

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

Lucas Moraes Klein

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NO
COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR EM ATLETAS DE
VOLEIBOL DA SELEÇÃO BRASILEIRA SUB-19**

Porto Alegre

2019

Lucas Moraes Klein

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NO
COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR EM ATLETAS DE
VOLEIBOL DA SELEÇÃO BRASILEIRA SUB-19**

Trabalho de conclusão de curso apresentado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para aprovação no curso de Licenciatura em Educação Física.

Orientador: Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl
Coorientador: Ddo. Guilherme Pereira Berriel

Porto Alegre

Dezembro de 2019

Lucas Moraes Klein

EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NO
COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR EM ATLETAS DE
VOLEIBOL DA SELEÇÃO BRASILEIRA SUB-19

Conceito final:

Aprovado em dede.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga – UFRGS

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus pelo dom e pela graça da vida. Aos meus pais, Laerte Klein e Lisiane Klein, por sempre estarem ao meu lado e me propiciarem condições de poder ingressar em uma universidade. Meu muito obrigado, sem vocês, eu não teria alcançado tal feito. À minha vó Helena e minha tia Denise, por todo o auxílio em todos os momentos da minha graduação, obrigado de coração. Aos meus primos, tios e demais familiares, por sempre se fazerem presentes, nesta minha caminhada. À minha namorada, Júlia, meu muito obrigado por sempre me ouvir, me apoiar e entender a minha ausência em determinados momentos.

Aos meus amigos, em especial àqueles que estão comigo desde o início da infância, obrigado por me apoiarem e entenderem minha ausência em determinados momentos. Adriano, Diego, Juliano e Luciano, mais uma vez, obrigado por tudo. Aos que vieram um pouco depois, Guilherme Brand, Bernardo, Guilherme Matos, Mauricio Carvalho, Pedro Santos e Lucas Führ, valeu pelo apoio de sempre.

Ao professor Krueel, por todo apoio e incentivo, desde a época da monitoria em Fisiologia do Exercício, obrigado por ter me apresentado o GPAT, um grupo de excelência, com profissionais incríveis. Ao Guilherme Berriel, por todo o auxílio na orientação deste trabalho. Aos meus colegas do GPAT, em especial à Ananda, por ter me ajudado muito no meu início na pesquisa. Não menos importantes, Pedro, Henrique, Rochelle, Artur, Cláudia e Guilherme, vocês foram incríveis durante toda a minha caminhada durante a graduação.

Aos meus colegas da barra 2016/1, obrigado por toda a parceria durante o período da graduação.

RESUMO

O Voleibol é uma modalidade esportiva que exige dos atletas, ações motoras, tais como jogadas de ataque, bloqueio e saque. Estes movimentos são realizados por meio de saltos que exigem elevada capacidade física dos jogadores, além de serem decisivos nos resultados dos jogos. Neste sentido, o treinamento pliométrico é reconhecido como importante opção de treinamento para melhora da potência. Um nível ótimo de produção de potência muscular depende de uma boa relação entre a participação do componente elástico do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) e dos níveis de força de um indivíduo. Esta relação pode ser observada através do coeficiente de potencial elástico muscular ((CMJ- SJ)/SJ*100), no qual aumentos nestes valores sugerem uma capacidade superior de utilização do CAE. Desta forma, o presente estudo objetivou analisar o efeito do treinamento pliométrico no coeficiente de potencial elástico muscular nos saltos antes e após um programa de treinamento pliométrico. Doze atletas da seleção brasileira sub-19 (idade média $18,30 \pm 0,3$ anos; massa corporal média $89,92 \pm 6,70$ kg; estatura média $194,72 \pm 16,5$ cm) participaram de um programa de treinamento pliométrico com duas sessões semanais, durante seis semanas. Nas duas primeiras semanas de treinamento, foram realizados exercícios reativos, que na sua execução, visavam o menor tempo de contato possível com o solo. Na terceira e quarta semanas, além dos saltos reativos, foram adicionados saltos para cima de um caixote, a uma determinada altura. Nas duas semanas finais, além desses dois tipos de exercícios, foi acrescido o salto *DropJump* (DJ). Para cada tipo de exercício (exercícios reativos, saltos para cima de um caixote e DJ), foram realizadas três séries de dez repetições cada, com dois minutos de intervalo entre as séries. No final da última semana, o volume total da sessão correspondeu à noventa saltos. As avaliações dos saltos SJ, CMJ e contramovimento com o uso dos braços (CMJA) foram realizadas em um tapete de saltos, antes e após o período de intervenção. Para a análise estatística e apresentação dos resultados, os dados estão descritos em média e desvio padrão. A normalidade foi avaliada pelo teste Shapiro-Wilk e, após confirmação de distribuição normal, foi utilizado o teste “t pareado” para comparação das variáveis nos momentos pré e pós-intervenção. Foi adotado o nível de significância $\alpha \leq 0,05$. Os resultados demonstraram aumentos significativos na altura média dos saltos SJ (de $37,27 \pm 4,10$ cm para $40,30 \pm 5,61$ cm; $p < 0,001$), CMJ (de $39,65 \pm 4,93$ cm para $45,15 \pm 6,20$ cm; $p < 0,001$) e CMJA (de $50,19 \pm 6,62$ cm para $52,15 \pm 7,82$ cm; $p = 0,005$). Além disso, houve um incremento significativo ($p < 0,001$) no coeficiente de potencial elástico muscular, passando de $6,25 \pm 4,33\%$ para $12,08 \pm 1,60\%$. Assim, conclui-se que o programa de treinamento pliométrico aplicado foi eficaz na otimização do coeficiente de potencial elástico muscular, uma vez que o valor médio encontrado para este índice após o programa de treinamento foi de $12,08 \pm 1,60\%$. Este valor, segundo achados na literatura, parece ser importante na otimização da relação da força muscular e a participação do CAE no desempenho dos saltos de atletas de voleibol.

Palavras chaves: voleibol; saltos; treinamento pliométrico; ciclo alongamento-encurtamento; coeficiente de potencial elástico muscular

ABSTRACT

Volleyball is a sport that requires motor actions such as attacking, blocking and serve movements from the athletes. These moves are performed through jumps that require high physical ability of players and are decisive for the results of the games. In this sense, plyometric training is recognized as an important training option for the improvement of power. An optimal level of muscle power production depends on a good relationship between the participation of the elastic component of the stretch-shortening cycle (SSC) and the individual's strength levels. This relationship can be observed through the pre-stretch augmentation ($(\text{CMJ-SJ}) / \text{SJ} * 100$), wherein an increase in these values suggests a superior capacity to use the SSC. Thus, the present study aimed to analyze the effect of plyometric training in the muscle elastic potential coefficient on jumps performed before and after a plyometric training program. Twelve Brazilian under-19 athletes (mean age 18.30 ± 0.3 years; mean body mass $89.92 \pm 6.70\text{kg}$; mean height $194.72 \pm 16.5\text{cm}$) performed a plyometric training program with two weekly sessions for six weeks. In the first two weeks of training, reactive exercises were performed, whose execution aimed at the shortest contact time with the ground. In the third and fourth weeks, in addition to reactive jumps, jumps were performed on a box at a certain height. In the final two weeks, in addition to these two types of exercises, the Drop Jump (DJ) was added. For each type of exercise (reactive exercises, box jump, and DJ), three sets of ten repetitions each were performed, with two minutes of rest between sets. At the end of the last week, the total session volume corresponded to ninety jumps. SJ, CMJ and Countermovement jump with arm swing (CMJA) assessments were performed on the contact mat before and after the intervention period. For statistical analysis and presentation of results, the data are described in mean and standard deviation. Normality was assessed by the Shapiro-Wilk test and, after the confirmation of normal distribution, paired "t test" was used to compare the variables before and after the intervention period. The significance level adopted was $\alpha \leq 0.05$. The results showed significant increases in the mean height of SJ (from $37.27 \pm 4.10\text{cm}$ to $40.30 \pm 5.61\text{cm}$; $p < 0.001$), CMJ (from $39.65 \pm 4.93\text{cm}$ to $45.15 \pm 6.20\text{cm}$; $p < 0.001$) and CMJA (from $50.19 \pm 6.62\text{cm}$ to $52.15 \pm 7.82\text{cm}$; $p = 0.005$). In addition, there was a significant increase ($p < 0.001$) in the muscle elastic potential coefficient, from $6.25 \pm 4.33\%$ to $12.08 \pm 1.60\%$. Thus, it can be concluded that the plyometric training program applied was effective in optimizing the pre-stretch augmentation, since the mean value found for this index after the training program was $12.08 \pm 1.60\%$. This value, according to the literature, seems to be important in the optimization of the muscular strength and in the participation in SSC in the volleyball athletes' jumping performance.

Key-words: volleyball; jumps; plyometric training; stretch-shortening cycle; pre-stretch augmentation

LISTA DE ABREVIATURAS

SJ	<i>Squat Jump</i>
CMJ	<i>Countermovement Jump</i>
CMJA	<i>Countermovement Jump with arm</i>
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
CPEM	Coefficiente de potencial elástico muscular

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA.....	10
1.2 OBJETIVO	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 HIPÓTESE	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 VOLEIBOL E SUAS CARCTERÍSTICAS.....	13
2.2 CICLO ALONGAMENTO-ENCURTAMENTO.....	14
2.3 TREINAMENTO PLIOMÉTRICO	15
2.4 PARÂMETROS APRESENTADOS NAS AVALIAÇÕES DE SALTO.....	17
2.5 COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR.....	18
3. METODOLOGIA	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	20
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	20
3.3 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA	20
3.4 VARIÁVEIS	20
3.4.1 Variáveis para caracterização da amostra	20
3.4.2 Variáveis dependentes	21
3.4.3 Variáveis independentes	21
3.5 TRATAMENTO DA VARIÁVEL INDEPENDENTE	21
3.6 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS	23
3.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	24
3.7.1 Ficha de coletas de dados	24
3.7.2 Balança	24
3.7.3 Tapete de contato	24
3.8 PROTOCOLOS DE TESTES.....	24
3.8.1 Altura dos saltos SJ, CMJ e CMJA	24
3.8.2 Cálculo do coeficiente de potencial elástico muscular	24
3.9 PROCESSAMENTO DOS DADOS	25
3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
4. RESULTADOS	26
5. DISCUSSÃO	28

6. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXO A.....	42

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

O voleibol é uma modalidade esportiva que exige de seus atletas, movimentos tecnicamente complexos (FUCHS et al., 2019). Dentre essas ações, os saltos consistem em um grande expoente para esta prática (SATTLER et al., 2012; SÁEZ-SÁEZ DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008). Além de ser um importante parâmetro para desempenho de jogadores profissionais, ele é um ato essencial para fundamentos importantes no desenvolver do jogo, como ataque e bloqueio, ações que exigem grande potência da musculatura de membros inferiores (SATTLER et al., 2015).

Pelo fato dos mesmos estarem diretamente envolvidos no rendimento, são constantemente avaliados através do desempenho de saltos verticais máximos, os quais muitos deles são reportados na literatura, considerados válidos e fidedignos (UGRINOWITSCH et al., 2000). Dentre eles, o *CountermovementJump* (CMJ) e o *SquatJump* (SJ) permitem uma análise adequada a determinados padrões de movimento dentro do Voleibol, sendo então muito utilizados como indicadores de performance dos atletas (CAMPOS et al., 2011).

Um importante conceito que envolve as ações dos atletas durante o jogo, é o Ciclo alongamento-encurtamento (CAE), mecanismo fisiológico que tem como função otimizar a eficiência mecânica do movimento, além de basear-se no acúmulo de energia potencial elástica durante as ações musculares excêntricas, sendo liberada na fase concêntrica subsequente na forma de energia cinética (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Sattler et al. (2012) traz uma importante relação, mostrando a presença do CAE no CMJ, o qual possui alta semelhança com o salto de ataque do voleibol, ao passo que mostra a ausência do CAE no SJ, sendo este último, muito semelhante ao gesto do bloqueio, no voleibol.

O conhecimento a respeito da participação do componente elástico (Ciclo alongamento-encurtamento) nas ações musculares de saltos dos atletas pode ser entendido a partir das diferenças entre os valores de altura dos saltos CMJ e SJ. Há uma reconhecida diferença na literatura, em favor dos valores de altura dos saltos CMJ. BOSCO et al. (1982) afirmam que a reconhecida diferença entre o CMJ e o SJ se deve ao armazenamento e a utilização da energia elástica, e portanto, uma

diferença em favor do salto CMJ seria sugestivo de uma melhor capacidade de utilização desse mecanismo. Esta participação do componente elástico nas ações musculares, pode ser avaliada através de algumas fórmulas matemáticas (SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016a). Um importante método de avaliação denomina-se Coeficiente de potencial elástico muscular (CPEM), que através da fórmula $(\text{CMJ-SJ}) / \text{SJ} * 100$ expressa em termos numéricos esta relação (WALSHE, 1996).

Dentro deste contexto, o treinamento pliométrico surge como um importante método para melhorias na agilidade, economia de movimento e principalmente da potência (FLANAGAN; COMYNS, 2008; FLANAGAN; HARRISON, 2007). É um tipo de treinamento que se utiliza do ciclo alongamento-encurtamento para melhorar consideravelmente a taxa de desenvolvimento de força, com o objetivo de promover importantes adaptações neuromusculares (LLOYD et al., 2014; MARKOVIC; MIKULIC, 2010). Melhoras no desempenho do salto vertical são reportadas em muitos estudos da literatura (ADAMS et al., 1992; DE VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012; MARKOVIC et al., 2007), ao passo que este tipo de programa de treinamento vem sendo amplamente utilizado por equipes esportivas de alto rendimento (FATOUROS et al., 2000). Baseado nesses pressupostos, uma possível otimização dos valores da relação acima citada, pode ser alcançada a partir de um planejamento de treinamento pliométrico, em atletas de alto rendimento.

Com isso, a análise da relação entre a altura dos saltos CMJ e SJ através do coeficiente de potencial elástico muscular pode ser de grande importância para comissões técnicas de equipes de voleibol de alto rendimento, visto que seu cálculo é de extrema praticidade, e partir disto, pode constituir-se como uma ferramenta de avaliação do ciclo alongamento-encurtamento em equipes profissionais de voleibol. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar o efeito de um treinamento pliométrico de 6 semanas no desempenho da altura de saltos e no coeficiente de potencial elástico muscular (CPEM) em atletas da seleção brasileira sub-19 de voleibol.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o efeito do treinamento pliométrico na otimização do coeficiente de potencial elástico muscular.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o efeito do treinamento pliométrico no desempenho da altura dos saltos SJ, CMJ e CMJA.

- Analisar o efeito do treinamento pliométrico na altura dos saltos levando em consideração as diversas posições dos atletas do grupo (Levantador, Ponteiro, Meio, Oposto, Líbero).

1.3 HIPÓTESE

A hipótese do presente estudo é de que ocorrerão aumentos nos valores individuais dos atletas nas alturas dos saltos SJ, CMJ e CMJA, e consequente otimização do coeficiente de potencial elástico muscular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VOLEIBOL E SUAS CARACTERÍSTICAS

O Voleibol é um dos esportes mais conhecidos e praticados ao redor do mundo. A habilidade de saltar verticalmente constitui-se em um importante fator de desempenho, uma vez que saltos correspondem à principal ação motora das jogadas de ataque e defesa (BITTENCOURT et al., 2005; CAMPOS et al., 2011; DA SILVA et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2011).

Uma partida de voleibol é composta por ações motoras curtas e explosivas, exigindo grande agilidade de seus atletas (HESPANHOL et al., 2007; SATTLER et al., 2012). Movimentos complexos e específicos são determinantes para o resultado do jogo (FUCHS et al., 2019). Dentre esses movimentos complexos, encontram-se jogadas de ataque, bloqueio e saque, que exigem elevada capacidade física dos jogadores, além de serem decisivos nos resultados dos jogos (BERRIEL, 2015). Tudo isso ocorre devido ao objetivo principal do jogo, que é transpor a bola em uma rede de 2,24 metros para a categoria feminina e 2,43 metros para a categoria masculina.

A partir disto, a ação motora do salto apresenta-se como um movimento desportivo muito importante dentro do Voleibol (ASHBY; HEEGAARD, 2002). Sendo assim, um ponto importante no contexto do jogo do Voleibol é a necessidade de quase todos os jogadores saltarem, exceto o líbero (BERRIEL, 2009).

A avaliação do desempenho de saltos é fundamental no voleibol, merecendo um olhar especial dentro do programa de treinamento (BORGES et al., 2017). Estas avaliações ocorrem com equipamentos tais como câmeras para análise de vídeo, tapetes de saltos ou plataformas de força (BERRIEL, 2015). Diversos são os parâmetros verificados nas avaliações de saltos, a fim de detectar mudanças, potencialidades e deficiências em aspectos relevantes do desempenho, em diversas modalidades esportivas (DA SILVA et al., 2004; DUNCAN et al., 2006).

Em análises de desempenho de saltos verticais, alguns dos saltos mais utilizados para análise são o *Squat Jump*, *Countermovement Jump* e o *Countermovement Jump with arm* (CMJA). Nesta perspectiva, Schons et al. (2018) corrobora com estas afirmações, ao mostrar que os testes CMJ e o SJ possibilitam uma análise mais específica no desenvolvimento de força e potência de membros

inferiores em relação ao teste de força isocinético, visto que o gesto motor dos mesmos aproxima-se às ações de jogo.

2.2 CICLO ALONGAMENTO-ENCURTAMENTO

O ciclo Alongamento e Encurtamento é um mecanismo fisiológico que tem como função otimizar a eficiência mecânica do movimento (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Baseia-se no acúmulo de energia potencial elástica durante as ações musculares excêntricas, sendo liberada na fase concêntrica subsequente na forma de energia potencial cinética (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Indo ao encontro com este achado da literatura, a “*National Strength and Conditioning Association Journal*” traz uma posição oficial afirmando que o CAE é caracterizado por uma desaceleração rápida de uma massa seguida quase imediatamente pela rápida aceleração da massa na direção oposta, ao constituir-se então essencial para a realização da maioria dos esportes competitivos, particularmente aqueles envolvendo corrida, saltos e mudanças rápidas de direção (MCFARLANE, 1993).

Além disso, o CAE pode ser dividido em três fases. Na fase denominada “Pré-ativação”, ocorre uma contração excêntrica. Na fase posterior, denominada “alongamento”, a mesma é caracterizada por ser um momento de transição entre a fase excêntrica e a concêntrica, ocorrendo em um curto período de tempo. Já a terceira etapa corresponde ao “encurtamento”, na qual ocorre a contração concêntrica do movimento (KOMI, 2000), conforme representado na Figura 1.

Fleck e Kraemer (2006) trazem uma importante relação, mostrando a presença do CAE no salto CMJ, o qual possui alta semelhança com o salto de ataque do voleibol, ao passo que mostra a ausência do ciclo alongamento-encurtamento no SJ, um salto muito semelhante ao gesto do bloqueio, no voleibol.

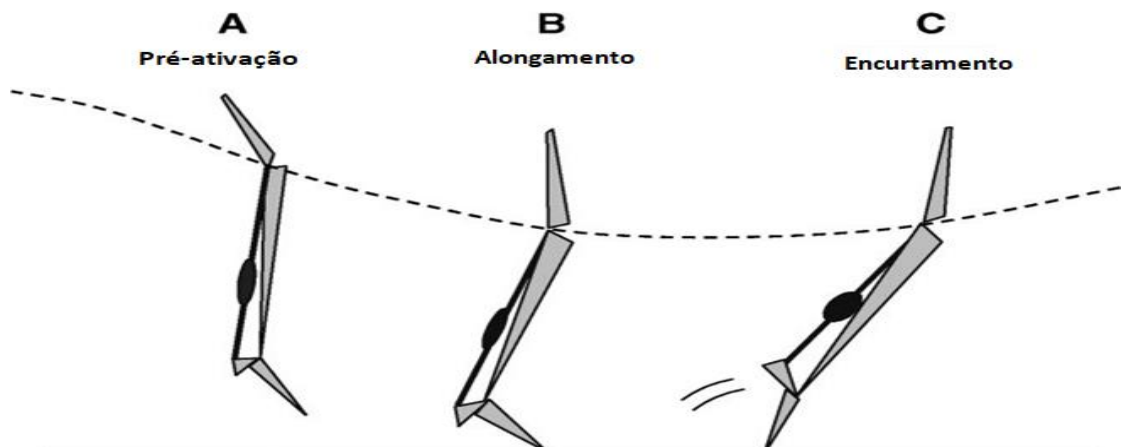


Figura 1. Fases da locomoção humana envolvendo o CAE
(Adaptado de KOMI, 2000)

2.3 TREINAMENTO PLIOMÉTRICO

Um dos métodos mais comuns para o treinamento de potência, envolvendo o CAE é através do uso da pliometria (DODD; ALVAR, 2007). A potência, segundo (BOMPA, 2002) pode ser caracterizada como o produto de duas capacidades, força e velocidade, representando a capacidade de executar a força máxima no tempo mais curto. Tillin e Bishop (2009) apontam como definição, a força aplicada multiplicada pela velocidade do movimento.

A literatura demonstra que o treinamento pliométrico é amplamente utilizado para a melhora da agilidade, economia de movimento e principalmente da potência (FLANAGAN; COMYNS, 2008; FLANAGAN; HARRISON, 2007). Exercícios pliométricos possibilitam que um músculo atinja altos valores de força em um curto período de tempo (BREWER; FAVRE; LOW, 2005), ao promover um aumento da potência. Embora tudo isso tenha sido comprovado, uma série de fatores tais como idade, gênero e histórico de treinamento podem interferir no sucesso de um programa de treinamento (JEFFREYS et al., 2019). De Villarreal (2009) e Requena e Cronin (2012) também apontam que os estudos de pesquisa divergem em termos de duração, volume e intensidade dentro de seus estudos, bem como ainda há uma falta de clareza quanto aos níveis ótimos e combinações desses fatores para atingir o máximo desempenho.

O treinamento pliométrico é um tipo de treinamento que se utiliza do CAE para melhorar consideravelmente a taxa de desenvolvimento de força, com o objetivo de promover importantes adaptações neuromusculares (LLOYD et al., 2014; MARKOVIC; MIKULIC, 2010). Diversos estudos têm mostrado melhoras no desempenho do salto vertical, após o desenvolvimento de um programa de treinamento pliométrico (ADAMS et al., 1992; BLATTNER; NOBLE, 1979; BROWN, 1986; DE VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012; MARKOVIC et al., 2007; MATAVULJ et al., 2001; WALSHE; WILSON; MURPHY, 1996).

Em um grande número de estudos (ADAMS et al., 1992; BAUER; THAYER; BARAS, 1990; FOWLER et al., 1995; HEWETT et al., 1996; KRAMER; MORROW;

LEGER, 1993; SIEGLER; GASKILL; RUBY, 2003), geralmente em pesquisas envolvendo o alto rendimento, há a realização de um treinamento de força em comparação a um grupo que treinou pliometria. É o caso do estudo de Newton, Kraemer e Hakkinen (1999) que compararam estes dois protocolos de treino no intuito de saber qual programa era mais eficiente. Após 8 semanas, foram verificados aumentos significativos na altura dos saltos do grupo que treinou pliometria, enquanto que no grupo de força não houveram alterações significativas. Nesse mesmo sentido, Wilson, Murphy e Giorgi (1996) propuseram um estudo com intenções semelhantes. Como achados da investigação em questão, os exercícios pliométricos executados resultaram em maiores ganhos de força excêntrica, enquanto que os treinamento de força máxima proporcionou maiores resultados na produção de força concêntrica.

O CAE bem desenvolvido aumenta a capacidade dos sistemas neural e musculotendíneo e sua melhor utilização implica em uma maior produção de força máxima no menor espaço de tempo, sendo então o treinamento pliométrico uma alternativa extremamente importante para o desenvolvimento entre força e velocidade em atletas de alto rendimento (CHMIELEWSKI et al., 2006).

A partir disto, o mesmo tem sido amplamente utilizado por equipes esportivas de alto rendimento para a melhora do desempenho atlético, sendo bastante consistente em esportes que exigem explosão e maior capacidade de salto vertical pelos atletas (FATOUROS et al., 2000).

2.4 PARÂMETROS APRESENTADOS NAS AVALIAÇÕES DE SALTO

A diferença entre a altura encontrada em testes máximos do CMJ e a altura encontrada em testes máximos do SJ pode mostrar importantes parâmetros a respeito de variáveis a serem exploradas no treinamento físico dos atletas. Os saltos CMJ e SJ trazem importantes dados a respeito da força de membros inferiores. Mais especificamente, no caso do CMJ, uma avaliação da produção de força rapidamente no CAE, enquanto que no SJ, avalia-se a capacidade de força em um movimento concêntrico (MCGUIGAN et al., 2006; YOUNG; MC LEAN; ARDAGNA, 1995).

Estudos com atletas profissionais de diversas modalidades esportivas, como o de (MCGUIGAN et al., 2006) apontam a proposta de que a diferença entre movimentos com e sem contramovimento é causada pelo efeito de melhoria do desempenho do ciclo de alongamento-encurtamento durante o salto CMJ. A partir disto, é entendido que a diferença de desempenho entre movimentos que envolvam ou não o contramovimento pode ser importante parâmetro de avaliação de uma melhor utilização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (VAN HOOREN; ZOLOTARJOVA, 2017).

Nesta perspectiva, Komi e Bosco (1978) propõem que a reconhecida diferença entre o CMJ e o SJ se deve ao armazenamento e a utilização da energia elástica, e portanto, uma maior diferença entre o CMJ e o SJ (em favor do CMJ) seria sugestivo de uma melhor capacidade de armazenar e utilizar energia elástica. Até o presente momento, são poucos os estudos que tratam desta relação (DI GIMINIANI; VISCA, 2017; HÉBERT-LOSIER; SUPEJ; HOLMBERG, 2014; KATAGIRI et al., 1999; RUNGE et al., 2006; WALSH, 1996), ao passo que em nenhum desses estudos, foi proposta uma relação, em termos quantitativos, do que seria ideal para esta diferença existente e proposta por diversos estudos (BOSCO; KOMI, 1980; DI GIMINIANI; VISCA, 2017; FERRARO; FÁBRICA, 2017; HARRISON; KEANE; COGLAN, 2004; HÉBERT-LOSIER; SUPEJ; HOLMBERG, 2014; KOMI; BOSCO, 1978; KUBO; KANEHISA; FUKUNAGA, 2005; KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999; MCGUIGAN et al., 2006; RUNGE et al., 2006; SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016b; VAN HOOREN; ZOLOTARJOVA, 2017; WALSH, 1996; YOUNG; MC LEAN; ARDAGNA, 1995).

Suchomel et al. (2016) faz a análise da relação da diferença entre os valores de altura dos saltos SJ e CMJ a partir de 3 maneiras de cálculo: taxa de utilização

excêntrica (expresso pela fórmula CMJ/SJ), força reativa (calculado como $CMJ-SJ$) e “pre-streht augmentation” (determinado por $(CMJ-SJ)/SJ*100$) e que pode ser traduzido para a língua portuguesa como “coeficiente de potencial elástico muscular”. Dessa forma, é pouco reportado na literatura, em termos quantitativos, do que poderia ser um “nível ótimo” para determinar uma relação equilibrada entre a produção de força concêntrica, e a participação do CAE, nas diversas ações motoras de saltos dos atletas.

2.5 COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR

A avaliação da diferença entre os valores de altura dos salto CMJ, em comparação com os valores de altura do salto SJ, pode ser um importante parâmetro de avaliação da participação do componente elástico nas ações motoras de saltos de atletas de elite (HAFF et al., 2010a).

Como já citado anteriormente, o CPEM pode ser um importante parâmetro de avaliação desta diferença. Walshe, Wilson e Murphy (1996) configura-se como um clássico estudo desta variável, uma vez que representa a investigação mais antiga encontrada a reportar esta maneira de avaliação. Foi avaliada a rigidez musculotendínea de homens praticantes de treinamento de força com pelo menos 1 ano de experiência na modalidade. Kubo et al. (1999) também utilizaram-se do CPEM em seu estudo, como ferramenta de análise das propriedades elásticas dos tendões, no desempenho de saltos em homens adultos saudáveis. Outro estudo que analisou o CPEM e também não contou com atletas de alto rendimento é a investigação de Kubo et al. (2006). Neste caso, o CPEM também foi utilizado como forma de análise da diferença entre os tipos de salto, entretanto, com homens sedentários.

No contexto de esportes, principalmente voltado ao alto rendimento, alguns estudos que investigam valores deste coeficiente (DI GIMINIANI; VISCA, 2017; HÉBERT-LOSIER; SUPEJ; HOLMBERG, 2014; SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016b). Digminiani et al. (2017) realizaram a análise em atletas de futebol com grande experiência na modalidade. Hébert-losier, Supej e Holmberg (2014) e Suchomel et al. (2016) realizaram uma avaliação do CPEM buscando identificar possíveis perfis, em atletas de alto rendimento de determinadas modalidades esportivas. O primeiro investigou valores de coeficiente em corredores de elite, em

comparação a corredores amadores, e encontrou maiores valores para os atletas de alto nível, refletindo então uma melhor utilização do CAE. Já o segundo propõe o CPEM como uma das formas de análise da diferença entre os valores do CMJ e SJ, com atletas de alto rendimento de modalidades como futebol, voleibol, tênis e basquetebol, tanto em homens, quanto em mulheres.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza por ser longitudinal, devido a não aleatoriedade na escolha da amostra, com testes pré e pós, envolvendo o mesmo grupo de sujeitos.

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população foi constituída por atletas de voleibol masculino convocados para a seleção brasileira sub- 19.

A amostra foi composta por doze atletas da seleção brasileira sub-19 de voleibol masculino, que participavam do período preparatório para uma competição a nível mundial.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

Para participação no estudo, foi feito um convite verbal para os integrantes da equipe. Aqueles que manifestaram interesse foram incluídos no projeto. Os atletas deveriam estar aptos à realização do treinamento proposto, possuírem experiência dentro do Voleibol, convocados para a seleção brasileira sub-19, ter experiências em competições a nível regional e nacional. Foram excluídos do estudo aqueles sujeitos que, por orientação do departamento médico da seleção brasileira sub-19, não estavam aptos a realizar os testes propostos. Todos os sujeitos deste estudo foram informados sobre os procedimentos metodológicos desta investigação e aceitaram participar, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A) leitura e a assinatura do termo de consentimento foram realizadas de maneira individual e anteriormente à realização dos testes.

3.4 VARIÁVEIS

3.4.1 Variáveis para caracterização da amostra

-Idade

- Massa corporal
- Estatura

3.4.2 Variáveis dependentes

- *CountermovementJump (CMJ)*:
- *Squat Jump (SJ)*:
- *CountermovementJump with arms (CMJA)*:

3.4.3 Variáveis independentes

- Treinamento Pliométrico

3.5 TRATAMENTO DA VARIÁVEL INDEPENDENTE

O planejamento do treinamento dos atletas foi estabelecido de forma a possibilitar cargas de esforço comuns para todos os atletas de alto nível. O programa de treinamento pliométrico foi dividido em 3 ciclos, cada ciclo com duração de duas semanas, conforme apresentado no Quadro 1.

Nas duas primeiras semanas de treinamento (semana 1 e 2), o treinamento foi composto por exercícios de “saltos reativos”. Os mesmos consistiram em saltos curtos, de pequenas alturas, e sequenciais, que tiveram por objetivo enfatizar o curto tempo de contato com o salto, na realização de um CAE de curta duração. Tais exercícios ocorreram com o auxílio de cones de pequeno tamanho, assim como cordas e fitas, para demarcação das distâncias. Cada série de saltos constituía-se de 10 saltos sequenciais realizados de maneira mais rápida possível, com um intervalo de 3 minutos entre cada uma das três séries realizadas, contabilizando 30 saltos por sessão.

Nas duas semanas subsequentes (semana 3 e 4), além dos saltos reativos, foi adicionado um caixote dentro das sessões de treinamento. O objetivo era, com o auxílio do mesmo, promover a realização de saltos para cima do caixote, com o início do movimento com contramovimento. O caixote utilizado nesta etapa possuía uma altura de 45cm em relação ao solo. Sendo assim, neste período do programa de treinamento pliométrico, as sessões foram divididas em 30 saltos reativos,

seguidos por 30 saltos para cima de um caixote, contabilizando 60 saltos por sessão. Ocorreram 3 séries com 10 repetições para cada tipo de salto, com intervalos de 3 minutos entre cada série e de 5 minutos entre cada tipo de salto.

Quadro 1- Estrutura do programa de treinamento pliométrico aplicado

Semanas	Séries	Ciclos	Característica do ciclo	Intervalo	Tempo aproximado
1 a 2	3 x 10 rep	*Saltos reativos	* 10 saltos em sequência o mais rápido possível, com menor tempo de contato possível no solo	Intervalo de 3 minutos entre cada série	15min
3 a 4	3 x 10 rep 3 x 10 rep	*Saltos reativos **Salto sobre caixote	** salto do chão para o caixote com o início do movimento com contramovimento	Intervalo de 3 minutos entre cada série, e de 5 minutos entre os tipos de salto	30min
5 a 6	3 x10 rep 3 x 10 rep 3 x10 rep	*Saltos reativos *Salto sobre caixote ***Salto "Drop Jump"	*** do caixote para o chão e saltando novamente para o caixote, com o menor tempo de contato possível no solo	Intervalo de 3 minutos entre cada série, e de 5 minutos entre os tipos de salto	40min

Nas quatro últimas sessões (semanas 5 e 6), além dos saltos reativos e dos saltos para cima de um caixote, foi acrescentado o salto denominado *DropJump* (DJ). Este salto caracteriza-se por uma queda de uma altura de 45cm, seguida de um salto vertical, retornando para cima do caixote. Sendo assim, nas duas últimas semanas de treinamento, a sessão foi distribuída em: saltos reativos (30 saltos), saltos para cima de um caixote (30 saltos) e *DropJump* (30 saltos), totalizando 90 saltos. Para cada tipo de salto, foram realizadas 3 séries de 10 repetições, com intervalo de 3 minutos entre cada série, e de 5 minutos entre cada tipo de salto.

3.6 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

Os voluntários foram informados do objetivo do estudo, dos procedimentos a serem realizados e assinaram um termo de consentimento, conforme descrito no anexo A.

Foi utilizado o Centro de Treinamento da seleção Brasileira de Voleibol, em Saquarema-RJ para todas as coletas. Os indivíduos estavam vestidos com roupas apropriadas para treino.

Os atletas realizaram dois encontros com os avaliadores antes de iniciar o período do treinamento. No primeiro encontro, foram realizadas as avaliações para caracterização da amostra com as variáveis de estatura e massa corporal. No segundo encontro, foram realizadas as avaliações pré treinamento das variáveis dependentes. Para estas avaliações foi utilizado o tapete de saltos, e foram coletadas as avaliações da máxima altura alcançada pelos atletas nos saltos SJ, CMJ e CMJA. Através dos resultados dos testes de altura de saltos foi realizado o cálculo do Coeficiente de potencial elástico muscular (CPEM), conforme citado no item 3.8.2.

No CMJ, o atleta mantém seus pés afastados e alinhados na largura dos ombros, com as pernas em extensão total e as mãos no quadril para evitar que movimentos dos braços e tronco direito possam interferir na execução do mesmo. É executada uma semi-flexão rápida seguida de uma explosiva extensão dos joelhos e quadril, realizando então um salto vertical máximo. Já no SJ, o atleta parte de uma posição estática de agachamento, com uma angulação dos joelhos próxima a 90°, realizando seguidamente a extensão do membro inferior, resultando em um salto vertical máximo. Enquanto isso, o CMJA caracteriza-se por seguir as recomendações do CMJ, entretanto, sem a necessidade de fixação dos membros superiores na altura do quadril, possibilitando então o auxílio dos mesmos a fim de buscarem maiores valores de altura dos saltos na execução do teste máximo.

Após o período de treinamento os atletas tiveram um novo encontro para avaliar as variáveis dependentes. Neste encontro, novamente foram avaliadas as alturas dos três tipos de saltos nos atletas, com a utilização de um tapete de saltos, e o CPEM a partir das alturas máximas apresentadas nos saltos.

3.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

3.7.1 Ficha de coletas de dados

Para a coleta de dados referente à altura dos saltos SJ, CMJ e CMJA, foi utilizada uma ficha individual com os registros das informações referentes aos atletas participantes, bem como para registro de nome, data de nascimento, massa corporal e estatura.

3.7.2 Balança

Para a determinação da massa corporal foi utilizada uma balança da marca Filizola® (São Bernardo do campo, BRASIL), com resolução de 100 g.

3.7.3 Tapete de contato

Para determinar a altura do salto foi utilizado um tapete de contato da marca multisprint® (Belo Horizonte, BRASIL), com resolução de 100mm.

3.8 PROTOCOLOS DE TESTES

3.8.1 Altura dos saltos SJ, CMJ e CMJA

Para a coleta das alturas máximas desempenhadas nos saltos, os atletas realizaram um protocolo para coleta que ocorria da seguinte forma: eram realizados dois saltos submáximos, com intervalo de 40 segundos entre cada salto, para aquecimento. Após, os mesmos realizavam dois saltos máximos de cada tipo, onde era anotado o maior valor obtido. A máxima altura desempenhada foi utilizada para a análise dos dados e para o cálculo de CPEM.

3.8.2 Cálculo do coeficiente de potencial elástico muscular

Para o cálculo do coeficiente de potencial elástico muscular, a máxima altura realizada nos saltos SJ e CMJ em cada atleta, foram inseridos na seguinte fórmula: $(CMJ - SJ) / SJ * 100$ (WALSHE, 1996). Os valores de altura máxima dos saltos SJ e CMJ do pré treino foram utilizados para avaliação do CPEM pré treinamento e as

alturas máximas realizadas nos saltos SJ e CMJ no pós treinamento foram utilizadas para avaliação do CPEM pós treinamento.

3.9 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados referentes à altura de salto vertical, na plataforma de contato multisprint®, foram obtidos por meio do software Multisprint que calcula a altura do salto vertical através do tempo de voo, com a seguinte equação: $(h=g.t^2.8)$, onde h é a altura, g é o valor da aceleração da gravidade e t é o tempo de voo (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983). Após o registro dos valores de altura de saltos, os mesmos foram tabulados no programa Excel (2007, Microsoft Corporation) para visualização dos dados e posterior análise estatística.

3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística e apresentação dos resultados, os dados foram descritos em média e desvio padrão. A normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e, após confirmação de distribuição normal, foi utilizado o teste “t pareado” para comparação das variáveis nos momentos pré e pós-intervenção. Foi adotado o nível de significância $\alpha \leq 0,05$. O pacote estatístico utilizado foi o SPSS 22.0 (IBM, Chicago, EUA).

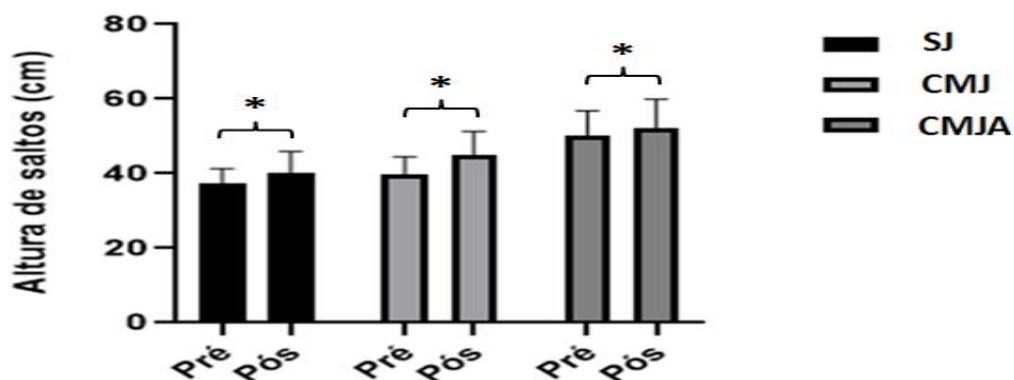
4. RESULTADOS

Na tabela 1, as variáveis de caracterização da amostra estão apresentadas em média e desvio padrão.

Tabela 1- Valores médios e desvios-padrões das variáveis de caracterização da amostra.

Variável	Nº de atletas	Média	Desvio-padrão
Massa Corporal (Kg)	12	89,92	± 6,70
Altura (cm)	12	194,72	± 16,5
Idade (Anos)	12	18,30	± 0,3

Nas variáveis de altura dos saltos, ocorreram aumentos significativos na altura média dos saltos SJ, CMJ e CMJA após o período de treinamento pliométrico de 6 semanas. No salto SJ, a média do grupo antes da intervenção era de $37,27 \pm 4,10$ cm. Após o período de treinamento, o grupo atingiu um valor médio de $40,30 \pm 5,61$ cm, com um valor de $p < 0,001$. Com relação ao CMJ, os atletas possuíam valores pré treinamento de $39,65 \pm 4,93$ cm, com $p < 0,001$. Após o programa de treinamento pliométrico, o valor médio para o CMJ foi de $45,15 \pm 6,20$ cm. No caso do CMJA, os valores eram de $50,19 \pm 6,62$ cm, e após o período de 6 semanas, os valores atingiram $52,15 \pm 7,82$ cm, com $p = 0,005$, conforme ilustrado na Figura 2.



* diferença estatisticamente significativa do Pré para o Pós treinamento

Figura 2- Valores de altura dos saltos *Squat Jump* (SJ), *Countermovement Jump* (CMJ) e *Countermovement Jump with arm* (CMJA) avaliados em um tapete de saltos pré e pós o programa de treinamento pliométrico; $p < 0,05$.

Ocorreram incrementos significativos também nos valores percentuais do coeficiente de potencial elástico muscular (CPEM). Após o período do treinamento pliométrico, a média calculada do índice subiu de $6,25 \pm 4,33\%$ para $12,08 \pm 1,60\%$, em decorrência de alterações nos valores de altura de saltos dos atletas. Os valores individuais do CPEM estão representados na Tabela 2, assim como também representados na Figura 3.

Tabela 2- Valores percentuais individuais do CPEM pré e pós treinamento

Posição	Atleta	Pré	Pós
Levantador	n1	6%	12%
	n2	3%	12%
Ponteiro	n3	3%	11%
	n4	12%	11%
	n5	10%	13%
Meio	n6	12%	14%
	n7	4%	12%
	n8	4%	10%
Oposto	n9	10%	15%
	n10	10%	11%
Líbero	n11	1%	14%
	n12	0%	10%

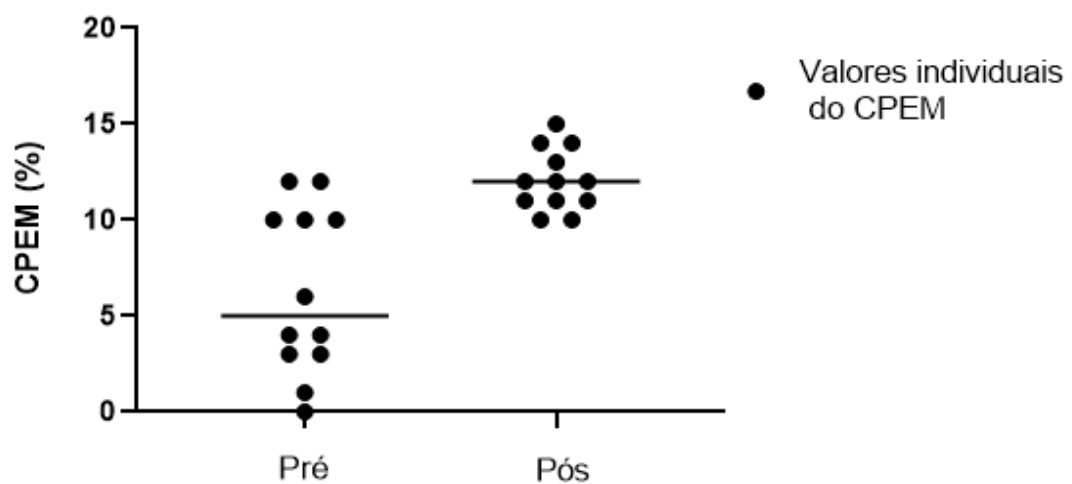


Figura 3- Valores percentuais individuais do CPEM pré e pós treinamento.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho dos saltos SJ, CMJ e CMJA, bem como a relação e a participação do ciclo alongamento-encurtamento nas ações de atletas da seleção brasileira sub-19 de voleibol pré e pós um período de treinamento pliométrico de 6 semanas. O coeficiente de potencial elástico muscular, determinado pela fórmula $((\text{CMJ} - \text{SJ})/\text{SJ} * 100)$, foi utilizado como parâmetro de avaliação do desempenho de saltos, a partir da capacidade de utilização do CAE. Ao buscar entender os valores percentuais apresentados por esta variável, procura-se compreender melhor a condição física dos atletas, como resultado de uma relação proposta entre a produção de uma força a partir de uma contração concêntrica (no caso do salto SJ), e de uma contração concêntrica seguida de uma contração excêntrica, ou seja, o produto de um salto envolvendo o CAE (no caso do CMJ).

Em consonância com diversos achados que são consensuais na literatura, o treinamento pliométrico aplicado pelo presente estudo mostrou ser eficaz na melhora do desempenho de saltos verticais dos indivíduos (ADAMS et al., 1992; DE VILLARREAL; REQUENA; CRONIN, 2012; MARKOVIC, 2007; WALSHE; WILSON; MURPHY, 1996). Os resultados obtidos após as 6 semanas de intervenção do programa de treinamento pliométrico confirmaram a ideia inicial pensada para esse estudo, de que ocorreriam aumentos nos valores de altura de saltos dos atletas.

Após as avaliações pós treinamento, foram verificados incrementos significativos para os valores médios de altura dos saltos SJ, CMJ e CMJA e individuais dos atletas, conforme imaginado após a determinação metodológica da pesquisa. Para o salto SJ, a média do grupo antes da intervenção era de $37,27 \pm 4,10\text{cm}$. Após o período de treinamento, o grupo atingiu um valor médio de $40,30 \pm 5,61\text{cm}$, representando um aumento percentual médio de 8,1%. No caso do salto CMJ, os valores subiram de $39,65 \pm 4,93\text{cm}$ no pré treinamento, para $45,15 \pm 6,20\text{cm}$, encontrados nos valores pós treinamento, representando um aumento percentual médio de 13,8%.

Para discussão em relação aos achados da presente investigação, serão pontuados aqueles estudos que obtiveram uma metodologia semelhante ao do presente estudo (CHELLY et al., 2010; DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2008; RIMMER; SLEIVERT, 2000; RONNESTAD et al., 2008; THOMAS; FRENCH; HAYES, 2009). Todos estes estudos contaram com atletas de

elite dentro do alto rendimento, bem como seus programas de intervenção tiveram entre duas a três sessões semanais de treinamento pliométrico, durante um período entre seis a oito semanas.

O estudo de Ronnestad et al. (2006), apontou ganhos de cerca de 8,5% nos valores de altura do salto SJ, e ganhos de cerca de 4% para o salto CMJ, em atletas profissionais de futebol, após 7 semanas de treinamento pliométrico, com duas sessões semanais. Os atletas possuíam juntamente ao treinamento pliométrico, um treinamento de força incluso na rotina das sessões de treino. Thomas et al. (2009) encontraram ganhos próximos a 5% no salto CMJ, com 6 semanas de treinamento pliométrico e duas sessões semanais, também com jogadores de futebol profissional. Neste caso, foram realizados apenas exercícios no solo, sem o auxílio de caixotes com alturas estabelecidas. O estudo de Chelly et al. (2010), com a mesma população destes dois últimos estudos citados anteriormente, também encontrou ganhos na altura dos saltos citados anteriormente. Foram realizados exercícios com obstáculos e o salto *Drop Jump* neste programa de treinamento. Para o salto CMJ, foram verificados incrementos de 4,2%, enquanto que para o SJ foram verificadas variações positivas de 7,1%.

Estes resultados acima apontados, juntamente com os achados do presente estudo, corroboram com as afirmações propostas por De Villarreal et al. (2009). Este último consiste em uma importante revisão sistemática com metanálise que teve como objetivo analisar a magnitude das melhorias no desempenho do salto vertical, além de identificar fatores específicos que poderiam influenciar os efeitos do tratamento pliométrico. Dessa forma, De Villarreal et al. (2009) acabaram por descobrir que uma combinação de pliometria de saltos de contramovimento, saltos de profundidade e saltos de agachamento, resultou em um aumento de 4,7% a 15% na altura do salto vertical. Sendo assim, corroborando com os achados do presente estudo, assim como com os estudos acima citados.

O estudo de Stanganelli et al. (2008) analisou a influência de 18 semanas de treinamento em atletas integrantes da seleção brasileira sub-19 no ano em questão, também visando a preparação para a Liga Mundial de Voleibol da temporada de 2008, e com a participação de 11 sujeitos, apresentando então alta semelhança com características do presente estudo. O programa de treinamento da equipe em questão envolvia treinamentos resistidos, treinamentos de resistência aeróbia, treinamentos de saltos, além de determinados treinamentos que exigissem

capacidade anaeróbica dos atletas. Entretanto, difere do presente estudo pelo fato de não possuir um treinamento pliométrico específico complementar às sessões de treinos a qual a equipe já realizava. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas do pré para o pós treinamento, após as 18 semanas de treinamento, divergindo dos achados do presente estudo. Estes resultados possivelmente podem ser explicados pela ausência de um programa de treinamento pliométrico dentro da rotina semanal de treinamento, visto que no presente estudo, com a presença deste programa de treinamento específico, ocorreram diferenças estatisticamente significativas nos valores médios de altura dos saltos.

A participação do CAE nas ações de saltos dos atletas foi avaliada através do coeficiente de potencial elástico muscular. No presente estudo, foram verificados incrementos significativos nos valores expressos por esta relação. Após o período do treinamento pliométrico, a média calculada do índice subiu de $6,25 \pm 4,33\%$ para $12,08 \pm 1,60\%$, representando um aumento percentual médio expressivo de 93,28% para o valor deste índice.

Este índice representa a diferença entre os saltos SJ e CMJ e pesquisadores utilizam-no para examinar indiretamente a capacidade de utilização do CAE em atletas para melhora da altura de saltos (HAFF et al., 2010b; SUCHOMEL; SOLE; STONE, 2016b). Poucos são os estudos que trazem este coeficiente como parâmetro de avaliação da diferença entre um salto oriundo de uma ação predominantemente concêntrica (SJ) e uma ação com o envolvimento do ciclo alongamento-encurtamento (CMJ).

Em nosso estudo, após o programa de intervenção de 6 semanas, os atletas obtiveram valores muito homogêneos. Os valores individuais dos atletas ficaram entre 10 e 15%, em favor do CMJ, o que leva a crer ser um fator importante na tentativa de entender uma participação equilibrada do CAE nessas ações de salto. Os resultados encontrados após o período de treinamento indicam a possibilidade de um “teto” para esta variável em jogadores de voleibol no alto rendimento. Tal afirmação justifica-se pelo fato de que os valores que se encontravam na faixa citada antes do período de 6 semanas, mantiveram-se na mesma ao final do treinamento pliométrico, ao passo que os valores que se encontravam muito abaixo, após a aplicação do programa, ficaram também entre 10 e 15%, conforme indicado na Tabela 2.

Walshe, Wilson e Murphy (1996), um estudo clássico, reporta o CPEM como modelo de análise pela primeira vez na literatura. Foi analisada a rigidez musculotendínea em praticantes de treinamento de força com no mínimo um ano de experiência. Neste caso, o CPEM médio foi de $13,9 \pm 5,7\%$, uma diferença percentual muito próxima a que foi encontrada após o período de treinamento pliométrico no presente estudo. Embora existam grandes diferenças em relação às características de Walshe, Wilson e Murphy (1996), pode-se afirmar que os valores encontrados são muito próximos, o que pode representar alguns indícios em uma possível tentativa de busca por valores normativos para esta variável.

Pautando uma discussão mais voltada para esportes de alto rendimento, a seguir serão apresentados estudos que investiguem este campo. Suchomel et al. (2016) traz em seu estudo uma análise de diferentes grupos de atletas de diferentes modalidades esportivas. Nesta verificação, atletas de voleibol feminino de alto rendimento apresentaram uma diferença média de cerca de 17%, após a aplicação do cálculo deste percentual. Outro estudo que reportou esta variável dentro do contexto do alto rendimento foi Hébert-losier, Supej e Holmberg (2014). Em seu estudo, o CPEM foi reportado a fim de analisar a participação do CAE em atletas de elite, em comparação a atletas amadores. Os atletas de alto nível apresentaram um valor médio de $9,2 \pm 13,3\%$, enquanto que os amadores apresentaram $-0,3 \pm 9,0\%$. Estes achados corroboram com os resultados do presente estudo, mostrando a alta relação envolvendo o desempenho e uma maior capacidade de utilização do CAE. Ainda no contexto esportivo de alto rendimento, Digiminiani (2017) apresenta o CPEM em atletas de futebol com alta experiência na modalidade, dentro do período de treinamento de uma equipe. Na primeira avaliação, os valores eram de cerca de 8% e com o passar do tempo, ocorreu uma diminuição, ficando próximo de 5%. Isto talvez possa ser explicado pela ausência de um programa de treinamento pliométrico juntamente à rotina de treinos, corroborando então com as ideias propostas pelo presente estudo.

Ainda não é consensual na literatura, a validade do coeficiente de potencial elástico muscular como forma de representação da participação do ciclo alongamento-encurtamento. Como já citado, são poucos os estudos que reportam esta variável, ao passo que nenhum estudo encontrado trouxe valores quantitativos de referência, para esta variável. Entretanto, os resultados dos dois estudos acima citados, assim como os achados do presente estudo, podem ser indícios positivos

na busca por um “valor percentual ótimo” deste coeficiente, que demonstre uma participação equilibrada do ciclo alongamento-encurtamento, assim como do potencial de produção de força concêntrica nas ações de saltos dos atletas.

6. CONCLUSÃO

Ocorreram aumentos significativos na altura média dos saltos SJ, CMJ e CMJA após o desenvolvimento do programa de treinamento pliométrico aplicado. Em relação ao coeficiente de potencial elástico muscular, o programa de treinamento aplicado foi eficaz em sua otimização, visto que o valor médio encontrado para este índice após o programa de treinamento foi de $12,08 \pm 1,60\%$, que parece ser um valor importante em uma possível otimização da relação entre a força muscular concêntrica e a participação do Ciclo alongamento-encurtamento no desempenho das ações motoras de saltos em atletas de voleibol.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, J. et al. Adaptation and major chromosomal changes in populations of *Saccharomyces cerevisiae*. **Current genetics**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 13–19, 1992.
- ASHBY, B. M.; HEEGAARD, J. H. Role of arm motion in the standing long jump. **Journal of biomechanics**, [s. l.], v. 35, n. 12, p. 1631–1637, 2002.
- BAUER, T.; THAYER, R. E.; BARAS, G. Comparison of training modalities for power development in the lower extremity. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 115–121, 1990.
- BERRIEL, G. Análise De Testes De Salto Vertical E Saltos Especificos. [s. l.], n. 1968, p. 1–3, 2009.
- BERRIEL, Guilherme Pereira. **LUME UFRGS- Repositório Digital**: Efeitos do treinamento pliométrico com e sem indução de potencialização pós-ativação no desempenho de saltos de atletas em atleta de voleibol. 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Física, Departamento de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2016.
- BITTENCOURT, N. F. N. et al. Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infanto e juvenil de voleibol masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 331–336, 2005.
- BLATTNER, S. E.; NOBLE, L. Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jumping performance. **Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance**, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 583–588, 1979.
- BOMPA, T. O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. [s.l.] : Phorte, 2002.
- BORGES, T. O. et al. Validation of the VERT wearable jump monitor device in elite youth volleyball players. **Biology of Sport**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 239–242, 2017.
- BOSCO, C. et al. Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. **Acta Physiologica Scandinavica**, [s. l.], v. 116, n. 4, p. 343–349,

1982.

BOSCO, C.; KOMI, P. V. Physiology Influence of Aging on the Mechanical Behavior. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 219, n. 8318, p. 209–219, 1980.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, [s. l.], v. 50, n. 2, p. 273–282, 1983.

BREWER, C.; FAVRE, M.; LOW, L. **Weightlifting for sport specific benefits**, 2005.

BROWN, M. E. Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. **J Sport Med Phys Fitness**, [s. l.], v. 26, p. 1–4, 1986.

CAMPOS, F. A. D. et al. Adaptações na capacidade de salto vertical em jovens atletas de voleibol. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, [s. l.], v. 4, n. 19, 2011.

CHELLY, M. S. et al. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-and sprint performance of soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 24, n. 10, p. 2670–2676, 2010.

CHMIELEWSKI, T. L. et al. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: Physiological responses and clinical application. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, [s. l.], v. 36, n. 5, p. 308–319, 2006.

DA SILVA, L. R. R. et al. Evolução da altura de salto, da potência anaeróbia e da capacidade anaeróbia em jogadoras de voleibol de alto nível. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, [s. l.], v. 26, n. 1, 2004.

DE VILLARREAL, E. S.-S. et al. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 495–506, 2009.

DE VILLARREAL, E. S.; REQUENA, B.; CRONIN, J. B. The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 575–584, 2012.

DE VILLARREAL, E. S. S.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. Low and

moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 715–725, 2008.

DI GIMINIANI, R.; VISCA, C. Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. **PloS one**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. e0171734, 2017.

DODD, D. J.; ALVAR, B. A. Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. **Journal of strength and conditioning research**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 1177, 2007.

DUNCAN, G. E. et al. Typical and atypical antipsychotic drug effects on locomotor hyperactivity and deficits in sensorimotor gating in a genetic model of NMDA receptor hypofunction. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, [s. l.], v. 85, n. 3, p. 481–491, 2006.

FATOUROS, I. G. et al. Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 470–476, 2000.

FERRARO, D.; FÁBRICA, G. Differences in the utilisation of active power in squat and countermovement jumps. **European journal of sport science**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 673–680, 2017.

FLANAGAN, E. P.; COMYNS, T. M. The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. **Strength & Conditioning Journal**, [s. l.], v. 30, n. 5, p. 32–38, 2008.

FLANAGAN, E. P.; HARRISON, A. J. Muscle dynamics differences between legs in healthy adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 67, 2007.

FLECK, S.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos Do Treinamento De Força Muscular**. 3. ed. [s.l.] : Artmed, 2006.

FOWLER, A. J. et al. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using laser ablation ICPMS. **Canadian**

- Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 52, n. 7, p. 1431–1441, 1995.
- FUCHS, P. X. et al. Movement characteristics of volleyball spike jump performance in females. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 833–837, 2019.
- HAFF, G. et al. The Relationship Between The Eccentric Utilization Ratio, Reactive Strength, And Pre-Stretch Augmentation And Selected Dynamic And Isometric Muscle Actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 24, p. 1, 2010. a.
- HAFF, G. et al. The Relationship Between The Eccentric Utilization Ratio, Reactive Strength, And Pre-Stretch Augmentation And Selected Dynamic And Isometric Muscle Actions. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 24, p. 1, 2010. b.
- HARRISON, A. J.; KEANE, S. P.; COGLAN, J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 473–479, 2004.
- HÉBERT-LOSIER, K.; SUPEJ, M.; HOLMBERG, H.-C. Biomechanical factors influencing the performance of elite alpine ski racers. **Sports Medicine**, [s. l.], v. 44, n. 4, p. 519–533, 2014.
- HESPANHOL, J. E. et al. Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. **Rev Bras Med Esporte**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 181–184, 2007.
- HEWETT, T. E. et al. Plyometric Training Decreased Torques. **The American Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 765–773, 1996.
- JEFFREYS, M. A. et al. The Effect of Varying Plyometric Volume on Stretch-Shortening Cycle Capability in Collegiate Male Rugby Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 139–145, 2019.
- KATAGIRI, C. et al. Analyses of oviductal pars recta-induced fertilizability of coelomic eggs in *Xenopus laevis*. **Developmental biology**, [s. l.], v. 210, n. 2, p. 269–276, 1999.

KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 33, n. 10, p. 1197–1206, 2000.

KOMI, P. V.; BOSCO, C. Muscles by men and women. **Med Sci Sport**, [s. l.], v. 10, p. 261–265, 1978.

KRAMER, J. F.; MORROW, A.; LEGER, A. Changes in rowing ergometer, weight lifting, vertical jump and isokinetic performance in response to standard and standard plus plyometric training programs. **International journal of sports medicine**, [s. l.], v. 14, n. 08, p. 449–454, 1993.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Effects of viscoelastic properties of tendon structures on stretch-shortening cycle exercise in vivo. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 23, n. 8, p. 851–860, 2005.

KUBO, K.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. **Journal of applied physiology**, [s. l.], v. 87, n. 6, p. 2090–2096, 1999.

LLOYD, M. et al. Long-term importance of fundamental motor skills: A 20-year follow-up study. **Adapted physical activity quarterly**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 67–78, 2014.

MAGALHÃES, J. et al. Physiological and neuromuscular impact of beach-volleyball with reference to fatigue and recovery. **Age (yr)**, [s. l.], v. 23, p. 3, 2011.

MARKOVIC, G. et al. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 543–549, 2007.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British journal of sports medicine**, [s. l.], v. 41, n. 6, p. 349–355, 2007.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. **Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training**. [s.l: s.n.]. v. 40

MATAVULJ, D. et al. Effects of pylometric training on jumping performance in junior basketball players. **Journal of sports medicine and physical fitness**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 159–164, 2001.

MCFARLANE, B. A basic and advanced technical model for speed. **National strength and conditioning association journal**, [s. l.], v. 15, p. 57, 1993.

MCGUIGAN, M. R. et al. Eccentric utilization ratio: effect of sport and phase of training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 992–995, 2006.

NEWTON, R. U.; KRAEMER, W. J.; HAEKKINEN, K. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. **Medicine and science in sports and exercise**, [s. l.], v. 31, p. 323–330, 1999.

RIMMER, E.; SLEIVERT, G. Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 295–301, 2000.

RONNESTAD, B. R. et al. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 773–780, 2008.

RUNGE, C. E. et al. Equation of state of MgGeO₃ perovskite to 65 GPa: Comparison with the post-perovskite phase. **Physics and Chemistry of Minerals**, [s. l.], v. 33, n. 10, p. 699–709, 2006.

SÁEZ-SÁEZ DE VILLARREAL, E.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. L. Ow and M Oderate P Lyometric T Raining. **Journal of Strength and Conditioning Reseach**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 715–725, 2008.

SATTLER, T. et al. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 1532–1538, 2012.

SATTLER, T. et al. Analysis of the association between isokinetic knee strength with offensive and defensive jumping capacity in high-level female volleyball athletes. **Journal of science and medicine in sport**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 613–618, 2015.

SIEGLER, J.; GASKILL, S.; RUBY, B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 17,

n. 2, p. 379–387, 2003.

STANGANELLI, L. C. R. et al. Adaptations on jump capacity in Brazilian volleyball players prior to the under-19 World Championship. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 741–749, 2008.

SUCHOMEL, T. J.; SOLE, C. J.; STONE, M. H. Comparison of Methods That Assess Lower-body Stretch-Shortening Cycle Utilization. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 547–554, 2016. a.

SUCHOMEL, T. J.; SOLE, C. J.; STONE, M. H. Comparison of methods that assess lower-body stretch-shortening cycle utilization. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 547–554, 2016. b.

THOMAS, K.; FRENCH, D.; HAYES, P. R. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 332–335, 2009.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports medicine**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 147–166, 2009.

UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a “performance” no salto vertical. **Rev paul Educ Fís**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 85–94, 1998.

VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The difference between countermovement and squat jump performances: a review of underlying mechanisms with practical applications. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, [s. l.], v. 31, n. 7, p. 2011–2020, 2017.

WALSHE, A. D. The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [s. l.], v. 73, n. 3–4, p. 332–339, 1996.

WALSHE, A. D.; WILSON, G. J.; MURPHY, A. J. The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, [s. l.], v. 73, n. 3–4, p. 332, 1996.

YOUNG, W.; MC LEAN, B.; ARDAGNA, J. Relationship between strength qualities

and sprinting performance. **Journal of sports medicine and physical fitness**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 13–19, 1995.

ANEXO A

Termo de consentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa intitulado: “EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NO COEFICIENTE DE POTENCIAL ELÁSTICO MUSCULAR EM ATLETAS DE VOLEIBOL DA SELEÇÃO BRASILEIRA SUB-19.” que tem como objetivo analisar o efeito do treinamento pliométrico no coeficiente de potencial elástico muscular nos saltos antes e após um programa de treinamento pliométrico de 6 semanas em atletas de voleibol da seleção brasileira sub-19.

Este estudo irá avaliar atletas masculinos de voleibol que não tenham nenhum tipo de restrição médica para este tipo de treinamento físico.

Serão necessários quinze encontros com os voluntários para sessões de coleta de dados. As sessões de coleta de dados terão um tempo aproximado de 30 minutos. As sessões de treinamento das duas primeiras semanas terão duração aproximada de 15 minutos. Na terceira e quarta semanas, as sessões de treinamento terão duração aproximada de 30 minutos. Nas duas últimas semanas, as sessões terão duração de 40 minutos.

Nos quinze encontros de coleta de dados serão realizadas as seguintes atividades:

- Dia 1: Apresentação dos objetivos e procedimentos metodológicos do projeto, assinatura do termo de consentimento livre esclarecido, medições de estatura, massa corporal e percentual de gordura.
- Dia 2: Teste de salto vertical SJ, CMJ e CMJA, em um tapete de contato.
- Dia 3 até o dia 14: desenvolvimento dos exercícios do programa de treinamento pliométrico.
- Dia 15: Teste de salto vertical SJ, CMJ e CMJA, em um tapete de contato.

Caso seja do seu interesse participar desse estudo, é fundamental o seu entendimento sobre esse termo de consentimento livre e esclarecido e sua assinatura nesse documento, concordando com os termos abaixo:

Autorizo o Prof Dr Luiz Fernando Martins Krueel e os pesquisadores Guilherme Pereira Berriel e Lucas Moraes Klein e demais envolvidos no estudo a realizarem os seguintes procedimentos:

- a) Fazer-me medidas antropométricas (massa corporal e estatura).
- b) Coletar dados referentes a desempenho de salto vertical
- c) Filmagens e fotografias durante a execução dos testes e treinamento.

1. Estão envolvidos riscos e desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporário. Poderão ocorrer alterações das variáveis analisadas durante a execução dos exercícios, porém, os riscos são mínimos, sendo os testes muito seguros. Serão realizadas doze sessões de treinamento e mais 3 de coletas de dados, e poderei abandonar a pesquisa em qualquer fase, caso sinta necessidade ou desconforto para a realização dos testes e treinamentos.

2. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim pelo prof Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, Guilherme Pereira Berriel e o pesquisador Lucas Moraes Klein e demais participantes do projeto. Eu entendo que eles irão responder às dúvidas relativas a esses procedimentos que porventura possam surgir. Essas questões serão esclarecidas sempre que eu solicitar. Entendo que todos os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais e disponíveis somente sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que, no momento da publicação, os dados não serão atribuídos à minha pessoa. Eu entendo que não haverá compensação financeira pela minha participação no estudo.

Eu entendo que posso realizar contato com o Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, Guilherme Pereira Berriel e Lucas Moraes Klein para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo, ou se perceber que haja violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3308-5820.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2019 .

Assinatura: _____