0,013 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Ang. Tronco 2° EC | | 0,892 | 0,000 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Ang. Braço 2° EC | | 0,967 | 0,000 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt X Vel. Ang. Mão 3° EC | | 0,982 | 0,000 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Ang. Tronco 2° EC | 14 anos | 0,687 | 0,005 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Ang. Tronco 3° EC | | 0,603 | 0,015 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt X Vel. Ang. Mão 3° EC | | 0,603 | 0,015 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Lin. Tronco 3° EC | | 0,681 | 0,005 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Flex. Quad. Dir. 1° EC | 16 anos | 0,733 | 0,008 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Ext. Tronco 2° EC | | -0,811 | 0,002 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Flex. Punho 3° EC | | 0,707 | 0,011 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt X Vel. Ang. Mão 3° EC | | 0,878 | 0,000 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Flex. Quad. Dir. 1° EC | 18 anos | 0,749 | 0,010 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt X Vel. Ang. Mão 3° EC | | 0,591 | 0,047 |
| Vel. Lin. Pont. Raqt. X Vel. Lin. Tronco 3° EC | | -0,697 | 0,018 |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora. $p \leq 0,05$

Analisando os resultados das correlações (Tabela 15) constatou-se que das 52 combinações testadas, apenas 15 apresentaram correlação com a velocidade linear da ponta da raquete. Destas 15 variáveis, 13 tiveram correlação direta e apenas 2 apresentaram relação inversa com a variável dependente.

Dentre estas 15 variáveis, apenas quatro (4) variáveis tiveram correlação direta com a velocidade linear da ponta da raquete para as categorias 12 e 14 anos, três (3) variáveis tiveram correlação direta e uma (1) correlação inversa para a categoria 16 anos, e somente duas (2) variáveis tiveram correlação direta e uma (1) correlação inversa com a velocidade linear da ponta da raquete para a categoria 18 anos.

Pode-se afirmar que quanto maiores foram os valores das velocidades angulares das variáveis que apresentaram relação com a variável dependente maior a velocidade linear da ponta da raquete para estas categorias.

Destaca-se que inicialmente formulou-se a hipótese H4: Existem relações entre as variáveis cinemáticas e a velocidade linear da raquete, pois são os movimentos dos segmentos corporais que produzem o movimento da raquete: $H_4 > H_{04}$

Com base nos resultados apresentados na Tabela 15 rejeita-se H04, pois as variáveis cinemáticas apresentam correlações com a velocidade linear da raquete, sendo os movimentos da raquete dependentes dos movimentos dos segmentos corporais.

Estes resultados condizem com a cadeia cinética do movimento do saque, ficando evidente que para os tenistas da categoria 12 anos existe uma distribuição de fatores correlacionados entre as velocidades dos membros inferiores, membros superiores e tronco para que o saque

seja veloz, não havendo predominância em nenhum segmento ou articulações específicas, mas sim a necessidade de as variáveis estarem agindo em conjunto para que seja imprimida velocidade na raquete.

Para a categoria 14 anos, percebe-se que para esta categoria, diferente da de 12 anos, houve uma predominância em relação ao segmento do tronco para gerar saques de alta velocidade, sendo que das quatro variáveis que apresentaram correlação com a velocidade da raquete, três estão ligadas ao tronco.

Em relação à categoria 16 anos nota-se uma diferença em relação às categorias 12 e 14 anos. Para estes tenistas percebe-se uma predominância de correlações entre a velocidade da raquete e os ângulos articulares, não havendo esta correlação para as outras duas categorias.

Para os atletas da categoria 16 anos existe correlação da velocidade linear da raquete com os ângulos de flexão do quadril na fase de preparação (1º evento chave), uma correlação inversa com o ângulo de extensão do tronco no 2º evento chave, uma correlação direta com o ângulo de extensão do punho no 3º evento chave e uma correlação direta com a velocidade angular da mão direita no 3º evento chave. Desta maneira constata-se que para estes tenistas a ação dos membros inferiores no movimento do saque é importante para a velocidade da raquete.

Entretanto percebe-se que para o ângulo de extensão do tronco no 2º evento chave na categoria 16 anos houve uma correlação inversa com a variável dependente, sugerindo que quanto mais o tronco se estende, menor é a velocidade da raquete. As correlações da variável ângulo de flexão do tronco para esta categoria, divergem das citações de Lo *et al.*(2004) e Chow *et al.* (2009) quando descrevem que o ângulo de

extensão do tronco é importante para gerar saques de alta velocidade, e das citações de Kovacks; Ellenbecker, (2011) e Fleisig *et al.* (2003) quando relatam a importância do ângulo de extensão do tronco para possibilitar o adequado posicionamento do membro superior no 2º evento chave, para gerar saques velozes. Pode-se afirmar que os tenistas desta categoria estão em fase de adaptação do movimento de extensão do tronco para produzir saques de alta velocidade.

As correlações diretas existentes entre o ângulo de flexão do punho e velocidade angular da mão da categoria 16 anos condizem com as citações de Fleisig *et al.* (2003), Kovacks; Ellenbecker (2011), Whiteside *et al.* (2013) e Elliott *et al.* (1995) que referem haver correlações entre o ângulo de extensão do punho e a velocidade linear da raquete, assim como fortes correlações entre a velocidade angular da mão e a velocidade da raquete já mencionadas anteriormente.

Desta maneira, pode-se afirmar que, assim como as outras categorias previamente analisadas, a categoria 16 anos também possui um padrão de movimento que condiz com a sequência da cadeia cinética do movimento do saque, porém com características diferentes das categorias 12 e 14 anos e está em fase de adaptação do movimento de extensão do tronco.

Para a categoria 18 anos nota-se que as variáveis que se correlacionaram com a velocidade linear da raquete: flexão do quadril direito, velocidade angular da mão e, velocidade linear do tronco, esta de forma inversa, evidenciam novamente a presença da sequência da cadeia cinética do movimento do saque, destacando a importância destas variáveis específicas para produzir saques de alta velocidade.

Os tenistas da categoria 18 assim como da categoria 16 anos apresentaram correlação com o ângulo de flexão do quadril ($r=0,749$ e $r=0,733$ respectivamente), destacando a importância desta articulação para as categorias mais avançadas.

As correlações deste estudo encontram respaldo nas citações de Ahmadi *et al.* (2009), Subijana; Navarro (2010), Reid *et al.* (2010), Girard *et al.* (2005) e Girard *et al.* (2007), quando descrevem as correlações entre os membros inferiores, tronco, braço e mão com a velocidade da raquete.

Para Ahmadi *et al.* (2009) a velocidade da raquete no instante de impacto, apresenta relação com a velocidade angular do braço no movimento de rotação interna, com a velocidade angular do punho e com a velocidade angular da articulação do ombro, independente do nível técnico do tenista. Contudo Subijana; Navarro (2010) apresentaram relações inversas entre a velocidade angular dos membros inferiores e a velocidade da raquete no instante de impacto, sugerindo que neste instante, os membros inferiores encontram-se freando a velocidade da raquete. Para Girard *et al.* (2005) e Girard *et al.* (2007) a força de reação do solo, na componente vertical, possui relação direta com a velocidade da raquete, demonstrando a importância da ação dos membros inferiores para gerar saques de alta velocidade.

Em síntese, constatou-se que apenas quatro variáveis apresentaram correlações significativas para a categoria 12 anos sendo todas diretas: velocidade angular do pé direito no 2º evento chave; velocidade angular do tronco no 2º evento chave; velocidade angular do braço no 2º evento chave e; velocidade angular da mão no 3º evento chave.

Para a categoria 14 anos também quatro variáveis apresentaram correlações diretas significativas: velocidade angular do tronco no 2º evento chave; velocidade angular do tronco no 3º evento chave; velocidade angular da mão no 3º evento chave; velocidade linear do tronco no 3º evento chave.

A categoria 16 anos também apresentou quatro variáveis que apresentaram correlações significativas sendo três diretas: flexão do quadril direito no 1º evento chave; flexão do punho no 3º evento chave e; velocidade angular da mão no 3º evento chave e, como correlação inversa a variável extensão do tronco no 2º evento chave.

Por fim a categoria 18 anos apresentou apenas três variáveis que apresentaram correlações significativas que foram: flexão do quadril direito no 1º evento chave e; velocidade angular da mão no 3º evento chave de forma direta e; velocidade linear do tronco no 3º evento chave de forma inversa.

Diante do exposto pode-se afirmar que a única variável que apresentou correlações em todas as categorias foi a velocidade angular da mão, destacando a sua importância para a velocidade linear da raquete. Percebe-se também que existe uma relação destas variáveis com a cadeia cinética do movimento do saque, para todas as categorias, cada uma com suas particularidades e semelhanças, sendo o segmento do tronco muito evidente em todas elas, seja na velocidade angular, linear ou no movimento articular.

Na sequência é apresentada a análise da influência das variáveis que apresentaram correlação com a velocidade linear considerando como referência a ponta da raquete.

4.5 Influência das variáveis cinemáticas sobre a máxima velocidade da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, de acordo com a categoria:

O último objetivo específico foi identificar e determinar a influência das variáveis cinemáticas (ângulos articulares, velocidades lineares e velocidades angulares dos diferentes segmentos corporais) sobre a velocidade linear máxima da raquete, imediatamente antes do contato com a bola, de acordo com a categoria dos atletas.

Para determinar a relação de causa e efeito entre as variáveis, foram estabelecidas as maiores contribuições na determinação da influência de variáveis independentes sobre a dependente, através da utilização da regressão linear múltipla- Stepwise (SIEGEL; CASTELLAN JR, 2006).

Foram analisadas as influências de cada variável nos três eventos chave, sendo os resultados apresentados nos quadros 2, 3, 4 e 5, bem como distribuídos nos Apêndices C, D e E. O modelo de equação adotado para análise em todas as influências/ contribuições foi:

$$\text{Variável dependente (Y1)} = \text{intercepto} + X1 + X2 + X3 + X4$$

4.5.2 Influência/contribuição das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da ponta da raquete para a categoria 12 anos.

Inicialmente testou-se a contribuição das variáveis cinemáticas que apresentaram correlações com a velocidade linear da ponta da raquete para a categoria 12 anos. Os resultados estão no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Influência das variáveis cinemáticas sobre a **velocidade linear da ponta da raquete** categoria 12 anos.

| | Variáveis | Intercepto/Parâmetro | sd | R | r ² square |
|-----------|-----------------------------------|----------------------|-------|-------|-----------------------|
| Y1 | Velocidade linear da raquete | -2,611 | 1,143 | 0,996 | 0,991 |
| X1 | Vel. Ang. Pé Dir. 2° evento chave | -0,020 | 0,072 | | |
| X2 | Vel. Ang. Tronco 2° evento chave | -0,272 | 0,347 | | |
| X3 | Vel. Ang. Braço 2° evento chave | 0,929 | 0,241 | | |
| X4 | Vel. Ang. Mão 3° evento chave | 0,644 | 0,127 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora

Significativo $p \leq 0,05$

Velocidade linear da raquete (Y1) = -2,611 + X1 + X2 + X3 + X4

Velocidade linear da raquete = -2,611 - 0,020 ± (0,072) - 0,272 ± (0,347) + 0,929 ± (0,241) + 0,644 ± (1,27) (Equação 1)

Analisando-se os resultados das influências das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete (Quadro 2) para a categoria 12 anos, verifica-se duas positivas e duas negativas, sendo as negativas: velocidade angular do pé direito no 2° evento chave e velocidade angular do tronco no 2° evento chave. As variáveis

velocidade angular do braço e velocidade angular da mão contribuíram positivamente para a velocidade linear da raquete, indicando que: para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete, há uma *contribuição negativa* de 2% em relação à velocidade angular do pé direito (X1), mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete, há uma *contribuição negativa* de 27,2% em relação à velocidade angular do tronco (X2) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma *contribuição positiva* de 92,2% em relação à velocidade angular do braço direito (X3) mantendo-se as outras variáveis constantes e; para cada unidade de velocidade linear da raquete há uma *contribuição positiva* de 64,4% em relação à velocidade angular da mão direita (X4) mantendo-se as outras variáveis constantes.

Estas afirmações tem uma sustentação de 99,1% de índice de segurança conforme expresso pelo r^2 “square”. O resultado desta equação aponta que, a maior contribuição foi da variável velocidade angular do braço direito no 2º evento chave (X3), influenciando de forma positiva na velocidade da raquete e em segundo lugar a variável velocidade angular da mão no 3º evento chave (X4), também de forma positiva.

Pode-se afirmar então que 99% da velocidade linear da raquete para a categoria 12 anos pode ser explicada pelo efeito das variáveis citadas, cada uma com sua forma de interferir no resultado, seja positiva ou negativamente, com intensidades citadas na equação acima. O coeficiente de correlação $R=0,996$ revela que existe uma relação de

intensidade forte entre as variáveis citadas e a velocidade linear máxima da raquete para a categoria 12 anos.

Na sequência procedeu-se a análise da influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 14 anos. Os resultados estão dispostos no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3: Influência das variáveis cinemáticas sobre a **velocidade linear da ponta da raquete** categoria 14 anos.

| | Variáveis | Intercepto/Parâmetro | sd | R | r ² square |
|-----------|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-----------------------|
| Y1 | Velocidade linear da raquete | 3,953 | 4,786 | 0,867 | 0,752 |
| X1 | Vel. Ang. Tronco 2° evento chave | 0,486 | 0,565 | | |
| X2 | Vel. Ang. Tronco 3° evento chave | 1,258 | 0,490 | | |
| X3 | Vel. Ang. Mão 3° evento chave | 0,231 | 0,141 | | |
| X4 | Vel. Lin. Tronco 3° evento chave | 0,201 | 2,608 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora

Significativo $p \leq 0,05$

Velocidade linear da raquete (Y1) = 3,953 + X1 + X2 + X3 + X4

Velocidade linear da raquete = 3,953 + 0,486 ± (0,565) + 1,258 ± (0,490) + 0,231 ± (0,141) + 0,201 ± (2,608) (Equação 2)

Analisando os resultados das influências das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 14 anos (Quadro 3), verifica-se que as contribuições foram exclusivamente positivas, sendo possível fazer as seguintes considerações: para cada

unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma contribuição positiva de 48,6% em relação à velocidade angular do tronco no 2º evento chave (X1) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear da raquete há uma contribuição positiva de 125,8% em relação à velocidade angular do tronco no 3º evento chave (X2) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear da raquete há uma contribuição positiva de 23,1% em relação à velocidade angular da mão direita no 3º evento chave (X3) mantendo-se as outras variáveis constantes e; para cada unidade de velocidade linear da raquete há uma contribuição positiva de 20,1% em relação à velocidade linear do tronco no 3º evento chave (X4) mantendo-se as outras variáveis constantes.

A maior contribuição foi da variável velocidade angular do tronco no 3º evento chave (X2), influenciando de forma positiva na velocidade da raquete e em segundo lugar a variável velocidade angular do tronco no 2º evento chave (X1), também de forma positiva.

Analisando o r^2 “square”, constata-se que 75,2% da velocidade linear da raquete para a categoria 14 anos pode ser explicada pelo efeito das variáveis citadas, cada uma com sua forma de interferir no resultado com intensidades citadas na equação acima. O coeficiente de correlação $R=0,867$ revela que existe uma relação de intensidade moderada entre as variáveis citadas e a velocidade linear máxima da raquete para a categoria 14 anos.

Na sequência procedeu-se a análise da influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 16 anos. Os resultados estão dispostos no Quadro 4 abaixo.

Quadro 4: Influência das variáveis cinemáticas sobre a **velocidade linear da ponta da raquete** categoria 16 anos.

| | Variáveis | Intercepto/Parâmetro | sd | R | r ² square |
|-----------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------|-----------------------|
| Y1 | Velocidade linear da raquete | 14,037 | 5,348 | 0,954 | 0,910 |
| X1 | Flexão Quadril Dir. 1° evento chave | 0,052 | 0,083 | | |
| X2 | Extensão do Tronco 2° evento chave | -0,391 | 0,388 | | |
| X3 | Flexão Punho Dir. 3° evento chave | 0,071 | 0,047 | | |
| X4 | Vel. Ang. Mão 3° evento chave | 0,395 | 0,169 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora

Significativo $p \leq 0,05$

Velocidade linear da raquete (Y1)= 14,037 + X1 + X2 + X3 + X4

Velocidade linear da raquete = 14,037 + 0,052 ± (0,083) -0,391 ± (0,388) + 0,071 ± (0,047) + 0,395 ± (0,169) (Equação 3)

Analisando os resultados das influências das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 16 anos (Quadro 4), é possível fazer as seguintes considerações: para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete existe uma contribuição positiva de 5,2% em relação ao ângulo de flexão do quadril no 1° evento chave (X1) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma contribuição negativa de 39,1% em relação ao ângulo de extensão do tronco no 2° evento chave (X2) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete existe uma contribuição positiva de 7,1% em relação ao ângulo de flexão do punho direito no 3° EC (X3) mantendo-se as outras variáveis constantes e; para cada

unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma contribuição positiva de 39,5% em relação à velocidade angular da mão direita no 3° EC (X4) mantendo-se as outras variáveis constantes;

A maior contribuição foi da variável velocidade angular da mão no 3° EC (X4), influenciando de forma positiva na velocidade da raquete e em segundo lugar a variável ângulo de extensão do tronco no 2° EC (X2), influenciando de forma negativa.

Analisando o r^2 “square”, pode-se afirmar que 91% da velocidade linear da raquete para a categoria 16 anos pode ser explicada pelo efeito das variáveis citadas, cada uma com sua forma de interferir no resultado com intensidades citadas na equação acima. O coeficiente de correlação $R=0,954$ revela que existe uma relação de intensidade forte entre as variáveis citadas e a velocidade linear máxima da raquete para a categoria 16 anos.

Na sequência procedeu-se a análise da influência das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 18 anos. Os resultados estão dispostos no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Influência das variáveis cinemáticas sobre a **velocidade linear da ponta da raquete** categoria 18 anos.

| | Variáveis | Intercepto/Parâmetro | sd | R | r ² square |
|-----------|-------------------------------------|----------------------|--------|-------|-----------------------|
| Y1 | Velocidade linear da raquete | 40,197 | 14,809 | 0,868 | 0,754 |
| X1 | Flexão Quadril Dir. 1° evento chave | 0,127 | 0,057 | | |
| X2 | Vel. Ang. Mão 3° evento chave | -0,249 | 0,364 | | |
| X3 | Vel. Lin. Tronco 3° evento chave | -5,487 | 2,894 | | |

Fonte: Pesquisa. Elaboração da autora

Significativo $p \leq 0,05$

Velocidade linear da raquete (Y1) = 40,197 + X1 + X2 + X3

Velocidade linear da raquete = 14,809 + 0,127 ± (0,057) - 0,249 ± (0,364) - 5,487 ± (2,894)

(Equação 4)

Analisando os resultados das influências das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para a categoria 18 anos (Quadro 5), é possível fazer as seguintes considerações: para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma contribuição positiva de 12,7% em relação ao ângulo de flexão do quadril no 1° evento chave (X1) mantendo-se as outras variáveis constantes; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete existe uma contribuição negativa de 24,9% em relação à velocidade angular da mão no 3° evento

chave (X2) mantendo-se as outras variáveis constantes e; para cada unidade de velocidade linear máxima da raquete há uma contribuição negativa de 548,7% em relação à velocidade linear do tronco no 3º evento chave (X3) mantendo-se as outras variáveis constantes;

A maior contribuição foi da variável velocidade linear do tronco no 3º evento chave (X3), influenciando de forma negativa na velocidade da raquete e em segundo lugar a variável velocidade angular da mão no 3º evento chave (X2), influenciando de forma negativa também.

Analisando o r^2 “square”, pode-se afirmar que 75,4% da velocidade linear da raquete para a categoria 18 anos pode ser explicada pelo efeito das variáveis citadas, cada uma com sua forma de interferir no resultado (positiva ou negativamente) com intensidades citadas na equação acima. O coeficiente de correlação $R=0,868$ revela que existe uma relação de intensidade moderada entre as variáveis citadas e a velocidade linear máxima da raquete para a categoria 18 anos.

Formulou-se a hipótese H5: Os ângulos articulares, as velocidades angulares e lineares dos diferentes segmentos corporais influenciam na máxima velocidade da raquete: $H_5 \geq H_{05}$.

Com base nos resultados apresentados em relação as influências das diferentes variáveis cinemáticas sobre a velocidade da raquete, rejeita-se H_{05} , pois houve influência dos ângulos articulares e das velocidades angulares e lineares dos diferentes segmentos corporais de acordo com a categoria dos tenistas, cada uma com um grupo específico de variáveis.

Os resultados das influências das variáveis cinemáticas sobre a velocidade linear da raquete para as diferentes categorias nos quadros 2,

3, 4 e 5 afirmam que quanto maior for a velocidade dos diferentes segmentos corporais, maior será a velocidade da raquete no instante de impacto contra a bola, corroborando com as afirmações de Fleisig *et al.*(2003), Kovacks; Ellenbecker, (2011), Whiteside *et al.* (2013), Elliott *et al.* (1995), Lo *et al.*(2004) e Chow *et al.* (2009). Segundo estes autor esta velocidade dos segmentos corporais juntamente com o adequado posicionamento articular, são importantes para produzir a máxima velocidade linear da raquete no instante de impacto.

Contudo pode-se observar que, as variáveis que influenciaram a velocidade da raquete no presente estudo são diferentes das preconizadas na literatura. Segundo Elliott *et al.* (1995) e Ahmadi *et al.* (2009) as variáveis que apresentaram a maior contribuição para a velocidade da raquete foram as velocidades angulares de rotação interna do braço, rotação do ombro e flexão da mão.

Destas afirmações feitas pelos autores, destaca-se a velocidade angular da mão, que para o presente estudo foi a única variável comum a todas as categorias que apresentou influência na velocidade linear da raquete, corroborando com o estudo dos autores e com o estudo de Gordon; Dapena (2006) que apresentaram uma contribuição de 30% para a velocidade da raquete.

Contudo nota-se que para o presente estudo houve diferença nos valores de contribuição desta variável de acordo com a categoria, sendo que a categoria 12 anos foi a que apresentou maior contribuição (64%), a categoria 14 anos (23%), a 16 anos (39%) e a categoria 18 anos uma contribuição negativa de 24% da variável velocidade angular da mão para a velocidade linear da raquete.

Em relação à velocidade angular do braço, para o presente estudo somente a categoria 12 anos apresentou forte influência desta variável com a velocidade linear da raquete, enquanto para o estudo de Elliott *et al.* (1995) esta variável influenciou em 54,2% na velocidade linear da raquete para tenistas adultos. Nota-se que nas categorias 14, 16 e 18 anos, esta variável não influenciou diretamente na velocidade linear da raquete, destacando as particularidades de cada categoria.

Existem diferenças em relação ao valor de influência das variáveis independentes sobre a variável dependente para cada categoria, tornando evidente que não existe um padrão único de movimento, que exerça influência na velocidade linear da raquete em todas as categorias.

Percebe-se que existe sim uma variável comum a todos, com grande influência na velocidade da raquete (velocidade angular da mão), e um segmento corporal (tronco) que influencia em todas as categorias, porém de maneiras diferentes, sendo que para as categorias 12 e 14 anos é evidente a influência da velocidade angular do tronco.

Estes resultados corroboram com o estudo de Gordon; Dapena (2006) que definem a variável velocidade angular do tronco no instante equivalente ao 2º evento chave, como uma das variáveis que influencia na velocidade linear da raquete em tenistas adultos, de alto desempenho. Para a categoria 12 anos esta influência é negativa, podendo-se afirmar que neste instante de análise, o tronco já se encontra desacelerando o movimento do saque.

Para a categoria 16 anos o segmento do tronco influencia a velocidade da raquete através do seu movimento articular com movimento de extensão, porém de maneira negativa, realizando a

desaceleração do movimento no instante de impacto entre a raquete e a bola, sendo que a máxima extensão do tronco ocorre no 2º evento chave e o instante de impacto no 3º evento chave.

Para a categoria 18 anos, existe uma grande influência negativa em relação à velocidade linear do tronco e a velocidade angular da mão sobre a velocidade linear da raquete, ou seja, diminuem esta velocidade. Porém, levando em consideração o instante de análise do 3º evento chave, ser o instante imediatamente antes do contato da raquete com a bola, pois partimos do princípio do impacto ocorrer quando a mão encontra-se em sua máxima altura, pode-se supor que estes tenistas encontram-se na fase de desaceleração do movimento, já tendo contribuído para a velocidade da raquete, freando o movimento antes do impacto como fator de prevenção articular, funcionando como um mecanismo de controle. Desta maneira explica-se a contribuição negativa destas duas variáveis importantes para a velocidade linear da raquete.

Sendo assim percebe-se que cada categoria tem suas particularidades, as quais podem ser atribuídas ao seu tempo de treinamento, a sua frequência de treinamento semanal e às participações em competições, como comentado na Tabela 2. Além destes fatores leva-se em consideração também a idade dos atletas, seus aspectos maturacionais e o seu estágio de desenvolvimento de habilidades motoras, principalmente no que se refere à amplitude articular como comentado nas tabelas 3, 5, 6, 7 e 8, embora para a grande maioria das variáveis não houve diferença significativa nos ângulos articulares entre as categorias, pode-se afirmar que existem algumas diferenças visíveis quanto a este quesito.

Em síntese, é possível apontar que todas as variáveis cinemáticas exercem moderadas (86%) e fortes (entre 95 e 99%) influências sobre a velocidade linear da raquete. Tendo em vista que o saque no tênis apresenta uma sequência na cadeia cinética do movimento, pode-se afirmar que os tenistas do presente estudo seguem esta sequência, cada categoria com sua particularidade.

5. CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos, nos resultados obtidos e no referencial teórico foi possível concluir que:

- 1) Os tenistas analisados no presente estudo possuem características físicas e técnicas de acordo com sua idade e categoria, e também apresentaram um padrão de movimento condizente com a sequência da cadeia cinética do movimento do saque de acordo com a literatura, não havendo diferenças entre as categorias em relação ao posicionamento articular.
- 2) Os valores dos ângulos das diferentes articulações são semelhantes para os atletas de diferentes categorias, exceto o ângulo de flexão do cotovelo direito no 2º evento chave, que foi diferente entre as categorias 12 e 14 anos. Estes ângulos parecem adequados ao posicionamento articular durante a execução do saque sendo importante para produzir saques de alta velocidade, sugerindo que os atletas executaram o movimento próximo ao seu limite de movimento articular, representando uma modelagem do gesto do saque, para atingir a máxima velocidade linear da raquete, de acordo com a sua categoria.
- 3) A velocidade linear da ponta da raquete do presente estudo encontra-se dentro dos valores apresentados na

literatura para tenistas amadores e nível intermediário. Esta velocidade aumenta progressivamente com a categoria sendo o valor médio menor para a categoria 12 anos, 14, 16 e a maior média para a categoria 18 anos.

- 4) A velocidade angular da mão foi a única variável comum a todas as categorias destacando a sua importância para a velocidade linear da raquete, embora cada categoria possua um grupo de variáveis específicas que tem relação direta com a velocidade linear da raquete.
- 5) Não existe um padrão definido de relação entre as variáveis independentes e a variável dependente para todas as categorias, ou seja, cada categoria possui seu padrão específico, deixando clara a particularidade de cada uma delas para realizar saques de alta velocidade.

Os tenistas analisados no presente estudo possuem características físicas e técnicas de acordo com sua idade e categoria, e também apresentaram um padrão de movimento condizente com a sequência da cadeia cinética do movimento do saque de acordo com a literatura, não havendo diferenças entre as categorias em relação ao posicionamento articular.

Existem diferenças entre tenistas adultos e tenistas infanto-juvenis no que se refere às variáveis que influenciam a velocidade linear da raquete. Desta maneira destaca-se a necessidade dos profissionais que trabalham em contato direto com estes tenistas infanto-juvenis (treinadores, preparadores físicos e fisioterapeutas) trabalharem de

maneira específica cada categoria, sendo importante que ao analisarem o movimento do saque, fiquem atentos às particularidades de cada uma.

As aplicações práticas sugeridas no presente estudo, com base nas particularidades de cada categoria são:

- a) Podem ser realizados exercícios específicos de arremesso nos tenistas da categoria 12 anos, para aumentar o grau de flexão do cotovelo direito no 2º evento chave.
- b) Incentivar exercícios de extensão do tronco na categoria 12 anos, pois estes estendem menos o tronco e rodam mais o ombro, podendo gerar possíveis sobrecargas nesta articulação específica.
- c) Diminuir a amplitude de extensão do tronco para a categoria 16 anos, pois esta variável diminui a velocidade da raquete para esta categoria.
- d) Todos os tenistas de todas as categorias utilizam a velocidade angular da mão para gerar saques velozes, deve-se atentar a sobrecargas nesta articulação, assim como incentivar a velocidade angular do braço, sendo esta variável uma das que apresentam maior influência para a velocidade da raquete em tenistas profissionais.
- e) O posicionamento articular dos sujeitos das categorias infante-juvenil está bem definido, desta maneira, deve-se incentivar o aumento da

velocidade dos diferentes segmentos corporais para gerar saques de alta velocidade.

Aponta-se a necessidade de um trabalho interdisciplinar entre treinadores e fisioterapeutas, podendo ser foco de estudos posteriores esta ação conjunta para análise, prevenção e tratamento de jovens tenistas, para contribuir com o desenvolvimento do esporte, para análises mais detalhadas do movimento do saque, e para posterior prevenção de possíveis lesões que possam acometer tenistas destas categorias.

Deve-se levar em consideração as particularidades apresentadas por cada categoria, assim como a idade dos atletas, o desenvolvimento das habilidades motoras e os aspectos maturacionais, tendo como base as características cinemáticas que cada categoria possui, adotando assim um trabalho mais específico, enfatizando as necessidades de cada uma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, G. et al. Epidemiology of musculoskeletal injury in the tennis player. **Br. J. Sports Med**, v. 46, p. 492-498, 2012.

AHMADI, A. ROWLANDS, D. JAMES, D. A. Towards a wearable device for skill assessment and skill acquisition of a tennis player during the first serve. **Sports Technology**, v.2, n. 3-4, p.129-136, 2009.

ALVES-MAZZOTTI A. J; GEWANDSZNAJDER F. **O método nas ciências naturais**. São Paulo: Thomson, p. 6-7, 2002.

AMADIO, A. C. Análise biomecânica do salto triplo – introdução aos princípios fundamentais da investigação e análise do movimento esportivo. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 2, n. 2, p. 17-20. 1998.

AMADIO, A. C. et al. **Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica EEFUSP, 1996.

ANTÚNEZ, R. M. et al. Relationship Between Motor Variability, Accuracy, and Ball Speed in the Tennis Serve. **J. of Human Kinetics**, v. 33, p. 45-53, 2012.

BAHAMONDE, R. Changes in the angular momentum during the tennis serve. **J. Sports Sci**, v.18, n. 8, p. 579-92, Aug. 2000.

BAHAMONDE, R; KNUDSON, D. Linear and angular momentum in stroke production, In: ELLIOTT, B.C.;REID, M. and CRESPO, M. (Eds.).**Biomechanics of Advanced Tennis**. London: ITF Ltd, p.51-70, 2003.

BAHAMONDE, R. Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes. **Inter. Sport Med. J**, v.6, n.2, p. 42-63, 2005.

BALBINOTTI, M. et al. Estudo descritivo do Inventário do Treino Técnico-desportivo do Tenista: resultados parciais segundo sexo. **Revista Portuguesa de ciências do Desporto**, v. 3, n. 3, p. 7-17, 2003.

_____. et al. Proposição e validação de um instrumento para avaliação do treino técnico-desportivo de jovens tenistas. **Rev. Bras. Educ. Fís. Esp.**, São Paulo, v.18, n.3, p.213-26, jul./set. 2004.

BALBINOTTI, M. A. A; BALBINOTTI, C. A. A. Motivação e perspectiva futura no tênis infanto-juvenil. **Rev. Bras. Psicol. Esporte**, São Paulo, v.2, n.2, dez. 2008.

BALBINOTTI, C. et al. **O ensino do tênis: novas perspectivas de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

BARBOSA, L. M. **Possibilidades e Limitações na Inserção do Mini-Tênis como Componente Curricular no Ensino Fundamental nas Aulas de Educação Física**. Monografia (Licenciatura em Educação Física, Aprofundamento em Esportes) Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BRAGA, F. C. C. *et al.* Educação Física Escolar: elementos que devem ser lembrados na elaboração e planejamento das aulas. **EFDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, v. 13, n. 128, ene. 2011. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>>. Acesso em: 08 jul. 2014.

BRAGA NETO L. et al. Estudo de características biomecânicas do saque no tênis – comparação entre duas técnicas de posicionamento dos pés. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 8, n.14, p. 26-30, maio. 2007.

CBT –CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE TÊNIS. Disponível em: <<http://www.cbtenis.com.br>>. Acesso em: 22 maio. 2013.

CERVO, A. L; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**, 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CHOW, J. et al. Comparing the pre- and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. **J. of Sports Sciences**, v.21, p. 529–537, 2003.

CHOW, J. et. al. Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. **Sports Med. Art. Rehab. Therapy & Technology**, v. 24. n. 1. p. 1-14, 2009.

CREVEAUX, T. Joint kinetics to assess the influence of the racket on a tennis player's shoulder. **J. of Sport Science and Medicine**, v.12, p. 259-266, 2013.

CRESPO, M; REID, M. Biomechanics and teaching methodology. In: ELLIOTT, B.C.; REID, M. and CRESPO, M. (Eds.). **Biomechanics of Advanced Tennis**. London: ITF Ltd, p. 15-29, 2003.

CORREIA, P. P; COUTINHO, C. et al. **Investigação e Ténis II**. Cruz Quebrada: Edições FMH, 2008.

DORIA FILHO, U. **Introdução à bioestatística: para simples mortais**. 14 ed. São Paulo: Elsevier, 1999.

ĐUROVIĆ, N. et al. Kinematic analysis of the tennis serve in young tennis players. **Acta Kinesiologica**, v. 2, p. 50-56, 2008.

_____. et al. New biomechanical model for tennis serve. **Acta Kinesiologica**, v. 2, p. 45-49, 2008.

ELLIOTT, B.C. The development of racquet speed. In: **Biomechanics of Advanced Tennis**. B.C. Elliott, M. Reid, and M. Crespo, eds. London: ITF Ltd, p.33-47, 2003.

_____. The Biomechanics of Tennis Stroke Production. **Science and Racket Sports, E. & F.N. Spon**, London, 1995.

_____. Biomechanics and tennis. **Br. Jour. Sports Med**, v. 40, p. 392-396, 2006.

ELLIOTT, B. C. et al. Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. **J. of Applied Biomechanic**, v. 11, p. 433-44, 1995.

ERICSON, K.A; LEHMANN, A.C. Expert and exceptional performance: evidence of maximal adaptation to task constraints. **Annual Review of Psychology**, Palo Alto, v.47, n.1, p.273-305, 1996.

FENTER, B. The effect of a three set tennis match on knee kinematics and leg muscle activation during the tennis serve. **Dissertação de Mestrado apresentada à University of Texas at Tyler, 2012.** Disponível em: <<http://dspace.uttyler.edu/xmlui/handle/10950/101?show=full>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

FLEISIG, G. et al. Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. **Sports Biomechanics**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2003.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2002.

FORTI, D. Características das lesões ocasionadas na prática do tênis amador. **EFDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, v. 15, n. 154, Marzo. 2011. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

GIFFONI, E. **Tênis: catarse moderna**. Porto Alegre: Feplam, 1989.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GIRARD, O. et al. Lower-limb activity during the Power serve in tennis: effects of performance level. **J. of American College of Sports Medicine**, v. 5, p. 1021-1029, 2005.

GIRARD, O. et al. Influence of restricted knee motion during the flat first serve in tennis. **J. of Strength and Cond. Research**, v. 21, n. 3, p. 950-957, 2007.

GÖKTEPE, A. et al. Joint angles during successful and unsuccessful tennis serves: kinematics of tennis serve. **Eklem Hastalik Cerrahisi**, v. 20, n. 3, p. 156-160, 2009.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**.13.ed. ver. ampl. Piracicaba: Livraria Mabel S.A. 1990.

GORDON, B. J; DAPENA, J. Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. **J. of Sports Sciences**, v. 24, n. 1, p. 31-49, jan. 2006.

GUEDES, J. M. et al. Lesões em tenistas competitivos. **Rev. Bras. Cienc. Esporte**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 217-229, maio, 2010.

HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 1995.

HISTÓRIA DO TÊNIS. In: **Confederação Brasileira de Tênis**, 2013. Disponível em: <<http://cbtenis.com.br/cms/site.aspx/historia-tenis>>. Acesso em: 30 jun. 2013.

INTERNATIONAL TENNIS FEDERATION. **ITF Rules Of Tennis**, 2013. Disponível em: <<http://www.itftennis.com/technical/publications/rules/overview.aspx>>. Acesso em: 30 jun. 2013.

ISHIZAKI, M. T; CASTRO, M. S. A. **Tênis: aprendizagem e treinamento**. 2. Ed. São Paulo: Phorte, 2008.

JOHNSON, R. A; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6 ed. USA: Pearson Education, 2007.

KIBLER, W. B; SAFRAN, M. R. Musculoskeletal injuries in the young tennis player. **Clinics in Sports Medicine**, v. 19, n. 4, p. 781-792, 2000.

KOEHN, S; MORRIS, T. The relationship between performance and flow state in tennis competition. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v. 52, n. 4, p. 424-431, 2012.

KONDA, S. et al. Scapular rotation to attain the peak shoulder external rotation in tennis serve. **J. of The American College of Sports Med**, p. 1745-1753, 2010.

KOVACS, M; ELLENBECKER, T. An 8-stage model for evaluating de tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. **Sports Health**, v. 3, n. 6, p. 504-513, 2011.

KREBS, R. J. et al. Disposições pessoais de tenistas jovens: um estudo fundamentado na teoria bioecológica de Bronfenbrenner. **Rev. Bras. Psicol. Esporte**, São Paulo, v.2, n.2, dez. 2008.

LEES, A. Science and the major racket sports: a review. **J. of Sports Sciences**, v. 21, p. 707-732. 2003.

LO, K.C et al. Kinematics of lower extrimity in tennis flat and spin serve. **J. of Medical and Biological Engineering**, v. 24, n. 4, p. 209-212, 2004.

LONGHI, A; ARAUJO, L. G; CAMAROTO, M; MELO, S. I. L. (aceito para publicação). Biomecânica do saque no tênis de campo: “Estado da arte” e tendência dos estudos. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**.

MAHN, P. A; GAVIÃO, M. B. D. A influência do treinamento resistido em atletas de tênis de campo. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 8, n. 24, p. 3-7, abr/jun. 2010.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3 ed. São Paulo: Artmed Editora, 2005.

MATOS, R. Lesões desportivas por sobrecarga em jovens atletas. **Educação & Comunicação**, n. 2, p. 105-113, jul. 1999.

McGINNIS, P.M. **Biomecânica do esporte e exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MORÉ, A. O. O. Lesões em atletas amadores na prática do tênis de campo. **Trabalho de conclusão de Curso de Graduação em Medicina**. Florianópolis, 2006.

MOROZ, M; GIANFALDONI, M. H. T. A. **O processo de pesquisa: iniciação**. Brasília: Plano, 2002.

NORDIN, M; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema musculoesquelético**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

PALERMO, J. L. Epicondilite lateral em jogadores de tênis. **Reabilitar** v. 20, n. 5, p. 56-58, 2003.

PÍFFERO, C. M; VALENTINI, N. C. Habilidades especializadas do tênis: um estudo de intervenção na iniciação esportiva com crianças escolares. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte**, São Paulo, v.24, n.2, p.149-63, abr./jun. 2010.

PINTO, F. P. Conhecimento dos treinadores de tenistas juvenis sobre a periodização e o treinamento esportivo. **Monografia apresentada à Universidade Estadual Paulista**, Bauru, 2007.

PIRES, D; OLIVEIRA, R. Lesões no sistema músculo-esquelético em tenistas portugueses. **Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto**, v.4, n. 2, p.15-22, 2008.

POMPEU, F. A. M. S. **Guia para estudos em biodinâmica do movimento humano**: normas, referências, procedimentos metodológicos e análises estatísticas no desenvolvimento de pesquisas científicas. São Paulo: Phorte, 2006.

READ, M. M.; CISAR, C. The influence of varied rest interval lengths on depth jump performance. **J. of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 3, p. 279-283, 2001.

REID, M; ELLIOTT, B; ALDERSON, J. Shoulder joint loading in the high performance flat and kick tennis serves. **Br. J. Sports Med**, v. 41, p. 884-889, 2007.

REID, M; ELLIOTT, B; ALDERSON, J. Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. **J. of American College of Sports Medicine**, v. 8, p. 308- 315, 2008.

REID, M; WHITESIDE, D; ELLIOTT, B. Effect of skill decomposition on racket and ball kinematics of the elite junior tennis serve. **Sports Biomech**, v. 9, n. 4, p. 296-303, 2010.

RIBAS, M. R. et al. Perfil morfofisiológico e somatotipológico de jovens atletas da modalidade tênis de campo. **Revista UNIANDRADE**, v. 14, n. 3, p. 229-240, 2013.

RODRIGUES, O. A. F. Teste de agilidade para tênis proposto por Monte (2004):Um estudo comparativo com tenistas e não tenistas. **Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2007.

ROETERT, E.P; ELLENBECKER, T.S; BROWN, S. W. Shoulder internal and external rotation range of motion in nationally ranked junior tennis players: A longitudinal analysis. **J. Strength Cond. Res**, v. 14, n. 2, p. 140–143, 2000.

SAKURAI, S. et al. Direction of spin axis and spin rate of the ball in tennis service. **J. Biomech**, v. 40, n. 2, p.197, 2007.

SÁNCHEZ, C. et al. Anthropometric characteristics, body composition and somatotype of elite junior tennis players. **Br. J. Sports Med**,v. 41, p. 793–799, 2007.

SANTOS, G. S. dos (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada à Educação Física**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SHEETS, A. L. et al. Kinematics differences between the flat, kick, and slice serves measured using a markerless motion capture method. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 39, n. 12, p. 3011–3020, dec. 2011.

SOUZA, G. M. R. et al. Incidência de lesões traumáticas em praticantes de tênis. Disponível em <<http://www.fisionet.com.br/monografias/interna.asp?cod=10>> Acesso em: 22 fev. 2012.

SUBIJANA, C; NAVARRO, E. Kinetic energy transfer during the tennis serve. **Biology of Sport**, v. 27, n. 4, p. 279-287, 2010.

SWEENEY, M. et al. Lower limb and trunk function in the high performance tennis serve. **Asian J. of Exerc. and Sport. Sci.**, v. 9, n. 1, p. 13-20, 2012.

TABACHNICK, B. G; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**.5 ed. USA: Pearson Education, 2007.

TURATO, E. R. **Tratado da metodologia da pesquisa clínico-qualitativa**: construção teórico-epistemológica, discussão comparada e aplicação nas áreas da saúde e humanas. Petrópolis: Vozes, 2003.

UGRINOWITSCH, C; BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a "performance" no salto vertical. **Revista Paulista de Educação Física**,v. 12, n. 1, p. 85-94, 1998.

URBÁN, T. HERNÁNDEZ-DAVÓ, H.; MORENO, F. J.Variabilidad cinemática em relación com el rendimiento em el saque em jóvenes tenistas. **Motricidad. European J. of Human Movement**, v. 29, p. 49-60, 2012.

VASCONCELLOS, D. I. C. et al. Determinantes na transição de carreira no tênis: o caminho para o circuito profissional. **EFDeportes.com, Revista Digital**, Buenos Aires, v. 10, n. 91, dic. 2005.Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>>. Acesso em: 22 fev. 2012.

VIEL, E. **A marcha humana, a corrida e o salto** – biomecânica, investigações, normas e disfunções. São Paulo: Manole, 2001.

WHITESIDE, D. et al. A kinematic comparison of successful and unsuccessful tennis serves across the elite development pathway. **Human Movement Science**, v. 32, p. 822–835, 2013.

XSENS TECHNOLOGIES B.V. All rights reserved. **Information in this document is subject to change without notice. Xsens is a registered trademark of Xsens Technologies B.V**, 2010.

APÊNDICE A
FICHA CADASTRAL

| FICHA CADASTRAL | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Nome: _____ | | Sexo: _____ |
| Número de Identificação: _____ | Idade: _____ | |
| D N: _____ | | |
| Clube/Escolinha Treinamento: _____ | | |
| Tempo de Treinamento: _____ | | |
| Números de torneios por ano: _____ | | |
| Frequência de treinamento semanal: _____ | | |
| Duração do treinamento (em horas): _____ | | |
| Estatura: _____ | Envergadura: _____ | Comp. Braço D: _____ |
| Comp. Braço E: _____ | Comp. Antebraço D: _____ | Comp. Antebraço E: _____ |

APÊNDICE B
ESTUDO PILOTO

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

- a) Avaliar a viabilidade do estudo e de parâmetros operacionais.

Objetivos Específicos:

- a) Identificar e selecionar os instantes de análise do saque, a fim de obter maior precisão para as futuras análises quantitativas dos parâmetros cinemáticos;
- b) Definir a frequência de aquisição dos dados;
- c) Selecionar as variáveis cinemáticas do estudo;
- d) Testar e definir os instrumentos de medida e seus respectivos filtros;
- e) Sequência a ser realizada no procedimento de coleta de dados;
- f) Determinar o tempo para cada etapa da coleta de dados;
- g) Definir o número de repetições a serem executadas e utilizadas;

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO PILOTO

- Local e data:

O estudo piloto foi realizado nos dias 18 de outubro de 2013 no Clube Comercial – Simonetti Tennis Team na cidade de Passo Fundo-RS, e no dia 5 de novembro de 2013 no Clube Jurerê Sport Center – Academia Marcos Peres Tênis na cidade de Florianópolis-SC.

- Sujeitos do estudo:

Participaram do estudo piloto 02 tenistas do sexo masculino com idade de 17 anos, participantes da categoria infanto-juvenil 18 anos. Tempo de treinamento dos participantes mínimo de 05 e máximo de 10 anos; com frequência semanal de treinamento mínimo 03 e máximo 05 vezes e; duração de treinamento mínimo 03 e máximo 04 horas.

- Procedimentos preliminares:

Foram adotados os seguintes procedimentos para coleta de dados:

- k) Submissão e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da UDESC através do Parecer Consubstanciado número 412.987.

- l) Contato com os técnicos e tenistas das academias de tênis para exposição do projeto de pesquisa e agendamento das coletas;
- m) No dia e horário agendados os tenistas compareceram no local de treinamento onde foram conduzidos até o local da coleta pelos pesquisadores;
- n) Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos pais;
- o) Primeiramente organizou-se o ambiente de coleta para montagem das câmeras e selecionada a frequência de aquisição das imagens em 210Hz;
- p) Após a montagem das câmeras foram inseridos os rastreadores de movimento inercial (MTx e MTx-L) dentro dos *straps*;
- q) Após a organização do ambiente foi preenchida pelo pesquisador a ficha cadastral (Apêndice A) com os dados de identificação, na qual cada atleta recebeu uma identificação numérica (código) para assegurar o seu anonimato (Etapa 01);
- r) Antes do período de aquisição das imagens, os atletas passaram por um período suficiente de familiarização com os pesquisadores e com os instrumentos após a colocação dos *straps* que consistiu em 10 minutos, divididos em 5 minutos de aquecimento onde os tenistas realizaram atividades como: trotar, saltitar, correr, conforme rotineiramente realizam nas competições e em seus treinamentos e; 5 minutos de adaptação para realizar saques e trocas de bola a vontade. O tempo de 10 minutos foi o tempo necessário para que se adaptassem com o instrumento, segundo os próprios tenistas.

- s) Após o período de familiarização e aquecimento foi selecionada a frequência de aquisição dos dados do sistema *Xsens MVN Studio* em 120Hz e realizada a calibração através das quatro posições orientadas pelo sistema sendo elas: *N pose*; *T pose*; *Squat e*; *Hand Touch*.
- t) Neste estudo a frequência de aquisição adotada foi de 120 Hz para as centrais inerciais (capacidade máxima do sistema *Xsens MVN Studio*) e 210 Hz para as câmeras de vídeo, em função dos estudos sobre os fundamentos das técnicas do saque que utilizaram a cinemetria (BAHAMONDE, 2000; CRESPO, REID, 2003; DUROVIC, 2008; ELLIOTT, 1995; ELLIOTT, 2003; FLEISIG, 2003; REID, 2008; SAKURAI, 2007; SHEETS, 2011; SUBIJANA, 2010), e pela rapidez com que é executado o movimento do saque, de modo que se possa identificar exatamente o quadro de transição entre os movimentos de interesse e para melhor determinação dos pontos de corte.

- Coleta de dados propriamente dita:

Na coleta de dados foram adotados os seguintes procedimentos (Etapa 02):

- u) O sujeito foi orientado a realizar o primeiro saque (tipo *flat*, com pouco efeito), com a maior força e velocidade possível, devendo iniciar a execução ao comando verbal do pesquisador;

- v) O sujeito posicionou-se na área de saque correspondente ao lado onde se inicia o game (lado direito da quadra ou lado de igualdade);
- w) As câmeras para aquisição das imagens para a identificação dos “eventos chaves” foram ligadas permanecendo gravando por toda a coleta, sem intervalos entre os saques;
- x) O comando “pode sacar” foi dado pelo pesquisador e o atleta iniciou a execução dos saques;
- y) Ao término do saque, quando o pé entrou em contato com o solo foi parada a aquisição do movimento no sistema das centrais inerciais (*Xsens MVN Sistem*);
- z) Foram coletados um mínimo de 10 e máximo de 20 execuções do saque com intervalos de 30 segundos entre eles, até que o tenista atingisse a marca de 05 saques válidos, ou seja, dentro da área de saque do adversário. Este intervalo de 30 segundos é suficiente para a recuperação plena dos sujeitos (READ; CISAR, 2001), e é necessário para que o sistema esteja apto a realizar uma nova coleta;
- aa) Dos 05 saques, três foram utilizados para análise sendo excluídos 02 que obtiveram o maior e menor valor de velocidade angular e linear máxima, para a exclusão de extremos, sendo calculada posteriormente a média dos três saques de cada sujeito;
- bb) O tempo de preparação do local, do sujeito e da coleta durou 1 hora e 30 minutos.

AQUISIÇÃO, ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados foi feito de acordo com cada etapa do estudo:

- a. Foram analisadas as imagens obtidas através das câmeras de vídeo juntamente com as imagens das centrais inerciais e seus respectivos instantes para a verificação das características de posicionamento dos segmentos corporais (membros inferiores, tronco-quadril e membros superiores) de acordo com os “eventos chave” definidos.
- b. Para este estudo piloto, através das imagens geradas pelo software das centrais foram feitas as definições de indicadores cinemáticos (ângulos articulares) e determinados os pontos de corte dos valores para subsidiar os critérios para proposição da caracterização quantitativa do movimento.
- c. Finalizada a aquisição, os dados foram filtrados com filtro digital *LXsolver* (light smoothing), nas 3 coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral), para minimização dos erros provenientes dos ruídos durante a coleta.
- d. Em seguida foram selecionados e salvos os quadros referentes aos três eventos chave da execução do saque.
- Para fins de análise do estudo piloto foram utilizados os valores das variáveis cinemáticas (ângulos articulares) em dois eventos chave definidos na execução do saque: *Máxima rotação externa*

do ombro (*MRE*) e *Instante de impacto (IM)*, da articulação do ombro, ângulos de Rotação Externa e Rotação Interna, sobre o Eixo Y (vertical).

- As imagens foram analisadas qualitativamente a fim de verificar a efetiva realização do saque, para cada repetição. Os saques considerados falhos foram eliminados do estudo.
- As imagens foram cortadas no início e no fim de cada execução do saque registrando-se os tempos de corte e arquivadas em pastas de acordo com o número de cada sujeito;
- Os valores dos ângulos articulares foram calculados pelo sistema *X-sens MVN Studio* e exportados, em formato *MVNX (MVN Open XML format)*, que contém como padrão dados sobre a posição em 3D, para planilhas do *Excel*.
- Posteriormente os dados contidos nas planilhas do *Excel* foram importados para o *Software Scilab 5.4.1*, onde foram criadas rotinas para calcular os valores angulares referentes aos instantes de análise.

RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos de acordo com os objetivos específicos definidos neste estudo piloto.

- Familiarizar os pesquisadores com o ambiente, instrumentos de coleta de dados e procedimentos:

Os resultados deste objetivo permitiram definir o local da coleta que consiste em uma quadra de tênis para a prática deste esporte. As

duas filmadoras foram acopladas cada uma a um tripé e posicionadas perpendicularmente ao plano do movimento do saque, uma no fundo da quadra a uma distância mínima de 2,10 m (Figura 5) e, a segunda câmera na lateral da quadra perpendicular a linha de fundo (Figura 6) a uma distância mínima de 2,10 m, para que o movimento fosse visualizado completamente. Foi definida também a localização da estação do sistema de análise dos dados (*Xsens MVN System*) e os procedimentos a serem seguidos durante a coleta dos dados.



Figura 5: Local de aquisição das imagens, câmera posterior.



Figura 6: Local de aquisição das imagens, câmera lateral.

- Determinar o tempo necessário para a segunda etapa da coleta dos dados:

Para a Etapa 01 o tempo necessário para o preenchimento da ficha cadastral foi de 1 minuto, para a Etapa 02 (cinemetria) o tempo necessário para preparação do local (montagem das câmeras e inserção dos rastreadores de movimento inercial MTx e MTx-L dentro dos *straps*) foi de 40 minutos. Para fixação dos *straps* no participante o tempo foi de 20 minutos. Foi disponibilizado um tempo de 10 minutos de aquecimento incluindo 5 minutos de saque para adaptação. Entre a preparação e execução do saque o tempo foi de 5 segundos. Sendo no mínimo 10 e no máximo 20 execuções, o intervalo entre eles foi de 30 segundos. O tempo total desta etapa será de 1 hora e 30 minutos apenas para o primeiro sujeito, e para os demais 1 hora, não sendo necessária a

preparação do local. Sendo assim, esta etapa será realizada em 30 dias considerando que serão analisados 40 atletas, dependendo também das condições climáticas para a realização da pesquisa por ser em ambiente aberto.

- Determinar e caracterizar as variáveis do estudo:

A seguir seguem os resultados da Etapa 2 (cinemetria) dos dois sujeitos da categoria 18 anos que participaram do estudo piloto.

Os dados referentes aos ângulos de máxima rotação externa (MRE) do ombro direito, no 2º “Evento chave” (MRE), marcado pelo início da fase de aceleração até o instante de impacto (IMP) entre raquete e bola que marca o 3º “Evento chave”, para os 3 saques analisados (T1, T2 e T3), estão apresentados na Tabela 3 e ilustrados nos Gráficos 1a, 1b e 1c. Todos os movimentos analisados ocorreram sobre o Eixo Y (vertical) que mede os movimentos de rotação, para este estudo piloto.

TABELA 3: Ângulos (°) MRE do ombro D no 2° “Evento chave” para o Sujeito 1 e Sujeito 2, nos 3 saques.

| | S1 | S2 | $\bar{X}_{S1/S2}$ |
|-----------|------------|-----------|-------------------|
| T1 | -34,178053 | -82,2353 | -58,20668 |
| T2 | -38,548948 | -87,88948 | -63,21922 |
| T3 | -39,676383 | -75,68644 | -57,68141 |
| \bar{X} | -37,467795 | -81,93707 | -59,70243 |
| <i>sd</i> | 2,90423442 | 6,1069861 | 3,0569253 |
| CV% | -8% | -7% | -5% |

2° Evento chave: MRE (°) ombro D

Fonte: Elaborada pelo autor

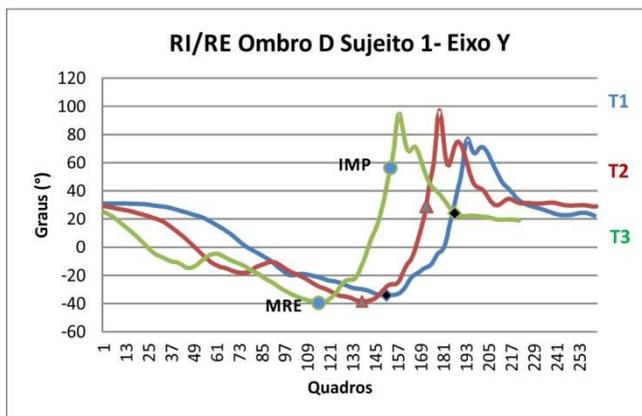


Gráfico 1a: Representação gráfica do ângulo de rotação externa/rotação interna do ombro direito, nos 3 saques para o Sujeito 1.

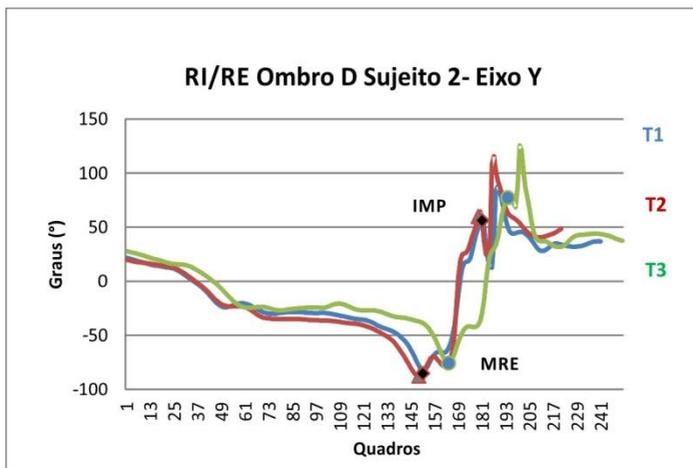


Gráfico 1b: Representação gráfica do ângulo de rotação externa/rotação interna do ombro direito, nos 3 saques para o Sujeito 2.

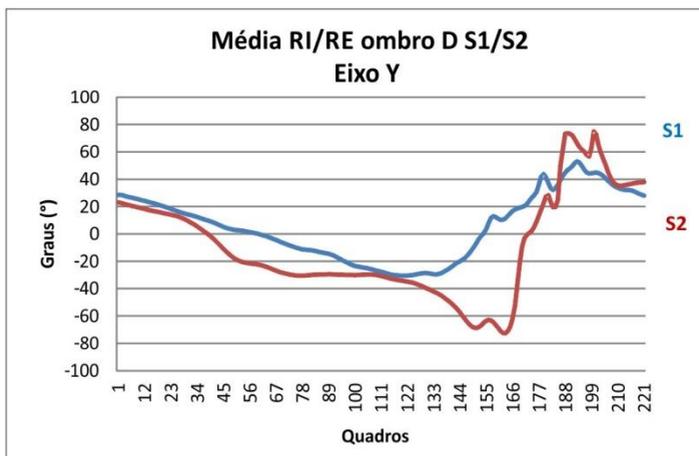


Gráfico 1c: Representação gráfica da média dos 3 saques, do movimento de rotação externa/rotação interna do ombro direito, para o Sujeito 1 e Sujeito 2.

Analisando os dados da Tabela 3, observa-se que a média do ângulo de MRE do ombro para o S2 é maior que para o S1 ($-81,93^\circ$ e $-37,46^\circ$ respectivamente). Neste sentido percebe-se que nesta fase do saque, os ângulos de rotação desta articulação são elevados, devido ao fato de que partindo deste instante inicia-se a aceleração do ombro para o contato da raquete com a bola. Os movimentos do ombro sobre o Eixo Y (rotação) foram definidos pelo sistema das centrais inerciais como sendo negativos quando rodados externamente, explicando dessa maneira o sinal dos valores apresentados na tabela acima.

Em relação aos índices de variabilidade dos sujeitos, tanto o S1 como o S2 apresentaram pequena variabilidade ($<10\%$) nos valores de rotação máxima do ombro nos 3 saques analisados, indicando uma pequena variação, sugerindo que os sujeitos mantêm um padrão de movimento entre as execuções do saque neste instante específico. Nota-se que quando comparados os sujeitos, há também pequena variabilidade (5%) no ângulo de rotação máxima do ombro, no 2º evento chave (MRE), mostrando uma homogeneidade entre os sujeitos (DORIA FILHO, 1999).

No que se refere aos ângulos de rotação externa e interna do ombro direito, durante a execução do saque, ilustrados nos Gráficos 1a, 1b e 1c, é possível destacar que: a) o maior tempo de execução do saque ($t=2.10s$) e o menor valor de rotação externa do ombro foram encontrados para o Sujeito 1 (Gráfico 1a); b) os maiores valores de rotação externa do ombro, e um determinado padrão referente ao tempo em que ocorre o instante de máxima rotação externa foram encontrados para o Sujeito 2, com tempo total de execução do saque de $t=2.00s$ (Gráfico 1b); c) o Sujeito 1 atingiu o 2º evento chave (MRE do ombro)

antes, aproximadamente $t=1s$ de um total de $t=1.84s$ (tempo médio dos dois sujeitos) de execução do saque, porém com menor valor no ângulo de RE do ombro comparado ao Sujeito 2 (Gráfico 1c).

Ainda nos Gráficos 1a e 1b, observa-se que: a) para o S1 no T1 o instante em que ele atinge a MRE do ombro direito está localizado no quadro 150, sendo o equivalente a $t=1.25s$ do movimento completo do saque, no T2 a MRE ocorreu no quadro 138, equivalente a $t=1.15s$ e, no T3 a MRE ocorreu no quadro 115, equivalente a $t=0.95s$; b) para o S2 no T1 o instante em que ele atinge a MRE do ombro direito é no quadro 151, sendo equivalente a $t=1.25s$, no T2 a MRE ocorreu no quadro 149, equivalente a $t=1.24s$ e, no T3 a MRE ocorreu no quadro 164 equivalente a $t=1.36s$.

Aprofundando a análise do ângulo de máxima rotação externa do ombro, o que caracteriza o 2º evento chave, destaca-se a diferença entre os valores máximos apresentados na Tabela 3 para os Sujeitos 1 e 2 ($-39,67^\circ$ T3 e $-87,88^\circ$ T2 respectivamente). De acordo com os valores de MRE do ombro direito apresentados por estudos anteriores (FLEISIG *et al.* 2003; ELLIOTT *et al.* 2003) realizados com tenistas profissionais ($172\pm 12^\circ$ e $169\pm 9^\circ$ respectivamente), os ângulos de MRE para os dois sujeitos expostos na tabela acima são baixos, porém devemos levar em consideração a idade, tempo de prática dos sujeitos e o instrumento de análise, sendo que as centrais inerciais medem as variações angulares dos segmentos de forma isolada. Segundo Fleisig (p.57, 2003) estes valores elevados de MRE encontrados em estudos anteriores, podem ser referentes a uma combinação de movimentos entre as articulações gleno-umeral, escapulo-torácica e o movimento de extensão do tronco

conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7: 2º Evento chave- Máxima Rotação Externa (MRE).

O instante de MRE do ombro marca o início da fase de aceleração e o ciclo de armazenamento de energia elástica da musculatura do complexo do ombro, o que conseqüentemente auxilia no movimento de rápida rotação interna, sendo esta uma ação muscular que contribui de maneira expressiva para gerar saques de alta velocidade (KONDA, 2010; SUBIJANA, NAVARRO, 2009; ELLIOTT, 1995).

Na Tabela 4 estão descritos os valores angulares de rotação interna (RI) do ombro no 3º evento chave, instante de impacto (IMP) entre raquete e bola:

TABELA 4: Ângulos ($^{\circ}$) RI do ombro D no 3 $^{\circ}$ “Evento chave” para o Sujeito 1 e Sujeito 2, nos 3 saques.

| | S1 | S2 | \bar{X} S1/S2 |
|-----------|------------|-----------|-----------------------------------|
| T1 | 24,893804 | 54,489482 | 39,691643 |
| T2 | 29,217228 | 51,999692 | 40,60846 |
| T3 | 56,200252 | 68,309214 | 62,254733 |
| \bar{X} | 36,770428 | 58,266129 | 47,518279 |
| <i>sd</i> | 16,9650094 | 8,7862066 | 12,770374 |
| CV% | 46% | 15% | 27% |

3 $^{\circ}$ Evento Chave (IMP): RI Ombro D

Fonte: Elaborada pelos autores

Analisando os dados da Tabela 4 observa-se que os maiores valores de RI do ombro D no instante de impacto são apresentados pelo Sujeito 2 (68,30 $^{\circ}$ T3) que aconteceram no quadro 192, equivalente a 1.6 segundos do movimento completo do saque de acordo com o Gráfico 1b. Para o S1 o saque T3 também apresentou maior valor de RI (56,20 $^{\circ}$) do ombro, no instante de impacto, no quadro 153 equivalente a 1.27 segundos do movimento completo do saque de acordo com o Gráfico 1a.

No que se refere aos índices de variabilidade dos sujeitos, tanto o S1 como S2 apresentaram grande variabilidade (>10%) nos valores de RI do ombro nos 3 saques analisados, neste instante específico (4 $^{\circ}$ evento chave, IMP). Contudo entre os sujeitos, o S1 apresentou altíssima variabilidade (46%) sugerindo que não assume um padrão de movimento neste instante. O S2 por sua vez também apresentou alta

variabilidade (15%), porém neste caso percebe-se uma proximidade de um padrão de movimento nesta fase do saque. Entretanto pode-se afirmar que existe uma heterogeneidade entre os sujeitos que apresentaram uma variabilidade de 27% no 3º evento chave, o instante de impacto entre raquete e bola conforme Figura 8.



Figura 8: 3º Evento chave- Instante de Impacto (IMP).

O movimento de RI do ombro tem uma importante função para gerar saques de alta velocidade, podendo atingir valores de velocidade angular de até $2420^{\circ}/s$ em tenistas profissionais do sexo masculino (FLEISIG *et al.* 2003). Segundo Reid *et al.* (2007) tenistas adultos de alto desempenho podem atingir ângulos de rotação interna do ombro no instante do impacto de até $41,6^{\circ} (\pm 18,5^{\circ})$ no saque tipo *flat* e até $64,4^{\circ} (\pm 14,3^{\circ})$ no saque tipo *Kick* (maior efeito na bola). De acordo com

Roetert *et al.* (2000) tenistas com idade de 17 anos atingem amplitudes médias de movimento de RI do braço dominante de $49,94^\circ$, medidas estas realizadas com o goniômetro, corroborando com a média dos dois sujeitos do presente estudo ($47,51^\circ$).

Frente aos resultados apresentados, acredita-se que os resultados obtidos servem como indicadores de desempenho, e poderão ser considerados como valores de referências para análises posteriores.

CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO PILOTO

Com base nos objetivos propostos e nos resultados do estudo piloto concluiu-se que:

- a) Foi possível identificar, selecionar e analisar os instantes de análise do movimento do saque;
- b) Foi possível definir a frequência de aquisição dos dados em 120 Hz para o sistema das centrais inerciais;
- c) Foi possível selecionar as variáveis cinemáticas do estudo, sendo que as variáveis analisadas no estudo piloto correspondentes ao 2° e 3° eventos chave da execução do saque foram: ângulo de máxima rotação externa do ombro direito e ângulo de rotação interna do ombro direito. Diante dos resultados verificou-se que os deslocamentos angulares da articulação do ombro são diferentes entre os dois eventos chave definidos para o estudo. Entretanto devem apresentar: 1) valores médios de $-59,70^\circ$ de rotação

externa para sujeitos da categoria 18 anos; 2) para a rotação interna não devem apresentar um padrão definido no instante de impacto; 3) o tempo de execução do saque para tenistas desta categoria deve ser em torno de 3 segundos.

- d) Os instrumentos de medida e propostos e seus respectivos filtros são adequados para a análise cinemática do saque no tênis;
- e) A sequência adotada para o procedimento de coleta foi adequada para a realização do estudo;
- f) O tempo médio para a coleta de dados será de 1 hora e 30 minutos por sujeito;
- g) O número de repetições definido para a coleta de dados será de no máximo 20 saques, até que o tenista atinja a marca de 05 saques válidos. Caso atinja esta marca nos primeiros 05 saques, a coleta será finalizada.

APÊNCIDE C - TABELA 4 PERFIL TÉCNICO DOS TENISTAS

| Variáveis Categoria | TENISTAS | TEMPO DE TREINO (anos) | | FREQUENCIA DE TREI SEMANAL | | PARTICIPAÇÕES COMPETIÇÕES (último ano) | |
|------------------------|----------------|---------------------------|------|-------------------------------|------|--|-------|
| | | n | x | n | x | n | x |
| 12 anos | SUJ. 9 | 2 | 4,30 | 5 | 3,80 | 10 | 5,02 |
| | SUJ. 10 | 1 | | 3 | | 3 | |
| | SUJ. 12 | 4 | | 3 | | 1 | |
| | SUJ. 14 | 7 | | 3 | | 1 | |
| | SUJ. 16 | 6 | | 3 | | 1 | |
| | SUJ. 22 | 6 | | 5 | | 16 | |
| | SUJ. 29 | 4 | | 4 | | 4 | |
| | SUJ. 30 | 1 | | 4 | | 1 | |
| | SUJ. 31 | 6 | | 3 | | 7 | |
| | SUJ. 39 | 6 | | 5 | | 8 | |
| 14 anos | SUJ. 1 | 6 | 3,85 | 3 | 3,54 | 18 | 9,23 |
| | SUJ. 3 | 1 | | 3 | | 10 | |
| | SUJ. 7 | 2 | | 3 | | 12 | |
| | SUJ. 8 | 6 | | 3 | | 10 | |
| | SUJ. 13 | 3 | | 3 | | 2 | |
| | SUJ. 15 | 5 | | 5 | | 20 | |
| | SUJ. 17 | 7 | | 3 | | 5 | |
| | SUJ. 21 | 3 | | 5 | | 7 | |
| | SUJ. 27 | 7 | | 4 | | 8 | |
| | SUJ. 34 | 3 | | 5 | | 4 | |
| | SUJ. 38 | 1 | | 3 | | 12 | |
| | SUJ. 41 | 4 | | 3 | | 8 | |
| | SUJ. 44 | 2 | | 3 | | 4 | |
| | 16 anos | SUJ. 4 | | 2 | | 4,10 | |
| SUJ. 5 | | 3 | 3 | 5 | | | |
| SUJ. 6 | | 3 | 3 | 3 | | | |
| SUJ. 19 | | 7 | 5 | 15 | | | |
| SUJ. 23 | | 5 | 4 | 4 | | | |
| SUJ. 28 | | 8 | 4 | 6 | | | |
| SUJ. 37 | | 5 | 4 | 20 | | | |
| SUJ. 40 | | 1 | 3 | 5 | | | |
| SUJ. 42 | | 3 | 4 | 1 | | | |
| SUJ. 43 | | 4 | 4 | 2 | | | |
| 18 anos | SUJ. 18 | 6 | 7,89 | 3 | 4,33 | 3 | 14,22 |
| | SUJ. 20 | 8 | | 5 | | 20 | |
| | SUJ. 24 | 8 | | 5 | | 20 | |
| | SUJ. 26 | 13 | | 6 | | 25 | |
| | SUJ. 32 | 5 | | 3 | | 7 | |
| | SUJ. 33 | 5 | | 5 | | 18 | |
| | SUJ. 35 | 9 | | 6 | | 15 | |
| | SUJ. 36 | 7 | | 3 | | 10 | |
| | SUJ. 45 | 10 | | 3 | | 10 | |
| | h GERAL | 42 SUJEITOS | | | | 4,88 | |

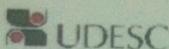
APÊNDICE D

DIFERENÇAS ENTRE SEXOS PARA AS VARIÁVEIS ANGULARES

| VARIÁVEIS | Categoria | SEXO | n | \bar{x} | sd | t | p |
|------------|-----------|------|----|-----------|-------|--------|-------|
| FCD1° EC | 12 anos | M | 8 | 78,18 | 11,59 | -0,466 | 0,654 |
| | | F | 2 | 84,09 | 33,42 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 83,17 | 22,61 | -0,180 | 0,860 |
| | | F | 2 | 86,16 | 1,26 | | |
| FTD1° EC | 12 anos | M | 8 | 19,15 | 14,97 | -1,532 | 0,164 |
| | | F | 2 | 36,26 | 5,12 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 3,13 | 42,59 | -0,914 | 0,380 |
| | | F | 2 | 31,68 | 5,65 | | |
| FTE1° EC | 12 anos | M | 8 | 19,32 | 9,60 | -1,300 | 0,230 |
| | | F | 2 | 29,46 | 11,52 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 24,45 | 8,40 | -0,816 | 0,432 |
| | | F | 2 | 29,49 | 1,34 | | |
| FJD1° EC | 12 anos | M | 8 | 45,10 | 24,62 | -1,894 | 0,095 |
| | | F | 2 | 79,81 | 7,21 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 66,90 | 15,30 | -0,714 | 0,490 |
| | | F | 2 | 76,13 | 27,67 | | |
| FJE1° EC | 12 anos | M | 8 | 62,69 | 21,61 | -1,315 | 0,225 |
| | | F | 2 | 85,66 | 25,22 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 68,81 | 13,94 | -0,668 | 0,518 |
| | | F | 2 | 76,46 | 22,38 | | |
| FQD1° EC | 12 anos | M | 8 | -1,59 | 20,98 | -1,736 | 0,121 |
| | | F | 2 | 25,51 | 6,19 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 7,30 | 17,76 | -0,161 | 0,875 |
| | | F | 2 | 9,42 | 8,52 | | |
| FQE1° EC | 12 anos | M | 8 | 4,95 | 9,41 | -2,988 | 0,017 |
| | | F | 2 | 25,81 | 1,80 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 10,32 | 12,04 | 0,835 | 0,422 |
| | | F | 2 | 2,90 | 4,67 | | |
| ROTR01° EC | 12 anos | M | 8 | -4,02 | 2,95 | -2,985 | 0,017 |
| | | F | 2 | 7,32 | 11,12 | | |
| | 14 anos | M | 11 | -2,69 | 2,16 | 0,717 | 0,489 |
| | | F | 2 | -3,84 | 1,02 | | |
| ABD1° EC | 12 anos | M | 8 | 78,35 | 20,38 | 0,015 | 0,989 |
| | | F | 2 | 78,06 | 42,44 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 81,70 | 21,40 | -1,255 | 0,236 |
| | | F | 2 | 105,89 | 48,35 | | |

| VARIÁVEIS | Categoria | SEXO | n | \bar{x} | sd | t | p | | |
|------------|-----------|------|----|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|
| FCD2° EC | 12 anos | M | 8 | 88,81 | 18,38 | -0,149 | 0,885 | | |
| | | F | 2 | 90,93 | 15,68 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | 110,48 | 13,53 | | | 0,234 | 0,819 |
| | | F | 2 | 107,86 | 22,54 | | | | |
| FOD2° EC | 12 anos | M | 8 | 33,15 | 18,19 | 0,655 | 0,531 | | |
| | | F | 2 | 21,35 | 42,87 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | 24,33 | 14,14 | | | -1,844 | 0,092 |
| | | F | 2 | 45,45 | 21,01 | | | | |
| ROD2° EC | 12 anos | M | 8 | -112,66 | 21,24 | -4,227 | 0,003 | | |
| | | F | 2 | -45,28 | 9,59 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | -93,27 | 19,67 | | | 1,021 | 0,329 |
| | | F | 2 | -108,00 | 2,11 | | | | |
| EXTRO2° EC | 12 anos | M | 8 | -3,31 | 1,81 | -2,262 | 0,054 | | |
| | | F | 2 | 0,08 | 2,41 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | -3,46 | 1,62 | | | 2,803 | 0,017 |
| | | F | 2 | -6,80 | 0,41 | | | | |
| ROTRO2° EC | 12 anos | M | 8 | -2,96 | 3,23 | -2,072 | 0,072 | | |
| | | F | 2 | 6,35 | 13,62 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | -3,04 | 1,35 | | | 0,627 | 0,543 |
| | | F | 2 | -3,70 | 1,66 | | | | |
| ABD2° EC | 12 anos | M | 8 | 103,44 | 14,40 | 1,751 | 0,118 | | |
| | | F | 2 | 69,72 | 57,41 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | 97,01 | 24,66 | | | -1,289 | 0,224 |
| | | F | 2 | 120,34 | 3,58 | | | | |
| FCD3° EC | 12 anos | M | 8 | 34,46 | 12,17 | -0,865 | 0,412 | | |
| | | F | 2 | 48,13 | 46,52 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | 43,83 | 21,76 | | | 0,006 | 0,995 |
| | | F | 2 | 43,72 | 27,83 | | | | |
| FOD3° EC | 12 anos | M | 8 | 30,88 | 15,65 | 0,648 | 0,535 | | |
| | | F | 2 | 20,57 | 39,07 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | 27,62 | 14,20 | | | -1,446 | 0,176 |
| | | F | 2 | 43,47 | 14,82 | | | | |
| ROD3° EC | 12 anos | M | 8 | -102,58 | 19,26 | -4,547 | 0,002 | | |
| | | F | 2 | -36,72 | 9,38 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | -82,05 | 20,56 | | | -0,940 | 0,368 |
| | | F | 2 | -66,37 | 30,92 | | | | |
| FPD3° EC | 12 anos | M | 8 | -45,30 | 21,88 | -0,385 | 0,710 | | |
| | | F | 2 | -37,96 | 36,10 | | | | |
| | 14 anos | M | 11 | -44,80 | 13,07 | | | 0,421 | 0,682 |
| | | F | 2 | -48,87 | 5,23 | | | | |

| VARIÁVEIS | Categoria | SEXO | n | \bar{x} | sd | t | p |
|------------|-----------|------|----|-----------|-------|--------|-------|
| ROTRO3° EC | 12 anos | M | 8 | -0,71 | 2,36 | -1,848 | 0,102 |
| | | F | 2 | 7,23 | 14,07 | | |
| | 14 anos | M | 11 | -0,70 | 1,86 | 0,279 | 0,785 |
| | | F | 2 | -1,09 | 0,84 | | |
| ABD3° EC | 12 anos | M | 8 | 105,43 | 13,10 | 2,048 | 0,075 |
| | | F | 2 | 64,35 | 62,85 | | |
| | 14 anos | M | 11 | 100,49 | 23,41 | 0,612 | 0,553 |
| | | F | 2 | 88,84 | 35,53 | | |

ANEXO 1 – Parecer Consubstanciado do CEPUNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: ANÁLISE CINEMÁTICA DO SAQUE DE TENISTAS INFANTO-JUVENIS CONSIDERANDO A CATEGORIA E NÍVEL TÉCNICO

Pesquisador: Sebastião Iberes Lopes Melo

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 20132813.2.0000.0118

Instituição Proponente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SC UDESC

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SC UDESC

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 412.987

Data da Relatoria: 01/10/2013

Apresentação do Projeto:

O projeto é adequadamente apresentado e atende às resoluções da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde. O texto é claro, objetivo e inclui informações necessárias para sua apreciação.

Objetivo da Pesquisa:

tem como objetivo geral analisar características cinemáticas do saque flat de tenistas infanto-juvenis considerando a categoria e nível técnico. Como objetivos específicos este estudo pretende: descrever as características cinemáticas da execução do saque flat considerando categoria e nível técnico; descrever a características técnicas do saque flat nas diferentes categorias e; comparar as características cinemáticas entre categorias e níveis técnicos

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apontam os riscos como mínimos, atribuindo ao fato do método da pesquisa envolver um gesto esportivo o qual o atleta está acostumado a realizar durante os treinos e jogos, no caso, o saque. Alguns benefícios estão descritos no projeto, dentre eles a contribuição para a análise cinemática do saque de tenistas infanto-juvenis, que é uma habilidade fundamental para a prática deste esporte, utilizada em todos os jogos desta modalidade. Os pesquisadores consideram a análise uma importante ferramenta para verificar se os atletas estão executando o

Endereço: Av. Madre Benvenuta, 2007

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

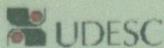
UF: SC

Município: FLORIANÓPOLIS

Telefone: (48)3321-8195

Fax: (48)3321-8195

E-mail: cepsh.reitoria@udesc.br



UNIVERSIDADE DO ESTADO
DE SANTA CATARINA - UDESC



Continuação do Parecer: 412.987

movimento do saque correspondente a categoria em que se encontram. Essa avaliação poderá auxiliar na prática do professor nos treinamentos e como forma de avaliação e classificação das atividades propostas de acordo com a categoria do praticante.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa apresenta-se bem estruturado, embasado cientificamente e com temática justificada pela literatura especializada. O texto é coerente e oferece informações necessárias para análise ética. Estão claros todos os procedimentos e ferramentas metodológicas. Serão analisadas as categorias de base de tenistas infanto-juvenis (12, 14, 16 e 18 anos), com as seguintes variáveis: ângulos articulares ($^{\circ}$), velocidade angular máxima ($^{\circ}/s$) e velocidade linear máxima (m/s), dos diferentes segmentos corporais conforme os eventos chaves das fases do saque. O estudo será realizado em clubes e/ou escolinhas de tênis nas cidades de Florianópolis/SC, Passo Fundo/RS e Carazinho/RS, envolvendo 40 atletas, de ambos os sexos, com idades entre 12 e 18 anos, com rotina de treinamento e competições, federados na Federação Catarinense de Tênis ou Federação Gaúcha de Tênis, sendo 10 de cada uma das categorias. Como instrumentos de medida serão utilizados: 1) Ficha cadastral (para caracterização dos sujeitos) e, 2) Sistema de captura de movimento inercial Xsens MVN Studio.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A folha de rosto encontra-se em anexo, agora devidamente assinada pelo responsável pela instituição proponente (UDESC). O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresenta indicativo dos itens principais previstos na Resolução 196/1996/CONEP/CNS/MS. Está estruturado de forma objetiva, os benefícios do estudo estão detalhados no texto, bem como informações referentes ao local e horário da coleta de dados.

Recomendações:

As recomendações feitas no relato anterior foram atendidas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Madre Benvenuta, 2007

Bairro: Itacorubi

CEP: 88.035-001

UF: SC

Município: FLORIANÓPOLIS

Telefone: (48)3321-8195

Fax: (48)3321-8195

E-mail: cepsh.reitoria@udesc.br

ANEXO2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Dependente

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE
SANTA CATARINA
GABINETE DO REITOR – GR
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
ENVOLVENDO SERES HUMANOS – CEPESH**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) seu(sua) filho(a)/dependente está sendo convidado a participar de uma pesquisa de mestrado, intitulada Análise Cinemática do Saque de Tenistas Infanto-Juvenis Considerando a Categoria e Nível Técnico, tendo como objetivo analisar características cinemáticas do saque *flat* de tenistas infanto-juvenis considerando a categoria, nível técnico. Com o resultado dessa análise será possível verificar se o atleta está executando o movimento do saque correspondente a categoria em que se encontra.

A avaliação de seu(sua) filho(a)/dependente será previamente marcada (dia e horário) e acontecerá no clube e/ou escolinha de treinamento que ele frequenta, durante o treino. Na análise será utilizado o sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio*. Algumas perguntas sobre os treinos de seu(sua) filho(a)/dependente poderão ser feitas, mas não é obrigatório responder a todas as perguntas e submeter-se a todas as medições. Os riscos destas avaliações serão mínimos, por envolver um gesto esportivo em que ele(ela) está acostumado a realizar durante os treinos e jogos, no caso, o saque.

A identidade do(a) seu(sua) filho(a)/dependente será preservada pois cada tenista será identificado por um número (código) para assegurar o seu anonimato, tendo acesso a esses dados apenas os pesquisadores.

Os benefícios e vantagens em participar deste estudo estão na contribuição para a análise cinemática do saque de tenistas infanto-juvenis, que é uma habilidade fundamental para a prática deste esporte, utilizada em todos os jogos desta modalidade. Analisar o saque de tenistas infanto-juvenis torna-se uma importante ferramenta para verificar se os atletas estão executando o movimento do saque correspondente a categoria em que se encontram. Essa avaliação poderá auxiliar na prática do professor nos treinamentos e como forma de avaliação e classificação das atividades propostas de acordo com a categoria do praticante.

As pessoas que estarão acompanhando os procedimentos serão a Fisioterapeuta Adriana Longhi (estudante de mestrado) e o Prof. Responsável Sebastião Iberes Lopes Melo (Professor Doutor do Curso de Educação Física da UDESC).

O(a) senhor(a) poderá retirar o(a) seu(sua) filho(a)/dependente do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento.

Solicitamos a sua autorização para o uso dos dados do(a) seu(sua) filho(a)/dependente para a produção de artigos técnicos e científicos. A privacidade do(a) seu(sua) filho(a)/dependente será mantida através da não-identificação do nome.

Agradecemos a participação do(a) seu(sua) filho(a)/dependente e a sua colaboração.

NOME DO PESQUISADOR PARA CONTATO: Adriana Longhi
NÚMERO DO TELEFONE: (48) 9983-3288
ENDEREÇO: Rua Orlando Teixeira, n° 153, Ponta das Canas, Florianópolis/SC.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL _____

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a respeito do meu(minha) filho(a)/dependente serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em meu(minha) filho(a)/dependente, e que fui informado que posso retirar meu(minha) filho(a)/dependente do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso

Assinatura _____

Local:

_____ Data: ____/____/____

ANEXO 3 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO ESTADO DE
SANTA CATARINA
GABINETE DO REITOR – GR
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
ENVOLVENDO SERES HUMANOS – CEP SH**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) senhor(a) está sendo convidado a participar de uma pesquisa de mestrado, intitulada Análise Cinemática do Saque de Tenistas Infanto-Juvenis Considerando a Categoria e Nível Técnico, tendo como objetivo analisar características cinemáticas do saque *flat* de tenistas infanto-juvenis considerando a categoria, nível técnico. Com o resultado dessa análise será possível verificar se o atleta está executando o movimento do saque correspondente a categoria em que se encontra.

A avaliação será previamente marcada (dia e horário) e acontecerá no clube e/ou escolinha de treinamento que frequenta, durante o treino. Na análise será utilizado o sistema de captura de movimento inercial *Xsens MVN Studio*. Algumas perguntas sobre os treinos poderão ser feitas, mas não é obrigatório responder a todas as perguntas e submeter-se a todas as medições. Os riscos destas avaliações serão mínimos, por envolver um gesto esportivo em que está acostumado a realizar durante os treinos e jogos, no caso, o saque.

A sua identidade será preservada, pois cada tenista será identificado por um número (código) para assegurar o seu anonimato, tendo acesso a esses dados apenas os pesquisadores.

Os benefícios e vantagens em participar deste estudo estão na contribuição para a análise cinemática do saque de tenistas infanto-juvenis, que é uma habilidade fundamental para a prática deste esporte, utilizada em todos os jogos desta modalidade. Analisar o saque de tenistas infanto-juvenis torna-se uma importante ferramenta para verificar se os atletas estão executando o movimento do saque correspondente a categoria em que se encontram. Essa avaliação poderá auxiliar na prática do professor nos treinamentos e como forma de avaliação e classificação das atividades propostas de acordo com a categoria do praticante.

As pessoas que estarão acompanhando os procedimentos serão a Fisioterapeuta Adriana Longhi (estudante de mestrado) e o Prof. Responsável Sebastião Iberes Lopes Melo (Professor Doutor do Curso de Educação Física da UDESC).

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento.

Solicitamos a sua autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Agradecemos a sua participação e a sua colaboração.

NOME DO PESQUISADOR PARA CONTATO: Adriana Longhi

NÚMERO DO TELEFONE: (48) 9983-3288

ENDEREÇO: Rua Orlando Teixeira, n° 153, Ponta das Canas, Florianópolis/SC.

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL-

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim, e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso

Assinatura _____

Local:

_____ Data: ____/____/____