

**MECANISMOS NEUROFISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS DO TREINO DE FORÇA REATIVA  
E O USO DO SOFTWARE KINOVEA® PARA MONITORAR ESSA SESSÃO**Nelson Kautzner Marques Junior<sup>1</sup>**RESUMO**

O objetivo da revisão foi explicar os mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos do treino de força reativa e ensinar como usar o *software* Kinovea® nessa sessão. A revisão foi dividida em três capítulos. O capítulo 1 foi ensinado a biomecânica dos membros inferiores durante o treino de força reativa, o capítulo 2 o tema foi os componentes mecânicos do trabalho muscular e o capítulo 3 a explicação foi sobre o uso do *software* Kinovea® nessa sessão. Em conclusão, o treino de força reativa foi ensinado nessa revisão para o treinador adquirir um conhecimento teórico e prático com o intuito de prescrever adequadamente essa sessão.

**Palavras-chave:** Esporte. Treino de Força. Treino Pliométrico. Salto Vertical.

**ABSTRACT**

Neurophysiological and biomechanical mechanisms of the reactive strength training and use of the Kinovea® software for accompany this session

The objective of the review was to explain the neurophysiological and biomechanical mechanisms of the reactive strength training and to teach how to use Kinovea® software in this session. The review was divided into three chapters. The chapter 1 was taught biomechanics of the lower limbs during reactive strength training, the chapter 2 the theme was the mechanical components of the muscle work and the chapter 3 the explanation was about use of the Kinovea® software in that session. In conclusion, the reactive strength training was taught in this review for the coach can acquire a theoretical and practical knowledge with the objective of prescribes this session accordingly.

**Key Words:** Sports. Strength Training. Plyometric Training. Vertical Jump.

1-Mestre em Ciência da Motricidade Humana pela Universidade Castelo Branco-RJ, Brasil.

E-mail do autor:  
kautzner123456789junior@gmail.com

**INTRODUÇÃO**

O treino de força reativa se desenvolveu cientificamente nos anos 50 a 60 na antiga União Soviética (Lopes, Palomares e Rizzo, 2017).

O pesquisador soviético que mais contribuiu com estudos científicos sobre o treino de força reativa foi Verkhoshanski, denominando em 1961 essa preparação de força especial de método de choque (Verkhoshanski, 1996).

Esse trabalho foi chamado de método de choque porque causa uma estimulação mecânica por choque no momento que o praticante cai de uma determinada altura com os pés no solo e isso ocasiona um acúmulo de energia potencial elástica no complexo músculo e tendão dos membros inferiores e isso tudo gera uma maior produção de tensão dos músculos das pernas que ocasiona no salto por cima do obstáculo ou para cima da caixa e todo esse ciclo se repete até acabar a série (Siff e Verkhoshanski, 2004).

Conclui-se que, o método de choque através do treino de força reativa é um treinamento de alta intensidade, merecendo que o praticante tenha uma boa base muscular, ou seja, que ele realize outros exercícios de musculação menos intensos até chegar no método de choque (Verkhoshanski, 1967).

O objetivo do treino de força reativa é desenvolver a força rápida e a força reativa dos membros inferiores (Ford e colaboradores, 1983; Verkhoshanski, 1995), com o intuito de ocasionar aumento do salto vertical, melhora da velocidade e da agilidade, incremento na força da técnica esportiva, economia da corrida e outros benefícios para as pernas do atleta (Hall e colaboradores, 2016; Slimani e colaboradores, 2016; Slimani e colaboradores, 2016).

Entretanto, o treino de força reativa é mais conhecido como treino pliométrico, nome denominado pelos estadunidenses (Kutz, 2003).

Essa sessão também é chamada por salto em profundidade, treino de força excêntrica e concêntrica e outros (Bobbert,

1990; Tubino e Moreira, 2003). Nesse artigo foi preferido utilizar a nomenclatura treino de força reativa porque a força reativa acontece um ciclo duplo da ação muscular excêntrica para concêntrica em alta velocidade (Barbanti, 2002), denominado de ciclo de alongamento e encurtamento (Komi, 1984).

Apesar de existir muitos estudos sobre o treino de força reativa (Asadi, 2015; Cimenli e colaboradores, 2016; Kim e Park, 2016), atualmente os pesquisadores efetuaram diversas descobertas científicas sobre essa sessão (Vadivelan e Sudhakar, 2015; Rao e Rao, 2016), sendo interessante um trabalho de revisão de literatura sobre esse tema.

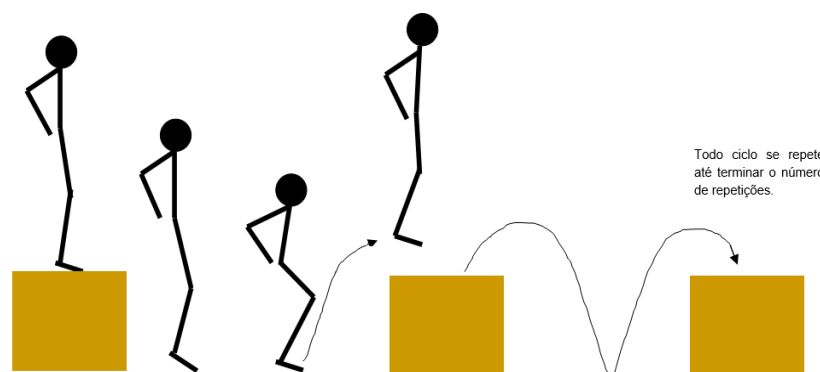
O objetivo da revisão foi explicar os mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos do treino de força reativa e ensinar como usar o *software* Kinovea® nessa sessão.

**Biomecânica dos membros inferiores durante o treino de força reativa**

A execução do treino de força reativa é extremamente complexa, sendo efetuado pelo comando do córtex motor do cérebro e o praticante faz o ciclo de alongamento e encurtamento para trabalhar a musculatura dos membros inferiores através da queda de uma caixa com os pés até o solo e em seguida ocorre o salto e esse procedimento acontece até acabar a série, estando presente nessa sessão uma intensa participação dos proprioceptores que regulam o nível do alongamento e da tensão da musculatura das pernas para evitar uma lesão (Gomez e Calbet, 2013).

Esse exercício para os membros inferiores tem a meta de causar um incremento na força rápida e na força reativa (Lundstrom e colaboradores, 2017), por causa da alta intensidade desse treinamento, essa sessão causa uma fadiga no sistema nervoso central e no complexo músculo e tendão dos membros inferiores (Verkhoshanski, 2001).

Marques Junior e Silva Filho (2013) apresentaram na figura 1 a execução do método de choque através do treino de força reativa, também conhecido como salto em profundidade.



**Figura 1** - Execução do treino de força reativa através de saltos com uso de caixas.

Quando o praticante do treino de força reativa chega com os pés no solo a ação muscular é excêntrica seguido de isométrica (Marques Junior, 2002), acontecendo flexão do quadril, flexão do joelho, dorsiflexão e mínima flexão da coluna vertebral (Marques Junior, 2009).

Enquanto no momento do salto ocorre contração concêntrica e os movimentos articulares realizados são compostos pela extensão do quadril e do joelho, flexão plantar e extensão da coluna vertebral. Os músculos dos membros inferiores que são exercitados durante o treino de força reativa são os seguintes (Marques Junior, 2011).

**Tabela 1** - Cinesiologia dos membros inferiores durante o treino de força reativa.

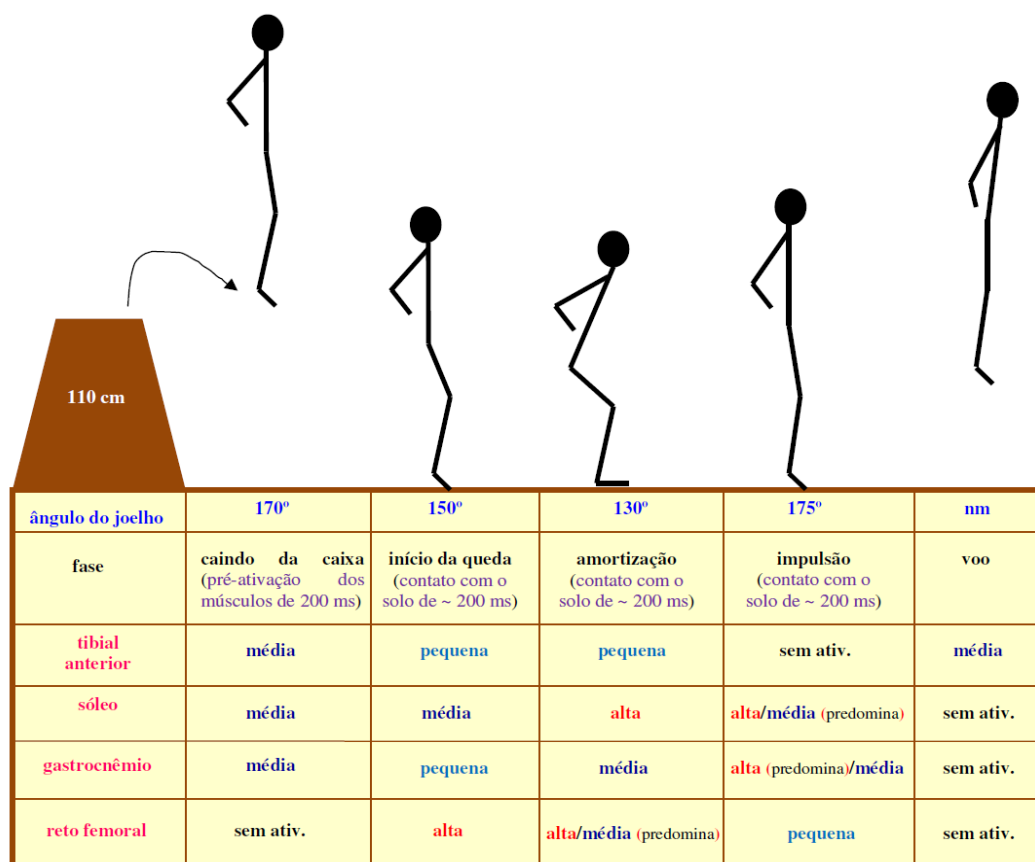
Músculos	Movimento Articular e Ação Muscular
bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso e glúteo máximo	Quadril flexão (excêntrica e isométrica) extensão (concêntrica)
quadríceps femoral (reto femoral, vasto medial, vasto intermédio e vasto lateral)	Joelho flexão (excêntrica e isométrica) extensão (concêntrica)
gastrocnêmio (medial e lateral), sóleo, flexor longo do hálux, flexor longo dos dedos, tibial posterior (auxiliar) e plantar (auxiliar)	Tornozelo dorsiflexão (excêntrica e isométrica) flexão plantar (concêntrica)

Através da eletromiografia (EMG) é possível detectar os valores da atividade muscular do treino de força reativa do praticante (Aura e Viitasalo, 1989).

Esse procedimento foi realizado para identificar o trabalho muscular de quatro

músculos durante essa sessão, sendo evidenciado que ocorre modificação na ativação conforme a fase de execução desse treinamento (Gollhofer e Bruhm, 2003).

A figura 2 apresenta esse resultado.



Abreviatura: ms – milésimos de segundo, ativ. – atividade, ~ - aproximadamente, nm – não mensurou.

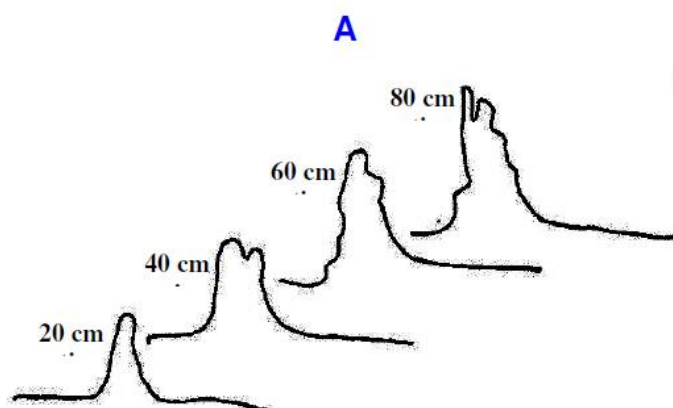
**Figura 2** - Nível de atividade muscular pequena, média e alta nas fases do treino de força reativa.

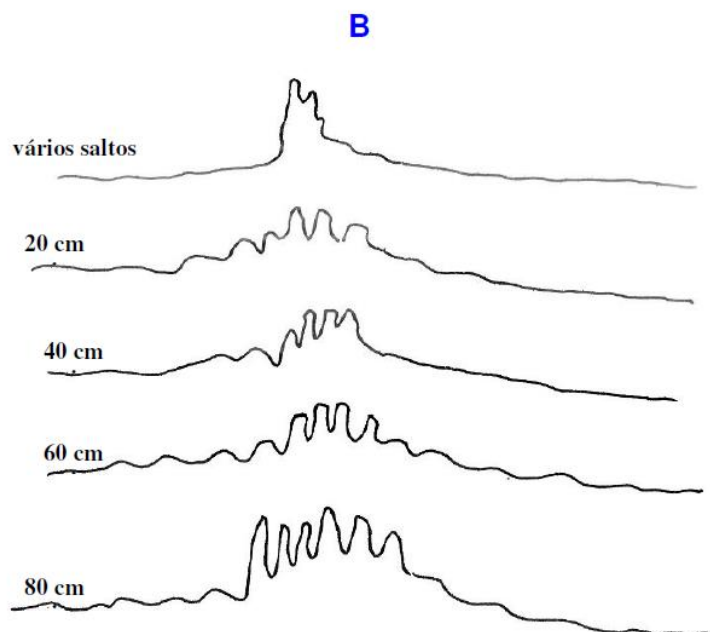
Quando o praticante do treino de força reativa cai no solo, na fase de amortização, os membros inferiores sofrem um alto impacto do chão (Humphries, Newton e Wilson, 1995), por esse motivo alguns treinadores utilizam placas de borracha para amortecer o impacto do piso nos pés do esportista (Zakharov, 1992).

Porém, conforme aumenta a altura de queda do treino de força reativa, o esportista sofre uma maior força vertical de reação do

solo (impacto) em Newton (N) (Nicol, 2001) e o sinal eletromiográfico da musculatura em milivolts (mV) aumenta a frequência e diminui a amplitude (Marques Junior, 2015).

A figura 3 apresenta a força vertical de reação do solo (impacto) em N conforme a altura de queda do treino de força reativa e a EMG dos membros inferiores durante a queda da caixa dessa sessão.





**Figura 3 -** (A) Força vertical de reação do solo (impacto) nos membros inferiores (Gollhofer e Bruhn, 2003) e (B) sinal da EMG em mV do sóleo conforme a altura de queda do treino de força reativa (Komi e Nicol, 2004) (adaptado das referências).

Entretanto, após 6 semanas (1 mês e 14 dias) de treino por 3 vezes na semana (2ª, 4ª e 6ª feira) a força vertical de reação do solo (impacto) nos membros inferiores costuma reduzir no praticante de força reativa como resposta da adaptação dessa sessão (Hewett e colaboradores, 1996). Essa informação é importante porque após esse período o treinador pode aumentar a carga de treino e alguns saltos desse treinamento o esportista pode fazer esse exercício sem tapete de borracha.

Caso o treinador queira mensurar a força vertical de reação do (impacto) com baixo custo financeiro do executante do treino de força reativa, Marques Junior (2017) sugeriu o seguinte cálculo:  
Força Vertical de Reação do Solo (impacto) = 12 x massa corporal total em kg = ? Newton por Quilograma (N/kg)

Por exemplo, um atleta de voleibol de 93 kg faz o treino de força reativa com barreiras de 40 centímetros e realiza 5 saltos nessa altura do obstáculo. Para saber seu impacto em N/kg com o cálculo indicado por Marques Junior (2017) o resultado é o seguinte:

$$\text{Impacto} = 12 \times 93 \text{ kg} = 1116 \text{ N/kg}$$

O resultado é de 1116 N/kg, mas sabendo que são 5 barreiras de 40 cm, é recomendável multiplicar o número de saltos pelo resultado. Então temos:

$$\text{Impacto da Sessão} = 1116 \text{ N/kg} \times 5 = 5580 \text{ N/kg}$$

Nessa linha de cálculo você pode verificar o impacto de treino na semana, no mês e em outros. Sendo útil para elaborar o treino com bola do voleibol e do treino físico. Logo, se esse jogador de voleibol treina 2ª, 4ª e 6ª feira, basta multiplicar o impacto da sessão por 3. O resultado é o seguinte:

$$\text{Impacto da Semana} = 5580 \text{ N/kg} \times 3 = 16740 \text{ N/g}$$

A grande limitação desse cálculo é que os valores do impacto não levam em consideração a altura do obstáculo do treino de força reativa, conforme é elevado o comprimento da caixa e/ou da barreira maior é o impacto nos membros inferiores do esportista.

Outra maneira de saber o impacto do solo nos membros inferiores do praticante do treino de força reativa é através da equação de Nyland e colaboradores (1994).

Os dados precisam ser filmados de lado do praticante do treino de força reativa durante essa sessão e posteriormente o treinador precisa fazer análise com o *software*

Kinovea® (ângulo) e com o *software* Skill Spector (velocidade angular) no momento da impulsão e inserir os dados na equação a apresentada a seguir.

**Impacto do Solo no Momento da Impulsão (sem fadiga) =  $1,842 + [-776,4 \times (\text{ângulo do tornozelo})] + [146,7 \times (\text{ângulo do joelho})] + [50,4 \times (\text{velocidade do joelho})] = ?$  graus por segundo ( $^{\circ}/s$ )**

**Impacto do Solo no Momento da Impulsão (com fadiga) =  $-2,703 + [5254,1 \times (\text{ângulo do tornozelo})] + [-1,781 \times (\text{ângulo do joelho})] + [123 \times (\text{velocidade do joelho})] = ?$   $^{\circ}/s$**

Através da cinética linear é possível compreender biomecanicamente diversas fases do treino de força reativa praticados pelos membros inferiores.

Quando o esportista está caindo de uma caixa a musculatura dos membros inferiores efetua uma pré-ativação do complexo músculo e tendão através de uma ação excêntrica (Davies e colaboradores, 2015).

Isso ocorre muito antes do esportista atingir o solo (Komi, 2000) e o corpo se encontra em movimento após essa queda da caixa, denominada de energia cinética (Guimarães e Boa, 2006). A energia cinética é a energia de um corpo em movimento sendo pertencente a energia mecânica. Ela é expressa pela seguinte equação:

$$\text{Energia Cinética} = \text{massa em kg} \cdot (\text{velocidade da queda em metros por segundo})^2 = ? \text{ Joule (J)}$$

Nessa fase que o atleta do treino de força reativa está caindo da caixa, também acontece a energia potencial gravitacional, onde ocorre o deslocamento do corpo do esportista na vertical com determinada massa em relação a um nível de referência, sendo o solo (Hall, 1993). Conclui-se que, conforme o atleta vai caindo ele ganha energia cinética porque possui maior velocidade, mas ele diminui a sua altura em relação ao solo, o que proporciona perda da energia potencial gravitacional. A energia potencial gravitacional pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Energia Potencial Gravitacional} = \text{massa em kg} \cdot \text{aceleração da gravidade de } 9,81\text{m/s}^2 \cdot \text{altura do obstáculo do treino de força reativa} = ? \text{ J}$$

Quando o esportista cai no solo, acontece a fase de amortização, onde o praticante toca as pontas dos pés no solo e

depois ocorre o pouso de todo o solado do pé que é proveniente da energia cinética (Siff, 2004). Nesse momento acontece ação muscular excêntrica e o complexo músculo e tendão armazena energia potencial elástica (Marques Junior, 2009), para essa energia ser utilizada em energia cinética na fase de impulsão, é necessário que seja feita uma rápida ação excêntrica para isométrica e posteriormente para concêntrica, momento que ocorre a impulsão (Rocha e colaboradores, 1999). Esse ciclo se repete até acabar a série.

A energia potencial elástica que é estocada no complexo músculo e tendão quando o praticante de força reativa faz o contramovimento ocorre porque essa estrutura é capaz de sofrer deformação e pode retornar a posição inicial por causa da sua elasticidade (Oliveira e colaboradores, 2011), sendo convertida em energia cinética e energia potencial gravitacional se a ação for veloz no momento do salto, caso isso não ocorra essa energia é perdida em forma de calor (Hill, 1950). A energia potencial elástica é definida através do cálculo a seguir:

$$\text{Energia Potencial Elástica} = [\text{constante elástica em Newton por metro (N/m, capacidade para estocar energia)} \cdot \text{distância que o material é deformado (distância que o complexo músculo e tendão armazena energia)}] : 2 = ? \text{ J}$$

A relação entre energia cinética e energia potencial gravitacional e energia potencial elástica ocasiona a conservação da energia mecânica, ou seja, quando um movimento atua forças conservativas a soma dessas energias permanece constante (Hall, 1993).

A soma da energia cinética e das energias potenciais é chamada de energia mecânica (Guimarães e Boa, 2006), que



permite após a queda no solo o esportista efetuar o salto do treino de força reativa. Então, para saber a energia mecânica, basta fazer uma soma.

Energia Mecânica = energia cinética + energia potencial gravitacional + energia potencial elástica = ? J

ou

Energia Mecânica = energia cinética + energia potencial gravitacional = ? J

A queda do atleta do obstáculo do treino de força reativa com os membros inferiores em direção ao solo ocasiona um impacto no praticante dessa sessão. O

impacto pode ser elástico ou inelástico, depende como os corpos se apresentam após o impacto. Quando ambos os corpos se deformam no momento do impacto e depois voltam a sua forma normal, é classificado como um impacto elástico (Hay e Reid, 1985). Já o impacto inelástico um dos corpos se deforma e não retorna o seu formato original.

A elasticidade de um impacto é estabelecida pelo coeficiente de restituição, se esse cálculo foi 1 ou próximo desse valor o impacto é mais elástico e caso o resultado seja zero ou próximo desse número o impacto é mais inelástico (Hay, 1981). O coeficiente de restituição pode ser calculado pela equação a seguir:

$$\text{Coeficiente de Restituição} = \sqrt{\frac{\text{altura da queda do treino}}{\text{altura do salto do treino}}} = ?$$

O último conteúdo da cinética linear que descreve a ação do atleta no treino de força reativa é o impulso, que se manifesta na fase de impulsão do praticante dessa sessão. O impulso é estabelecido pelo produto da força pelo tempo, tendo unidade de medida de Newton por segundo (N/s) ou Newton por centésimo (N/c) (Barbanti, 2010). O cálculo é simples:

$$\text{Impulso} = \text{força} \cdot \text{tempo} = ? \text{ N/s ou N/c}$$

Outros conteúdos merecem atenção no treino de força reativa, o praticante merece utilizar tênis próprio para sessão com salto (Pinto e Lima, 2010), como sugestão indica-se tênis de voleibol acompanhado de estabilizador (Marques Junior, 2014). Essa medida talvez possa dificultar a probabilidade de lesão dessa sessão.

A respiração é outro aspecto que deve ser orientado no treino de força reativa, quando o praticante estiver caindo e chegar com os pés no solo merece inspirar para os membros inferiores absorverem melhor o impacto e na impulsão e na fase de voo o atleta precisa expirar (Siff e Verkhoshanski, 2004). No momento de mais esforço, na fase de impulsão ocorre expiração para essa tarefa ser realizada mais saudável possível.

A execução do treino de força reativa para causar elevado ganho de força rápida e de força reativa merece ser realizado com máxima velocidade o ciclo de alongamento e encurtamento (Young, Wilson e Byrne, 1999), caso o praticante esteja lento na execução

dessa tarefa, é por causa da elevada altura dos obstáculos (Barbanti, 2010) ou proveniente da fadiga (Davies, Riemann e Manske, 2015), merecendo pausa ou término da sessão.

Para o treinador identificar esse ocorrido, lentidão do ciclo de alongamento e encurtamento, pode ser por análise visual ou com filmagem e posterior análise com o software Kinovea®.

Esse capítulo o leitor teve acesso a alguns conteúdos da biomecânica que informam como os membros inferiores executam o treino de força reativa.

### **Componentes mecânicos do trabalho muscular dos membros inferiores durante o treino de força reativa**

Existem três componentes mecânicos dos músculos que atuam nos membros inferiores durante o treino de força reativa que estão inter-relacionados (Hill, 1950).

O componente contrátil (CC) é responsável pela junção actina e miosina para proporcionar na contração muscular concêntrica e isométrica, exigindo energia metabólica (ATP, CP e outros) na geração da força ativa (Ugrinowitsch e Barbanti, 1998). Também atua na ação muscular excêntrica, onde ocorre um afastamento das pontes cruzadas responsáveis pela geração da tensão total.

O componente elástico em paralelo (CEP) possui esse nome porque ele se encontra paralelo ao CC (Alter, 2001), ele é

constituído pelo endomísio, epimísio e perimísio, atuando na manutenção da estrutura muscular, opondo a força do movimento na ação muscular excêntrica, o alongamento (Marques Junior, 2009). Para Achour Júnior (1998) o perimísio é o principal CEP, mas não é informada a causa disso.

O componente elástico em série (CES) é composto pelo tendão, pela cabeça de miosina e pela linha Z do sarcômero (Achou Júnior, 2001; Cometti, 2001). O CES tem a função de suavizar o impacto entre o músculo e sua inserção durante um movimento veloz, isso protege a estrutura anatômica contra lesão (Alter, 2001; Marques Junior, 2009). Outra importante função CES é de estocar energia potencial elástica durante a ação muscular excêntrica (Huijing, 1992).

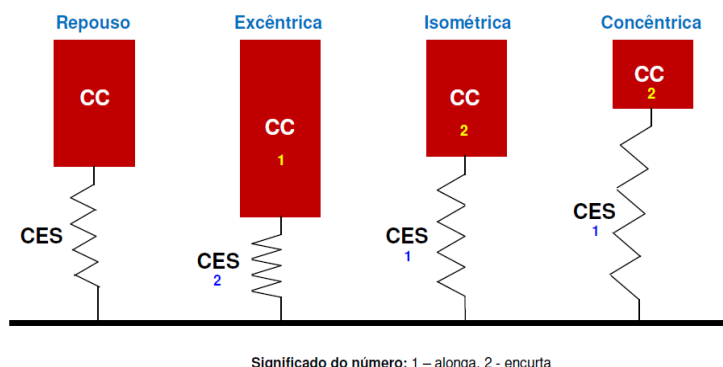
Esses componentes mecânicos da ação muscular atuam bem organizados durante o ciclo de alongamento e encurtamento do treino de força reativa (Barbanti, 2001). Consultando Komi (1988) e o autor Challis (2004), o CC e o CES atuam diferente conforme o tipo da ação muscular durante o treino de força reativa, sendo o seguinte:

Ação muscular excêntrica: o CC se alonga e o CES se encurta.

Ação muscular isométrica: o CC se encurta e o CES se alonga.

Contração muscular concêntrica: o CC se encurta e o CES se alonga.

A figura 4 ilustra essas explicações sobre o CC e o CES durante o treino de força reativa.

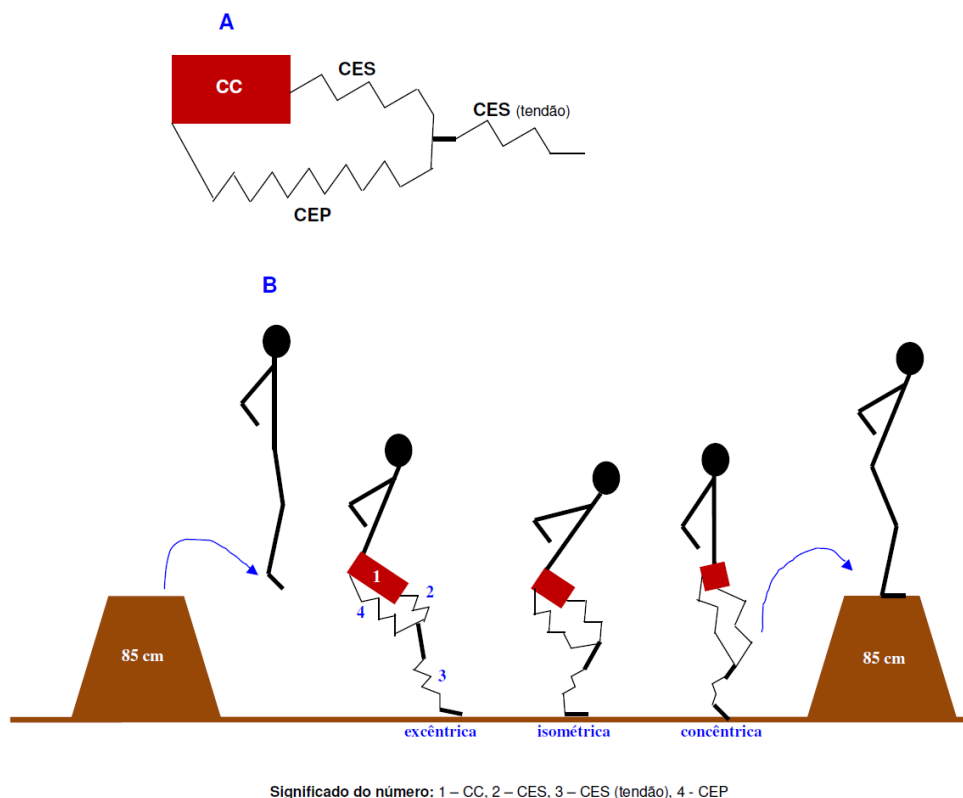


**Figura 4** - Atuação do CC e do CES durante o ciclo de alongamento e encurtamento efetuado pelos membros inferiores durante o treino de força reativa (adaptado das referências) (Komi, 1988).

O modelo esquemático dos componentes mecânicos dos músculos que atuam no treino de força reativa é apresentado de diversas maneiras conforme o autor (Ettema, 2001; Winter, 1990), por achar mais adequado o modelo de Zajac (1989) com algumas alterações realizadas de Fouré,

Nordez e Cornu (2012) foi apresentado esse desenho esquemático no membro inferior do praticante do treino de força reativa – ver figura 5. Observe na figura 5 que nos membros inferiores (na coxa) acontecem as mesmas ações do CC e do CES da figura 4.

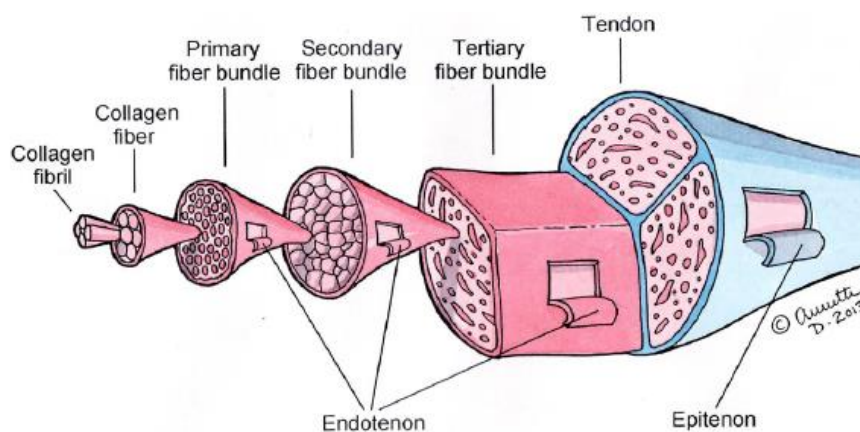




**Figura 5 -** (A) Modelo dos componentes mecânicos do trabalho muscular aumentado e (B) durante o treino de força reativa dos membros inferiores (na coxa) com as mesmas ações do CC e do CES da figura 4.

O CES possui um importante componente anatômico, o tendão. O tendão tem função de transmitir a força do músculo ao osso para ocorrer o movimento (Epro e colaboradores, 2017), armazenar energia potencial elástica, suportar tensão do movimento através do *stiffness* (regulação da tensão) e outros (Magnusson e colaboradores, 2008).

O tendão é um tecido conjuntivo denso, sendo formado predominantemente por fibras colágenas, tendo elastina, água e possui uma organização hierarquizada de fascículos (Achour Júnior, 1999; Smith e colaboradores, 2013). A figura 6 ilustra essas explicações do tendão.

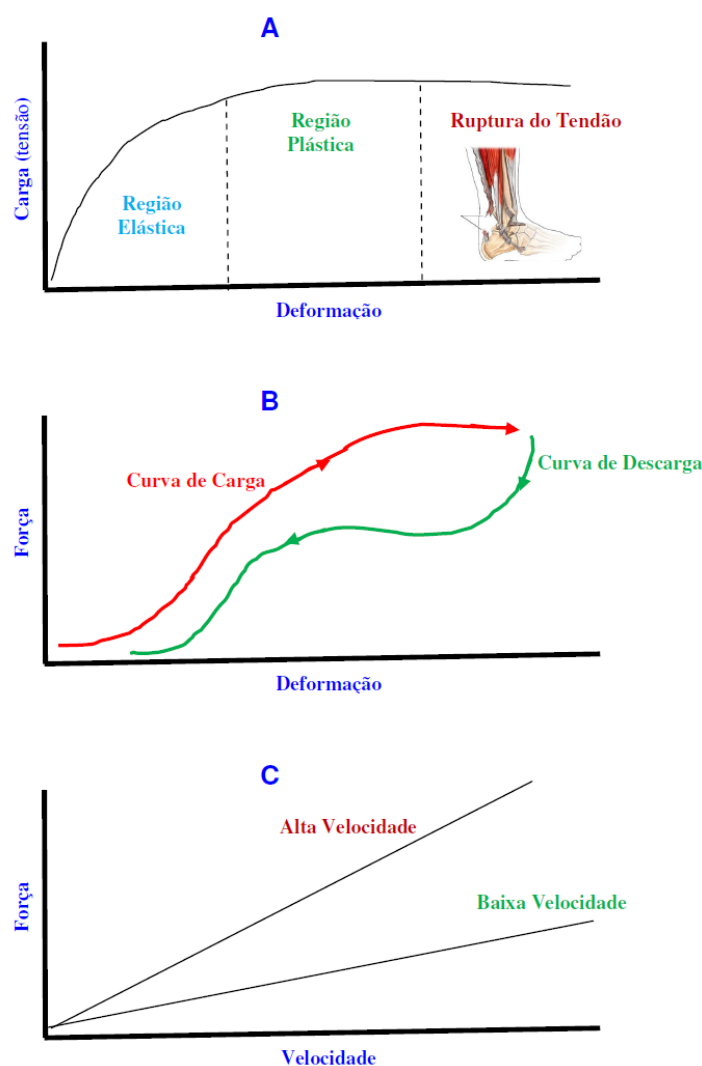


**Figura 6 -** Organização do tendão (Extraído de Olsson, 2013).

O tendão é viscoelástico com histerese (Finni, 2001), ou seja, pode sofrer deformação elástica (retorna ao formato inicial) e plástica (o material pode se deformar permanentemente) (Serpa, Vilela Junior e Marchetti, 2014) e a propriedade histerese permite que o tendão seja carregado e descarregado no período de estresse e tensão do ciclo de alongamento (carga) e encurtamento (descarga) do treino de força reativa (Alter, 2001).

O histerese é a energia perdida durante a execução da ação do ciclo de alongamento (carga) e encurtamento (descarga).

Porém, a propriedade elástica do tendão é combinada com viscosidade, onde ele resiste a carga que produz cisalhamento e fluxo, tornando o tendão um pouco rígido para suportar o esforço do ciclo de alongamento e encurtamento do treino de força reativa (Refsdal, 2017). A figura 7 ilustra essas explicações sobre o tendão.



**Figura 7 -** (A) Comportamento viscoelástico do tendão (Achour Júnior, 1998), (B) representação gráfica do histerese do tendão (Achour Júnior, 1998) e (C) relação entre força e velocidade conforme a viscosidade do tendão (Alter, 2001). No tendão com alta viscosidade a velocidade precisa ser alta, mas no tendão com baixa viscosidade a velocidade é baixa.

O *stiffness* do tendão regula a tensão através da sua viscoelasticidade e viscosidade, ou seja, a carga no tendão por causa de um exercício físico ocasiona uma rigidez (uma resistência para não arrebentar, proveniente da viscosidade) e um alongamento (proveniente da viscoelasticidade) dessa estrutura anatômica para o esforço físico ser efetuado (Guedes Neto e colaboradores, 2005). O *stiffness* do tendão é definido como a relação entre força e comprimento (carga da deformação) do tendão, sendo expresso por Newton por milímetro (N/mm) ou N por metro (N/m) (Refsdal, 2017).

O *stiffness* do músculo é maior do que do tendão, sendo necessária uma força muito elevada para a musculatura se deformar, o que torna o *stiffness* do músculo variável porque está relacionada com o nível de força para acontecer a deformação necessária da musculatura (Zatsiorsky, 1999). Enquanto o *stiffness* do tendão é constante, geralmente

depende de pouca força para atingir um nível de deformação satisfatória, isso permite um maior armazenamento de energia potencial elástica.

A figura 8 mostra a relação entre *stiffness* e força do músculo e do tendão (Zatsiorsky, 1999).

O *stiffness* do tendão pode ser analisado na curva estresse e tensão, onde estresse é a força da carga em N/mm que o tendão sofre deformação, conhecida como tensão (Refsdal, 2017).

A tensão é a alteração do comprimento original do tendão ou a deformação sofrida nessa estrutura proveniente de uma força aplicada (a força é o estresse) (Alter, 2001).

Um tendão possui uma capacidade de alongar ou de suportar tensão de até 4%, após esse valor acontece uma ruptura parcial ou total do tendão (Zernicke e Loitz, 1992).

A figura 9 ilustra essa explicação.

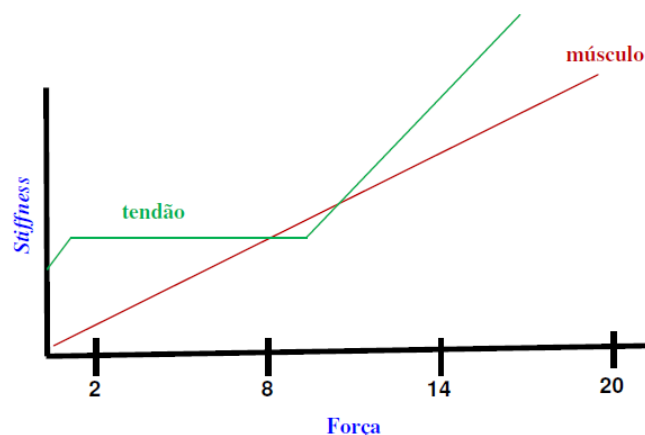


Figura 8 - *Stiffness* do tendão e do músculo.

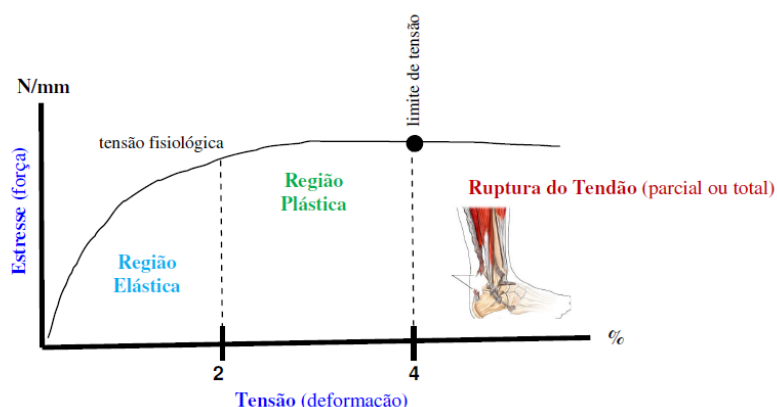


Figura 9 - Descrição do *stiffness* do tendão através da curva estresse e tensão (Zernicke, 1992).

Após essas explicações sobre o tendão, torna-se interessante de conhecer algumas características do tendão calcâneo ou tendão de Aquiles, estrutura anatômica muito solicitada no treino de força reativa.

O tendão calcâneo se une aos músculos gastrocnêmio e sóleo e se inseri no osso do calcâneo (Friedman, Gordon e Soslowsky, 2014).

O tendão calcâneo é o mais forte, o mais espesso e o mais comprido tendão do corpo humano, sendo responsável pela movimentação do tornozelo (Marques Junior e Barbosa, 2016).

O tendão calcâneo vai diminuindo o nível da circulação sanguínea por volta de 30 anos de idade e isso vai prosseguindo com o avançar da idade, quanto mais próximo do osso do calcâneo é menor a vascularização (Maffulli, 1999). Esse acontecimento fisiológico do envelhecimento torna mais suscetível o atleta a partir dos 30 anos de obter uma lesão no tendão calcâneo.

Outro problema do aumento da idade é que o tendão calcâneo reduz aos poucos a sua elasticidade por causa do declínio viscoelástico e piora a sua resistência porque o colágeno apresenta uma maior quantidade de ligações cruzadas, esses ocorridos tornam mais propenso o indivíduo a sofrer uma lesão nessa região anatômica (Rossetto, 2009).

Logo, pessoas com 30 anos ou mais o preparador físico merece ter muita atenção quando prescrever o treino de força reativa porque as chances de ruptura parcial ou total no tendão calcâneo são corriqueiras em esportistas dessa faixa etária.

O tendão calcâneo é alongado quando a pessoa efetua dorsiflexão, acontecendo o mesmo com o gastrocnêmio (Kirby, 2017), saber isso é importante porque esse movimento do tornozelo acontece principalmente quando o praticante do treino de força reativa está na fase de amortização com ação muscular isométrica. A figura 10 apresenta o tendão calcâneo para o leitor.



**Figura 10** - Tendão calcâneo, também conhecido por tendão de Aquiles.

Existem diversas evidências científicas sobre o tendão calcâneo durante o exercício (Kubo, Kawakomi e Fukunaga, 2005), inclusive na prática do treino de força reativa (Paleckis e colaboradores, 2015).

A pesquisa de Stenroth e colaboradores (2012) verificou a diferença do tendão calcâneo de homens jovens ( $n = 18$ ,  $23,7 \pm 2$  anos), homens velhos ( $n = 33$ ,  $74,8 \pm$

$3,6$  anos), mulheres jovens ( $n = 15$ ,  $24,5 \pm 2,8$  anos) e mulheres com idade avançada ( $n = 34$ ,  $74,3 \pm 3,3$  anos). Através da ultrassonografia foi possível verificar a diferença do tendão calcâneo conforme a idade e sexo, não sendo detectada diferença significativa.

A tabela 2 apresenta esses dados.

**Tabela 2** - Tendão calcâneo conforme a idade e sexo.

Sujeito	Área de Secção Transversa (mm <sup>2</sup> )	Stiffness (N/mm)	Histerese (%)
Homens Jovens	56,53 ± 9,64	186 ± 37	1,4 ± 3,7
Homens Velhos	68,97 ± 12,24	164 ± 47	2,8 ± 4,4
Mulheres Jovens	49,84 ± 8,83	151 ± 29	5,0 ± 6,0
Mulheres Velhas	55,20 ± 8,83	120 ± 39	2,3 ± 5,7

A área de secção transversa de homens velhos e de mulheres velhas foi muito maior do que dos jovens, a provável causa para Stenroth e colaboradores (2012) é que o decréscimo da atividade física vigorosa com o aumento da idade ocasiona uma diminuição da carga no tendão e isso pode resultar em aumento extracelular de água nessa região anatômica, proporcionando na maior área de secção transversa do tendão calcâneo.

O maior *stiffness* dos jovens era esperado, eles conseguem armazenar mais energia potencial elástica, embora o histerese esteja relacionado com ciclo de alongamento e encurtamento através da perda de energia

(carga e descarga), Stenroth e colaboradores (2012) encontrou resultados maiores nos homens velhos do que nos homens jovens, mas a causa disso os autores não conseguiram identificar (Stenroth e colaboradores, 2012).

Wiesinger e colaboradores (2017) evidenciaram no tendão calcâneo de esportistas de elite da Áustria referente ao comprimento em centímetros (cm), a força em Newton (N), a tensão em % e o histerese em % difere conforme a modalidade praticada, embora não tenha sido evidenciado diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A tabela 3 mostra esses resultados.

**Tabela 3 - Diferença do tendão calcâneo conforme a modalidade.**

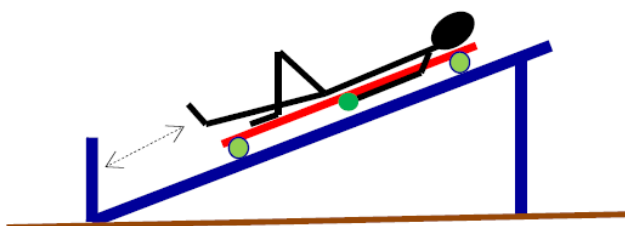
Esporte	Comprimento (cm)	Força (N)	Tensão (%)	Histerese (%)
Salto de Esqui (n = 10)	5,32 ± 0,34	3639 ± 326	6,5 ± 1,9	12,0 ± 5,6
Corredores de Longa Distância (n = 10)	5,37 ± 0,72	4340 ± 822	6,1 ± 1,3	11,8 ± 3,1
Jogadores de Water Polo (n = 9)	5,81 ± 0,36	4133 ± 486	6,1 ± 1,5	16,6 ± 4,5

Portanto, conforme o treinamento realizado o tendão consegue adaptações fisiológicas específicas de acordo com o trabalho físico, técnico e tático praticado pelo esporte (Rio e colaboradores, 2015).

O *stiffness* do tendão calcâneo aumenta com o treino de força reativa, isso acontece entre 6 a 15 semanas (1 mês e 14 dias a 2 meses e 21 dias), proporcionando maior acúmulo de energia potencial elástica e aumento da força rápida e da força reativa (Markovic e Mikulic, 2015)

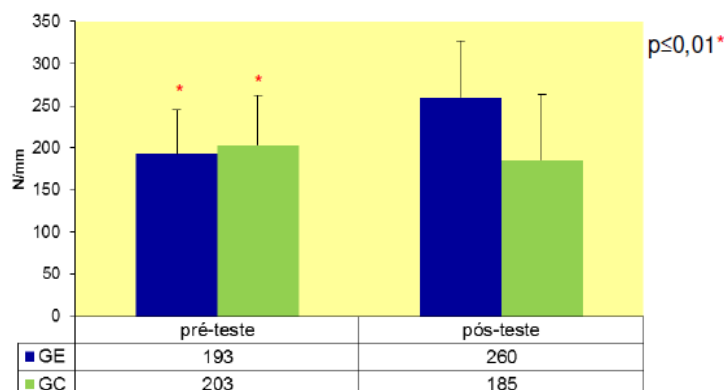
Essas informações foram evidenciadas no estudo de Hirayama et al. (2017). O grupo experimental (GE) realizou treino de força reativa unilateral dos membros inferiores em um trenó inclinado em 30° por 12 semanas no período de 3 vezes na semana, sendo realizado 10 séries e 10 repetições com pausa de 30 segundos (n = 11, 22±3 anos). O grupo controle (GC) não efetuou nenhum trabalho físico (n = 10, 22±4 anos).

A figura 8 mostra o trenó utilizado pelo GE.



**Figura 11 - Trenó utilizado pelo GE para realizar o treino de força reativa.**

Os resultados do estudo de Hirayama e colaboradores (2017) foram os seguintes:



**Figura 12** - Stiffness do tendão calcâneo após 12 semanas de treino de força reativa.

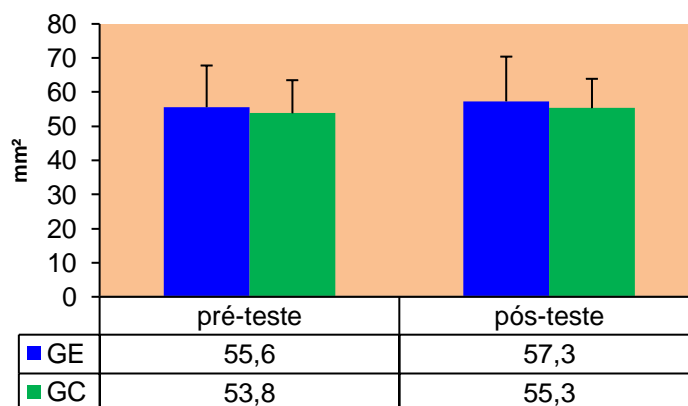
Outra adaptação fisiológica do tendão calcâneo por causa do treino de força reativa foi detectada por Fouré e colaboradores (2011).

O GE praticou treino de força reativa por 14 semanas com diversas alturas dos obstáculos (35, 50 e 65 cm), fez salto vertical sem contramovimento e com contramovimento, totalizando um mínimo e

máximo de 200 a 600 saltos por sessão ( $n = 9$ ,  $18,8 \pm 0,9$  anos). O GC não praticou exercício durante esse período ( $n = 10$ ,  $18,9 \pm 1$  anos).

A área de secção transversa do tendão calcâneo foi mensurada com ultrassonografia, embora não tenha ocorrido diferença significativa ( $p > 0,05$ ), o GE obteve um pequeno aumento do tendão.

A figura 13 apresenta esse resultado.



**Figura 13** - Pequeno aumento da área de secção transversa do tendão calcâneo do GE e do GC.

O tendão calcâneo tem alta exigência no ciclo de alongamento e encurtamento do treino de força reativa. O tendão calcâneo pertence ao CES e o músculo ao CC, essas estruturas mecânicas do trabalho muscular atuam de maneira organizada nessa sessão. Através da biomecânica e da cinesiologia foi possível identificar a participação do tendão calcâneo durante o treino de força reativa (Marques Junior, 2001; Rasch, 1991; Viel, 2001).

Quando o praticante do treino de força reativa cai com a ponta dos pés no solo para

amortecer o impacto (Bobbert, 1990), ele realiza flexão plantar do tornozelo e o tendão calcâneo se encurta (Kirby, 2017).

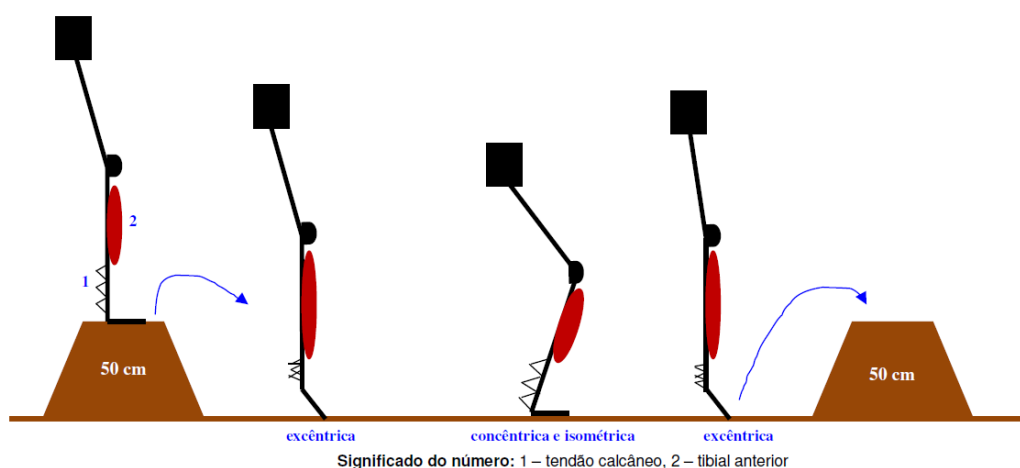
Nesse momento o músculo tibial anterior se alonga, acontecendo ação muscular excêntrica – mais detalhes sobre isso veja na figura 4.

Após a queda, acontece a fase de amortização, onde todo o solado do tênis se encontra no chão e o esportista faz dorsiflexão do tornozelo (Marques Junior, 2002), vindo ocorrer alongamento do tendão calcâneo e a tibial anterior prática contração concêntrica



seguido de isométrica. Em seguida, acontece a fase de impulsão, onde o esportista efetua flexão plantar do tornozelo e o tendão calcâneo se encurta, enquanto o tibial anterior se alonga, acontecendo ação muscular excêntrica.

Essas explicações são complementadas pela figura 14 sobre a participação do tendão calcâneo durante o treino de força reativa.



**Figura 14** - Atuação do tendão calcâneo e do tibial anterior durante o treino de força reativa.

Através dessa parte do artigo o leitor teve algumas informações sobre os aspectos mecânicos do trabalho muscular durante ou após o treino de força reativa.

### Ação neurofisiológica e adaptação neuromuscular do praticante do treino de força reativa

O tipo de treinamento que um esportista realiza produz ações neurofisiológicas e adaptações neuromusculares correspondentes ao tipo de trabalho realizado (Adkins e colaboradores, 2006; Jensen e colaboradores, 2005).

Isso acontece no praticante do treino de força reativa (Cormie e colaboradores, 2011), merecendo que a carga de treino esteja adequada para os benefícios surtirem efeito no atleta (Marques Junior, 2017b).

Barbanti (2001) fez a seguinte conclusão: O treinamento físico é uma repetição sistemática de movimento que produzem reflexos de adaptação morfológica e funcional, com o objetivo de aumentar o rendimento num determinado espaço de tempo (p. 3).

A queda da caixa em direção ao solo com ambas os pés do praticante do treino de força reativa ocasionam uma reação muscular excêntrica, gerando em um significativo

alongamento no complexo músculo e tendão (Marques Junior, 2005). Esse alongamento excessivo aciona o fuso muscular que detecta o nível de alongamento do complexo músculo e tendão, encaminhando essa informação através de um impulso nervoso para a medula espinhal que retorna para a região de origem, no complexo músculo e tendão (Taube, Leukel e Gollhofer, 2012).

Essa informação eferente da medula espinhal ocasiona uma potente ação reflexa do complexo músculo e tendão através da ação muscular isométrica e depois a contração concêntrica no momento da impulsão (Bompa, 2004). Essa resposta do complexo músculo e tendão é denominada de reflexo miotático, tendo o intuito de evitar um alongamento excessivo e proteger a estrutura anatômica contra lesão (Moritani, 2003).

Porém, o reflexo miotático gera uma contração exagerada do complexo músculo e tendão, sendo acionados os órgãos tendinosos de Golgi (OTG) que encaminha a informação aferente para a medula espinhal e imediatamente retorna o comando para o complexo músculo e tendão se relaxar com o intuito de evitar uma lesão (Aagaard e colaboradores, 2003; Guissard e Duchateau, 2006).

Outra iniciativa do OTG é propiciar uma inibição autogênica ou facilitação neural

do complexo músculo e tendão do praticante do treino de força reativa (Marques Junior, 2005). Em pessoas pouco treinadas nessa sessão os OTG ocasionam inibição autogênica da contração concêntrica e o indivíduo realiza o salto com menor força e isso gera uma impulsão de menor altura, isso pode ser evidenciado na menor atividade eletromiográfica dos músculos agonistas (Ugrinowitsch e Tricoli, 2006).

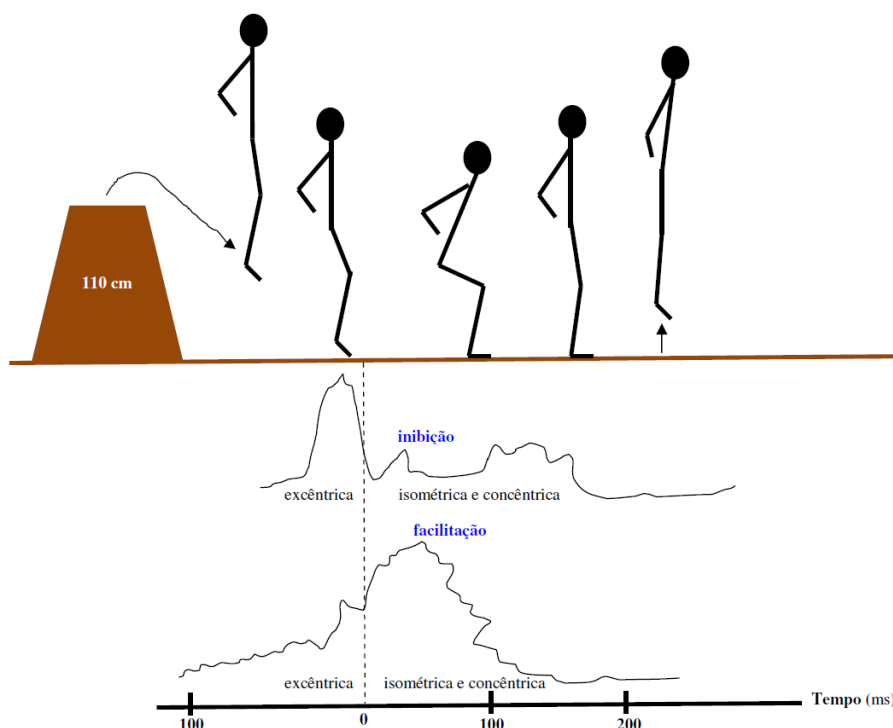
A finalidade da inibição autogênica dos músculos agonistas causadas pelos OTG tem o objetivo de proteger o complexo músculo e tendão contra uma tensão excessiva para evitar uma possível lesão nessa estrutura anatômica (Ide e colaboradores, 2014)

Enquanto em esportistas treinados por algumas semanas na sessão de força reativa, os OTG efetuam uma ativação neural ou

facilitação neural que resulta no aumento da força durante a contração concêntrica, acontecendo um aumento eletromiográfico da musculatura na fase de impulsão (Sale, 1988). Parece que essa facilitação neural causada pelos OTG desencadeia uma sincronização das unidades motoras (UMs) do praticante do treino de força reativa (Badillo e Ayestarán, 2001).

Lembrando, a sincronização ocasiona ao mesmo tempo um maior recrutamento das UMs durante o trabalho muscular para produzir o movimento, ela gera aumento da força e melhora da coordenação (Semmler, 2002).

A figura 15 apresenta o trabalho do OTG que foi registrado pela eletromiografia, através da inibição autogênica e da facilitação neural do praticante de força reativa.



**Figura 15** - Resposta eletromiográfica do músculo gastrocnêmio durante o treino de força reativa de 110 cm (A) de um indivíduo destreinado e (B) de um saltador treinado nessa sessão (adaptado de Sale, 1988).

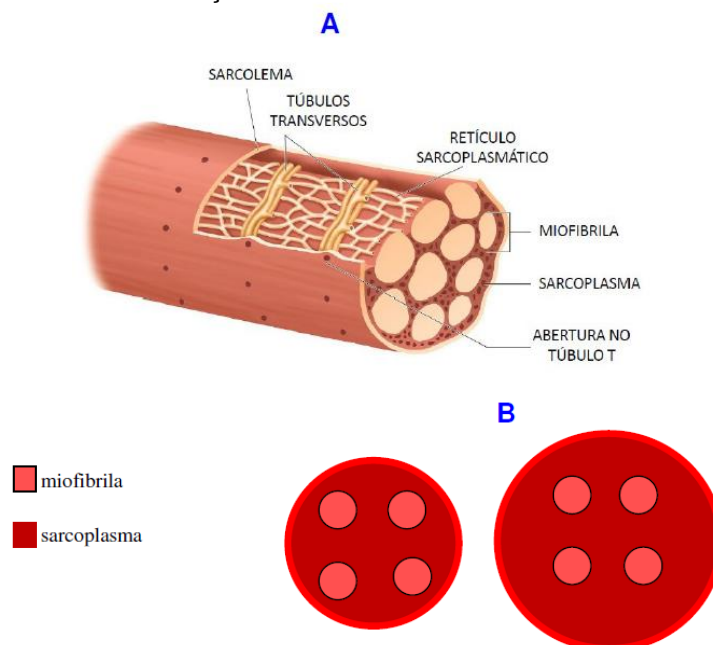
Além da adaptação da facilitação neural proporcionada nos OTG pelo treino de força reativa, essa sessão ocasiona nos membros inferiores um aumento da massa e da densidade óssea por causa do alto impacto quando os pés do atleta atingem o solo, sendo obtido esse benefício em poucas semanas (Marques Junior, 2005b).

Outra adaptação do praticante do treino de força reativa acontece com o aumento predominante da força neural e a ênfase da hipertrofia nos membros inferiores é sarcoplasmática (Marques Junior, 2014).

A hipertrofia sarcoplasmática da fibra muscular acontece através do aumento do sarcoplasma, sendo a parte líquida da fibra

muscular que é uma substância gelatinosa composta por vários substratos (proteínas, minerais, glicogênio, gorduras dissolvidas e outros) e se localiza entre os espaços das miofibrilas, não tendo contribuição na

produção da força (Zatsiorsky, 1999; Wilmore e Costill, 2001). A figura 16 mostra o sarcoplasma e apresenta a hipertrofia sarcoplasmática.



**Figura 16** - (A) Sarcoplasma da fibra muscular (Extraído de Wilmore e Costill, 2001) e (B) hipertrofia sarcoplasmática (Adaptado de Zatsiorsky, 1999)

As fibras de contração rápida conseguem significativo aumento com o treino de força reativa, isso foi evidenciado em animais (Silveira, Pérot e Goubel, 1996) e em humanos (Malisoux e colaboradores, 2006).

Portanto, esse tipo de treinamento torna fundamental para os esportistas que desejam melhorar a força rápida e a força reativa, o salto vertical, a velocidade, a agilidade, a força da técnica esportiva e proporciona economia da corrida para corredores de longa distância (Markovic e Mikulic, 2010).

Conclui-se que, atletas de diversas modalidades esportivas merecem praticar essa sessão para obter incremento na *performance*.

### USO DO SOFTWARE KINOVEA® PARA MONITORAR O TREINO DE FORÇA REATIVA

O treino de força reativa pode ser monitorado pelo *software* Kinovea® para o treinador verificar a qualidade de execução do esportista nessa sessão. Esse *software* possui

vários recursos de análise, inclusive já foi utilizado para mensurar o desempenho físico de voleibolistas durante o jogo de voleibol (Marques Junior, 2016a, 2017c).

A filmadora merece estar fixada no tripé para acontecer uma boa coleta de dados durante a prática do treino de força reativa (Marques Junior, 2009b). O treinador deve filmar o atleta de frente e de lado no momento da execução desse treinamento para ocorrer uma adequada análise da execução dessa sessão (Bauer, 1999).

Após a filmagem, caso seja necessário, use o *software* Movie Maker para acertar os dados coletados pela filmadora e se não souber utilizar esse programa, leia o artigo de Marques Junior (2016). Lembrando, esse *software* pode ser adquirido gratuitamente na internet em <http://windows.microsoft.com/pt-br/windows/get-movie-maker-download>.

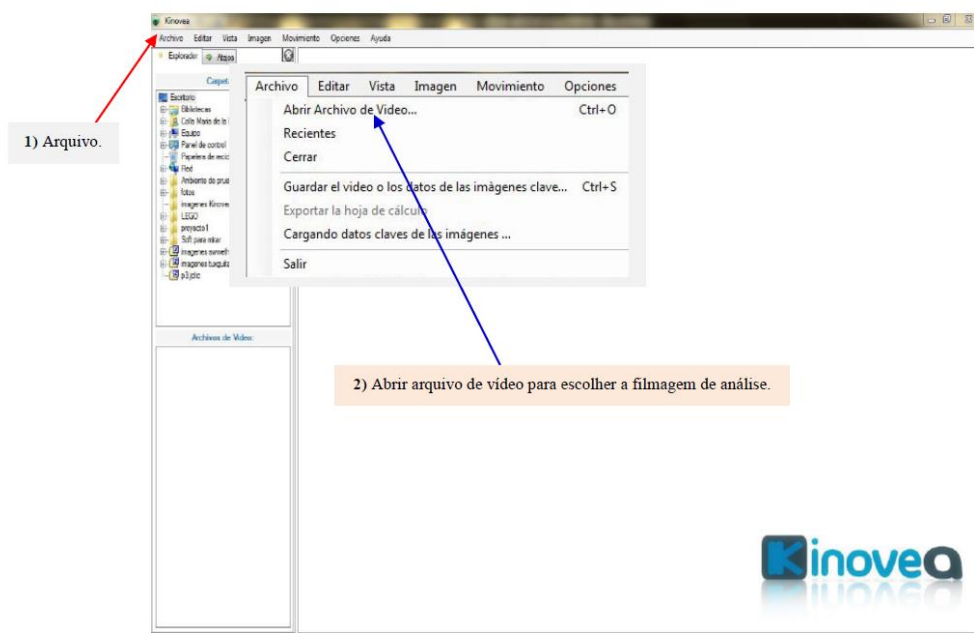
A filmagem do praticante do treino de força reativa para ser estudado com o *software* Kinovea® serve para detectar a técnica de execução do atleta durante esse trabalho físico e é possível estabelecer indiretamente quando começa instalar a fadiga, podendo ser

estabelecido através do tempo de execução dessa tarefa. Um declínio no tempo da prática do treino de força reativa pode ser uma provável fadiga do treinando.

Recomenda-se fazer o pós-teste dessa coleta de dados para posterior análise com o *software* Kinovea® quando o esportista consegue uma melhora neuromuscular por causa dessa sessão, geralmente ocorre no período de 4 a 16 semanas ou de 1 a 4 meses

(Clutch e colaboradores, 1983; Impellizzeri e colaboradores, 2008).

O *software* Kinovea® é gratuito, podendo ser acessado na internet (<https://www.kinovea.org/>) e depois instalado no seu computador com idioma que desejar. Após esse procedimento, clique no *software* Kinovea®, vai aparecer a seguinte página - ver figura 17:



**Figura 17** - Página inicial do *software* Kinovea®, em seguida você clica em arquivo e depois abrir arquivo de vídeo para escolher a filmagem que deseja fazer análise.

Vai aparecer essa tela e depois você escolhe a análise que deseja fazer - ver figura 18.

Em alguns casos, a filmagem não vai estar muito nítida merecendo ajuste pelo *software* Kinovea® - ver figura 19 e 20.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

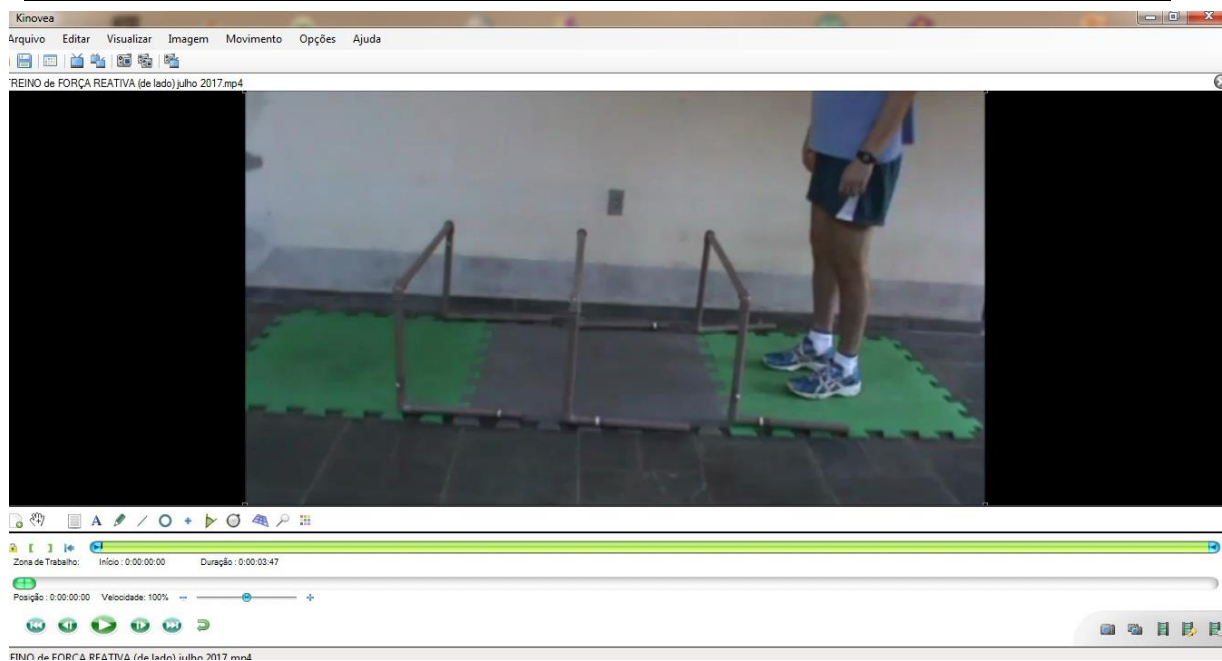
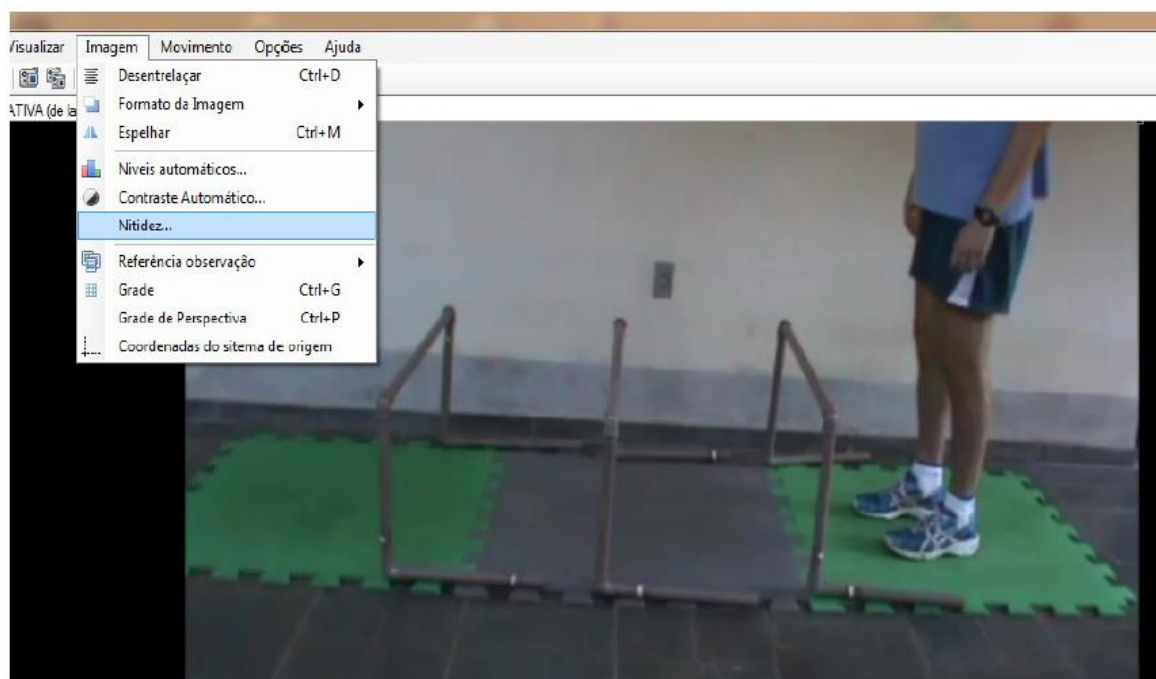
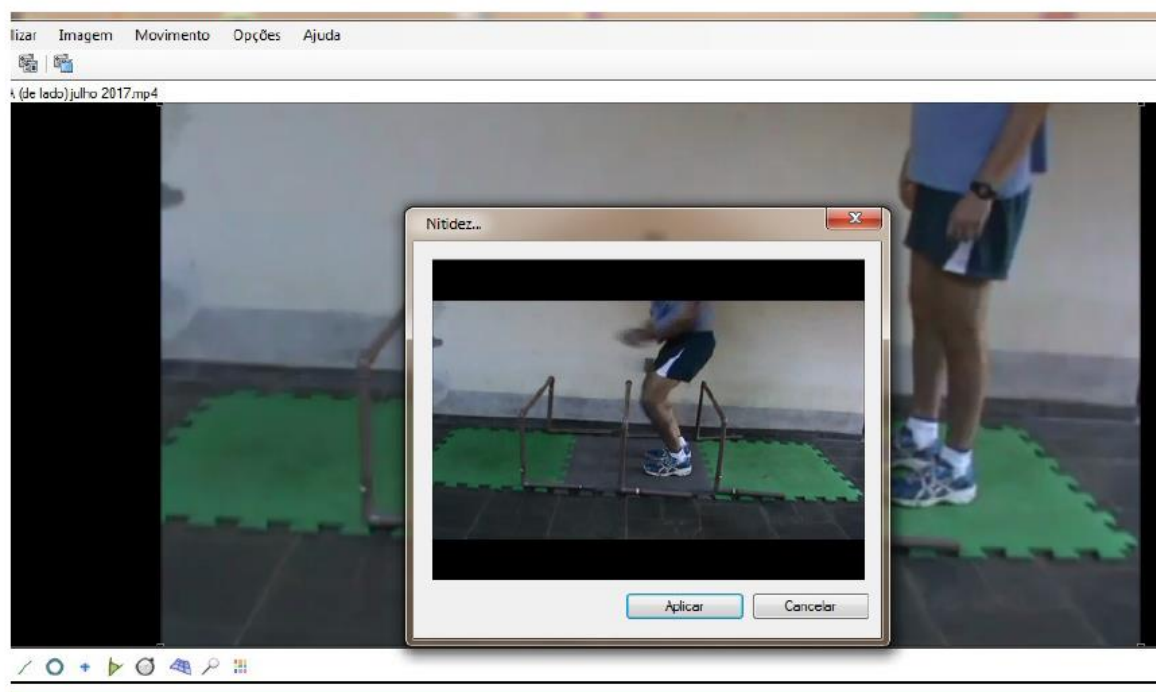


Figura 18 - Tela inicial do software Kinovea®.

A



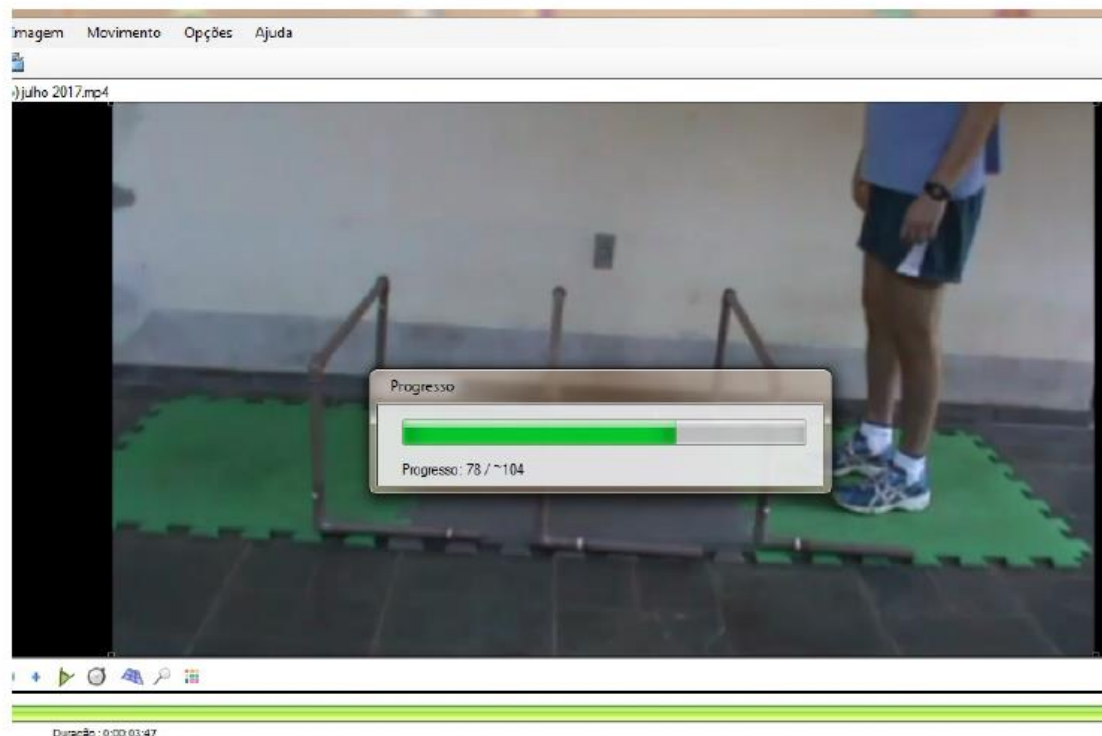
B



**Figura 19** - (A) Vá com o cursor em imagem e clique em nitidez para melhorar a qualidade da filmagem. (B) Em seguida, vai aparecer essa tela menor e você deve clicar em aplicar.



C



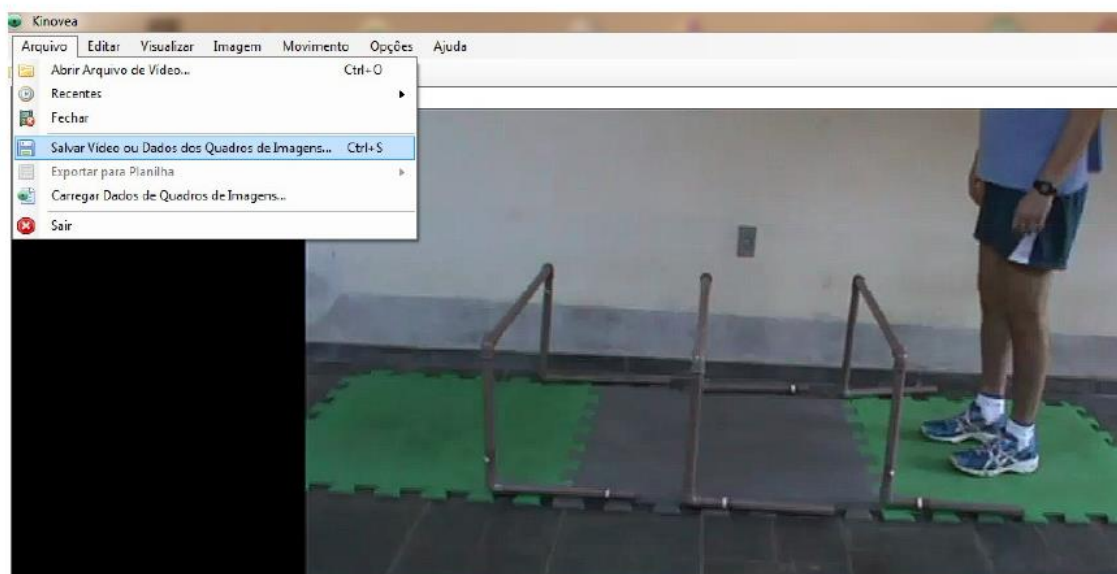
D



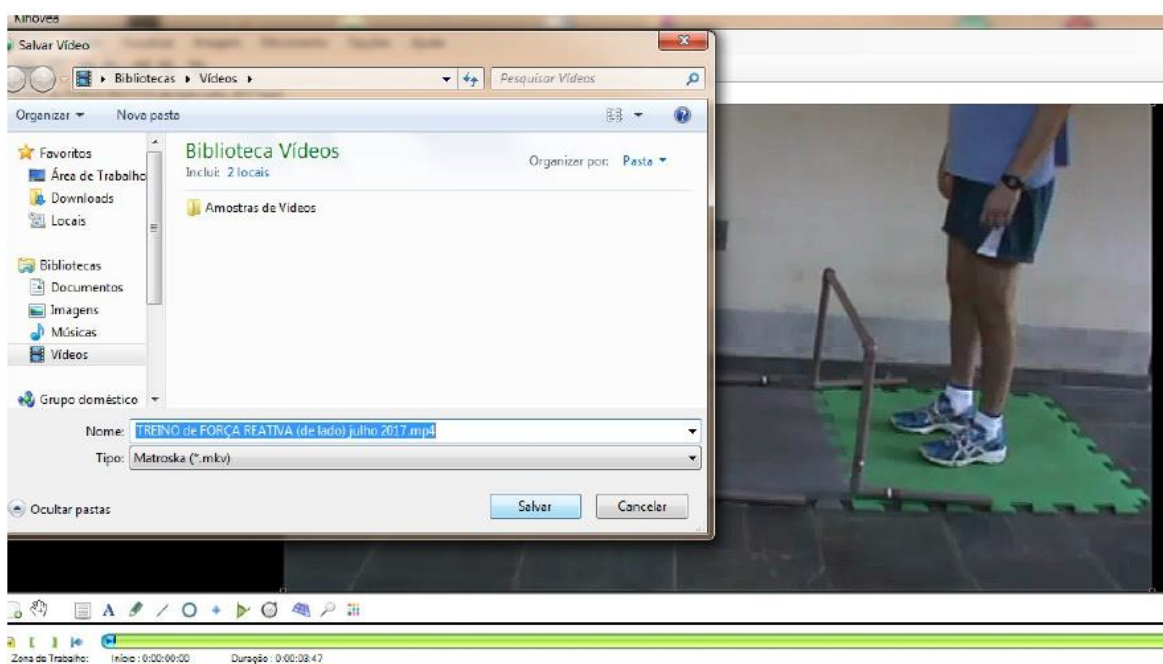
**Figura 20 - (C)** Kinovea® aplicando nitidez na imagem e (D) e depois a filmagem ajustada.

Depois do *software* Kinovea® aplicar nitidez na filmagem, salve conforme a sequência indicada na figura 21 e 22.

**E**



**F**



**Figura 21** - (E) Vá em arquivo e clique salve vídeo, (F) vai aparecer essa tela para você salvar a filmagem mais nítida.

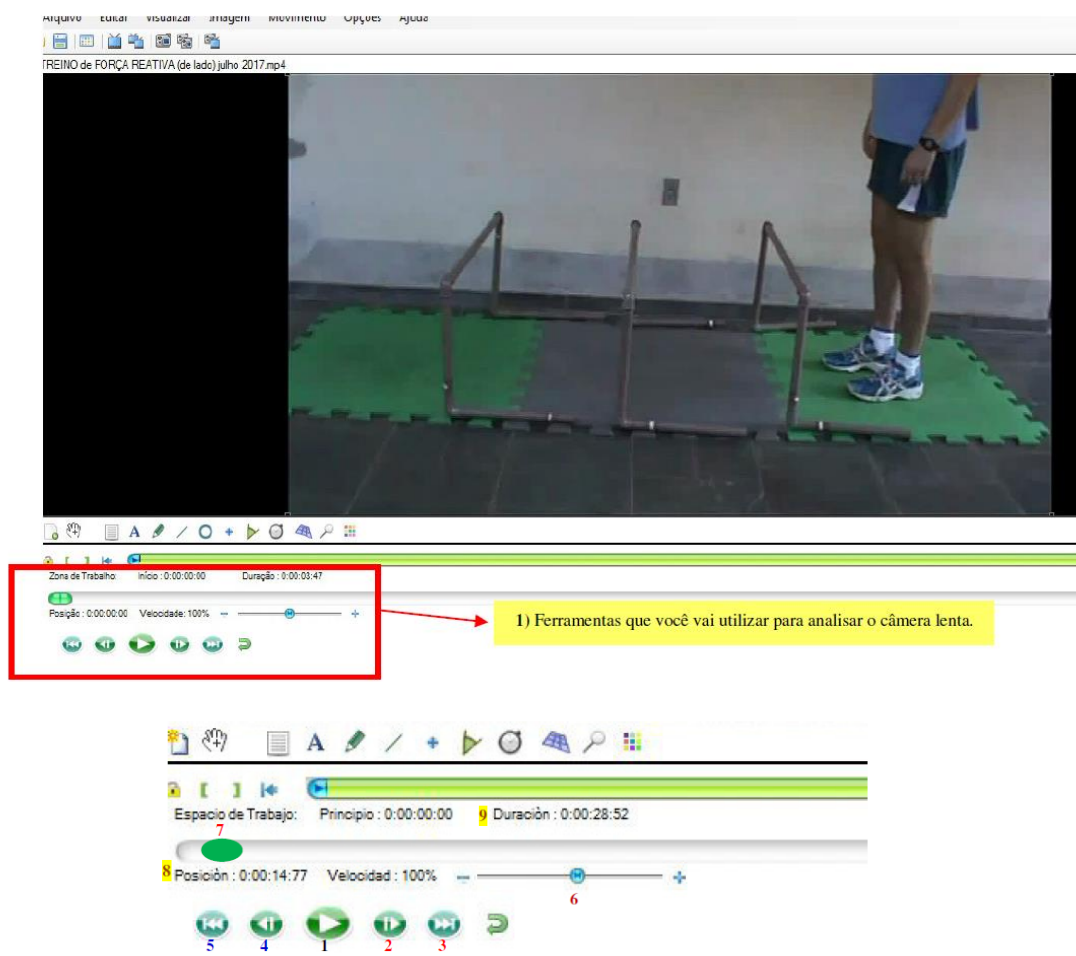
Depois desse ajuste na filmagem você pode fazer diversos estudos do treino de força reativa. O *software* Kinovea® o treinador pode fazer as seguintes análises do atleta praticando o treino de força reativa:

- câmera lenta da execução da sessão (ver a técnica do salto, da queda e outras),
- zoom para visualizar melhor a prática dos membros inferiores nessa sessão,
- tempo de execução do treino,

- tempo das fases do ciclo de alongamento e encurtamento,
- altura do salto e da queda durante a prática dessa sessão,
- ângulo dos membros inferiores durante a prática desse treino e
- velocidade das fases do ciclo de alongamento e encurtamento e outros.

Os exemplos a seguir ensinando como usar o *software* Kinovea® foram aplicados em um atleta do voleibol master que pratica essa sessão desde 1986, ele realizou o treino de força reativa com barreiras de PVC de 40 cm.

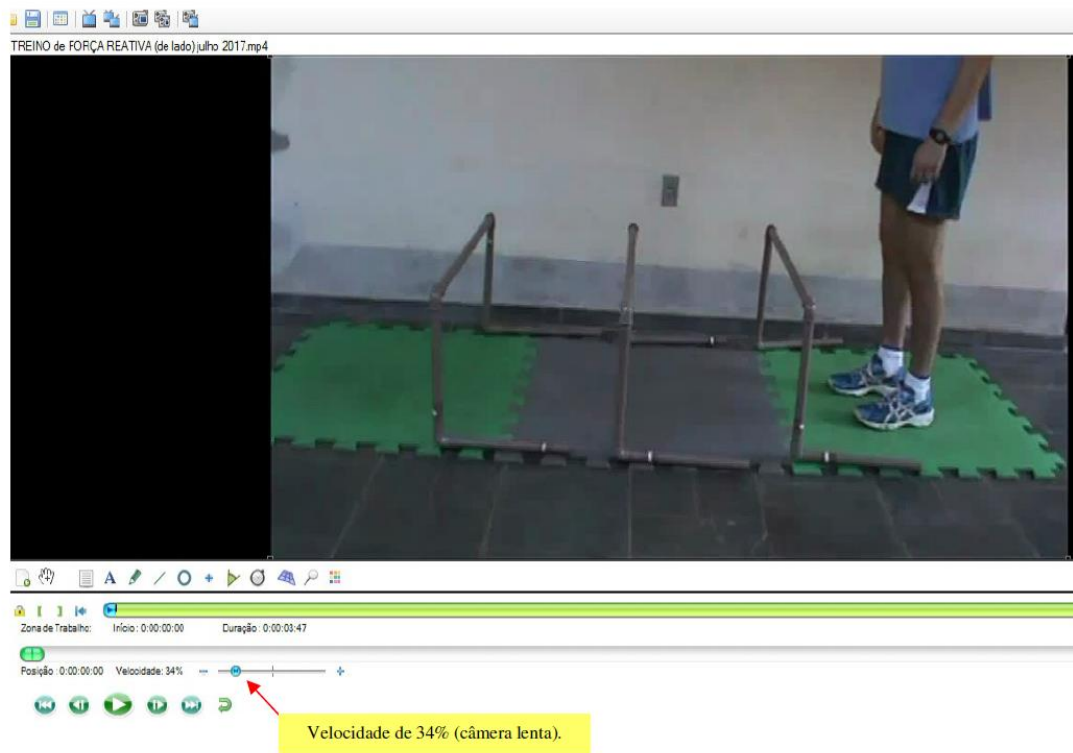
O treinador que deseja observar em câmera lenta o atleta durante a prática do treino de força reativa, basta seguir as instruções da figura 22 e 23.



#### Função das Ferramentas

- 1) Reproduzir ou pausar, 2) Ir para o próximo quadro, 3) Pular para o final, 4) Voltar ao quadro anterior e 5) Voltar ao início.
- 6) No meio estabelece a velocidade da gravação em tempo normal, indo com o cursor para o mais aumenta a velocidade e direcionando para o menos, diminui a velocidade da filmagem.
- 7) Cursor de navegação, indica como está a velocidade da gravação, útil para o pesquisador fazer a movimentação da gravação com o cursor do computador.
- 8) Posição determina o local em que se encontra o vídeo. 9) Duração é o tempo do vídeo.

**Figura 22** - Ferramentas úteis para utilizar na câmera lenta.



**Figura 23** - Ícone deslocado para a câmera lenta.

Quando o treinador orienta vários atletas e/ou filmou de lado, mas não apareceu o rosto do esportista, o ideal é colocar o nome

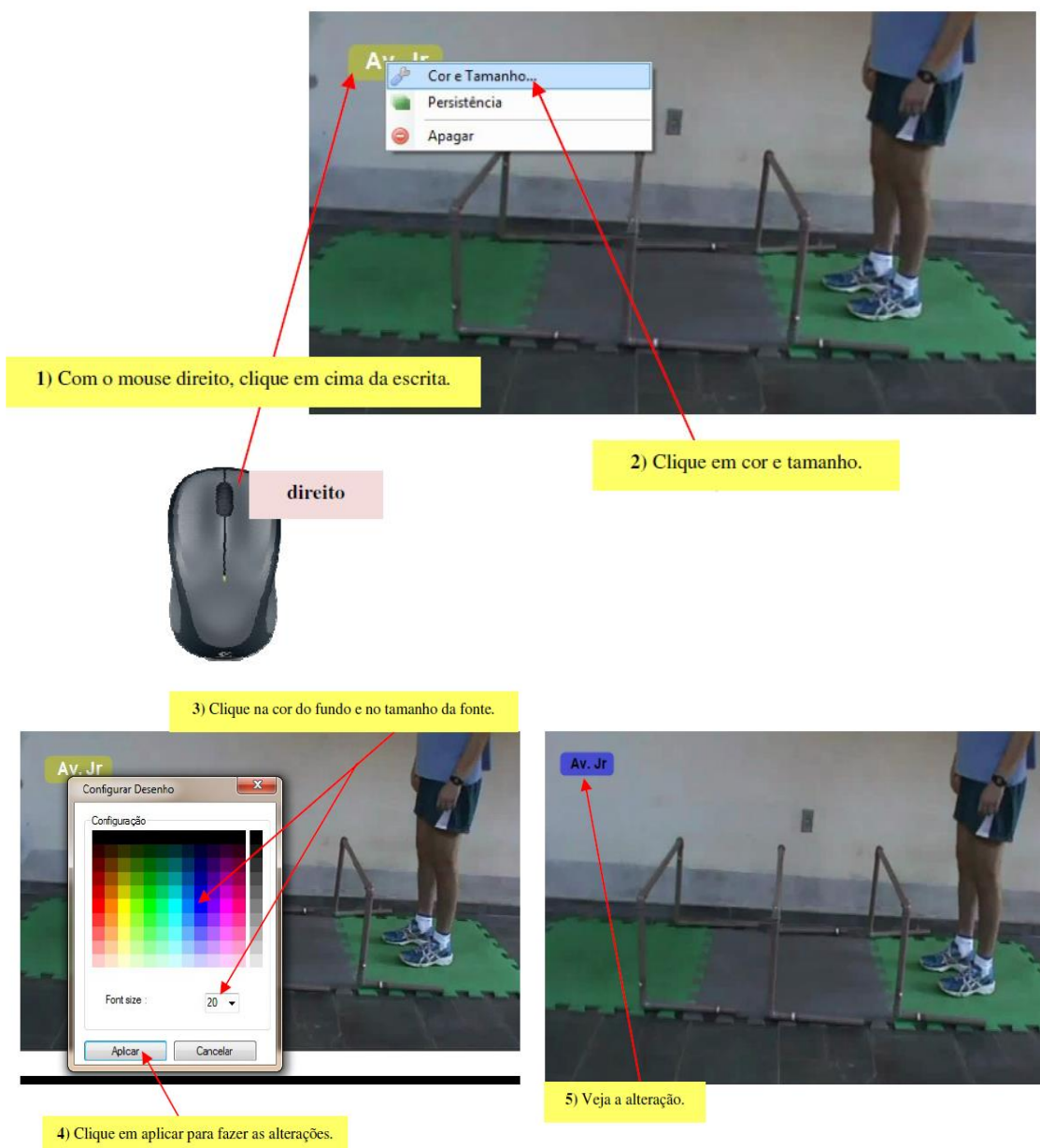
do atleta no vídeo. Esse procedimento é simples com o *software* Kinovea®. Veja a figura 24 e aprenda como fazer.



**Figura 24** - Como colocar o nome na tela do vídeo.

Caso queira mudar a cor do fundo e o tamanho da letra basta seguir os ensinamentos da figura 25.



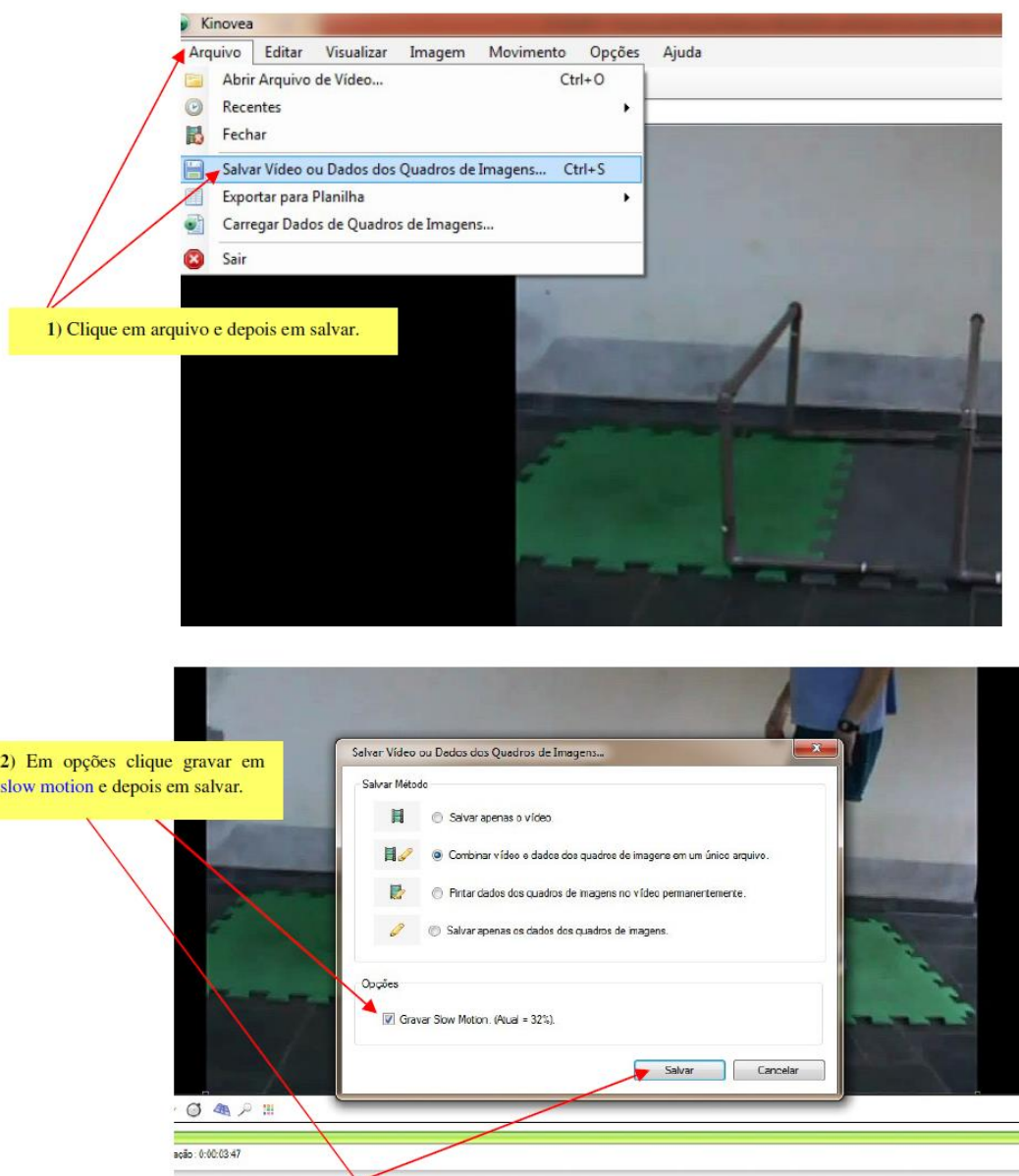


**Figura 25** - Como fazer alterações nas escritas da tela.

Então, depois de você estudar o esportista praticando o treino de força reativa em câmera lenta e escrever o nome dele na

tela, vamos salvar essa análise nessa velocidade - ver figura 26.





**Figura 26** - Salvando a câmera lenta e o escrito na tela.

Em alguns casos, a câmera lenta não é suficiente para o treinador analisar com precisão a prática do treino de força reativa.

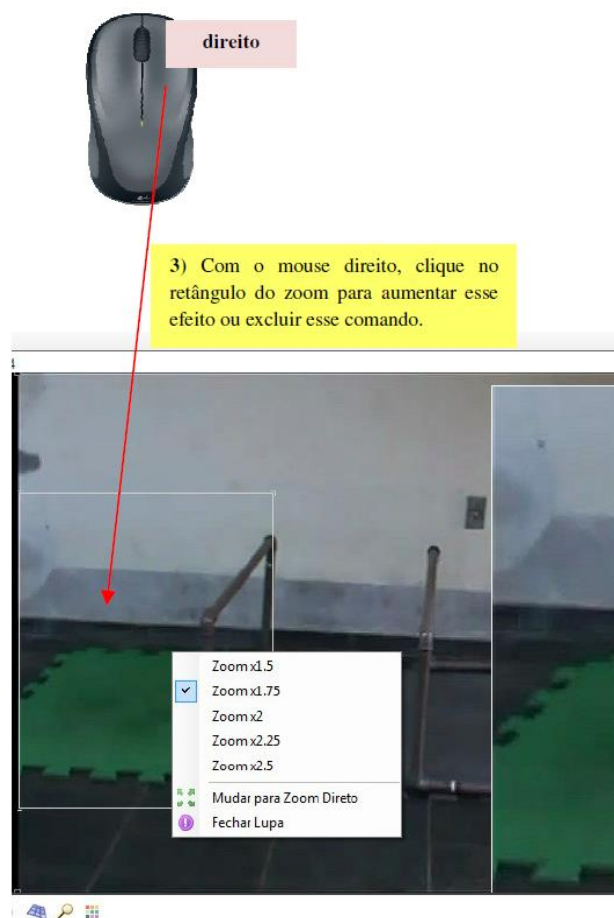
Logo, é necessário do professor utilizar o zoom do *software* Kinovea®.

A figura 27e 28 ensina isso.



**Figura 27** - Como usar o zoom.



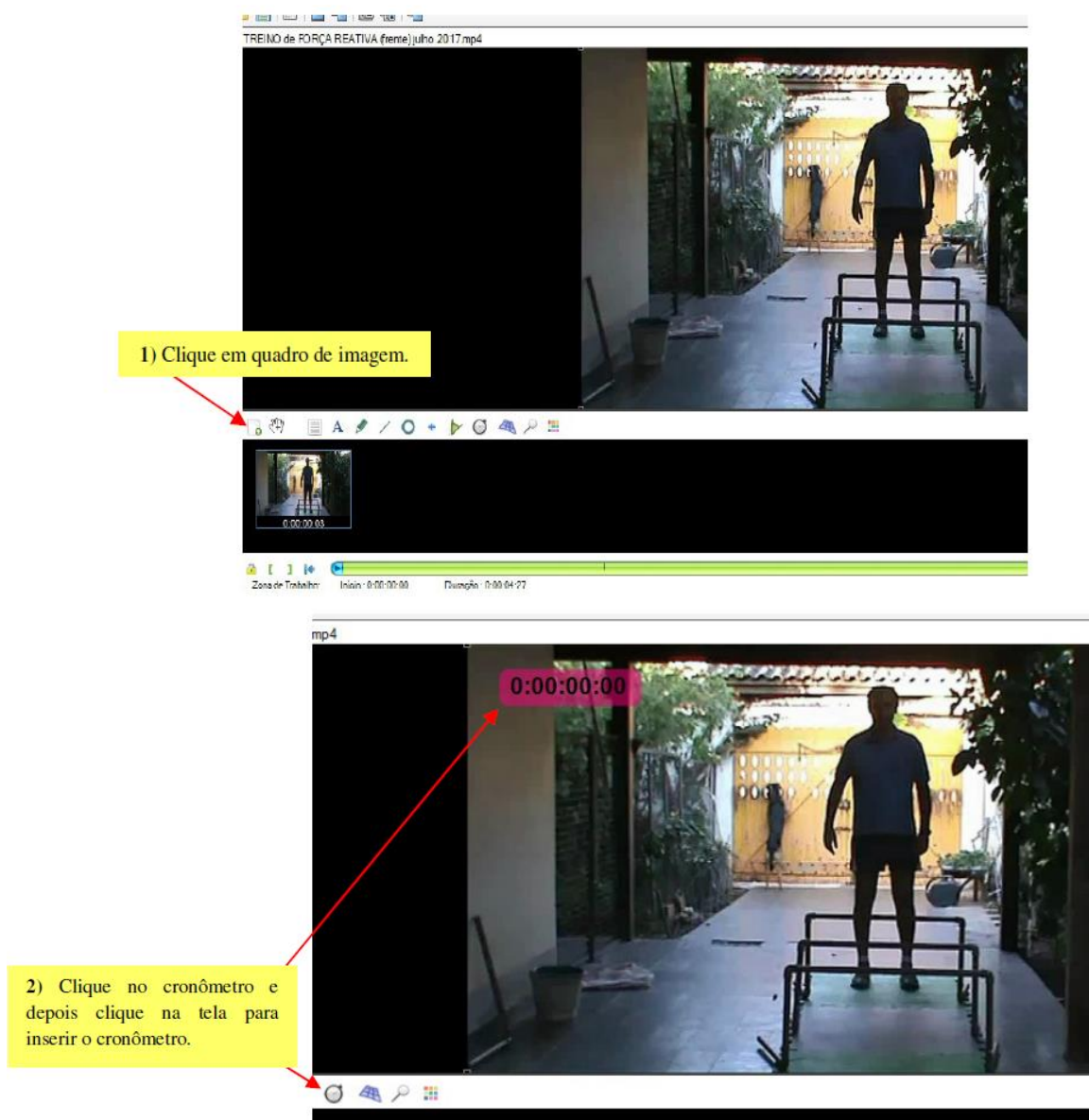


**Figura 28** - Como usar o zoom.

O *software* Kinovea® o preparador físico pode observar o tempo total de execução do esportista durante o treino de força reativa e, pode identificar o tempo das

ações musculares (excêntrica, isométrica e concêntrica) do ciclo de alongamento e encurtamento.

Veja como fazer isso na figura 29 a 31.



**Figura 29** - Inserir o cronômetro na análise do treino de força reativa.

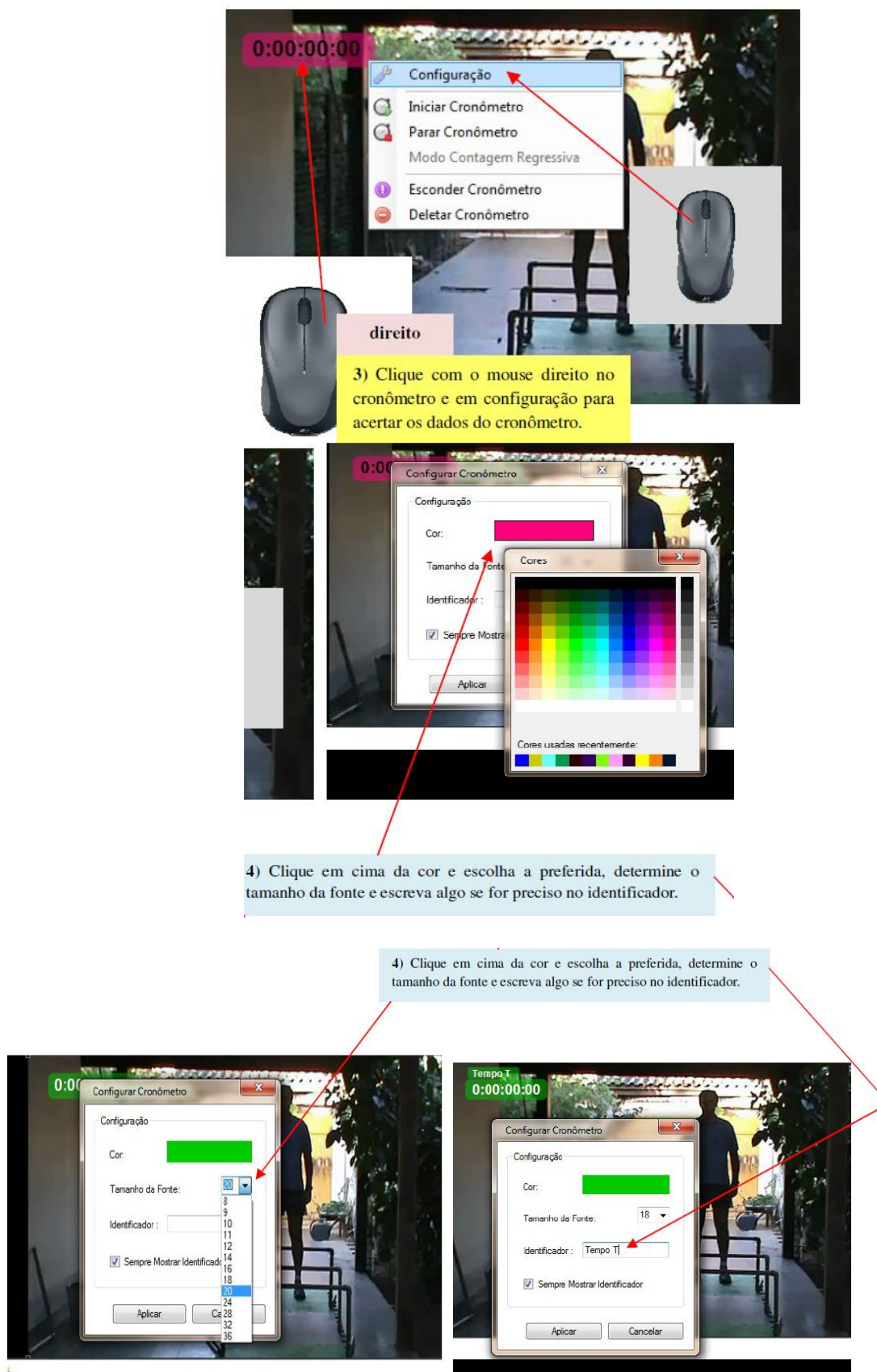
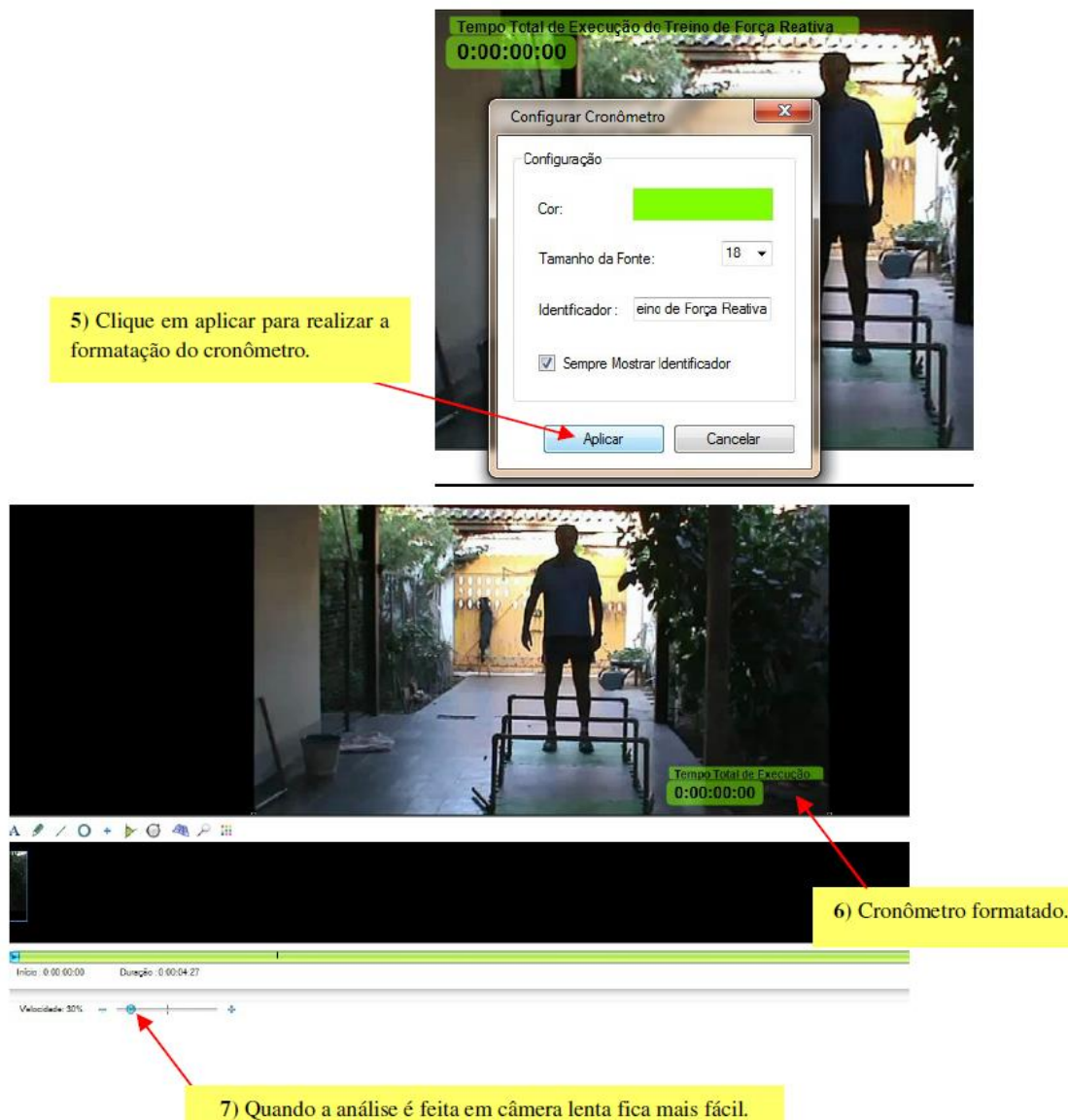


Figura 30 - Formatar o cronômetro.



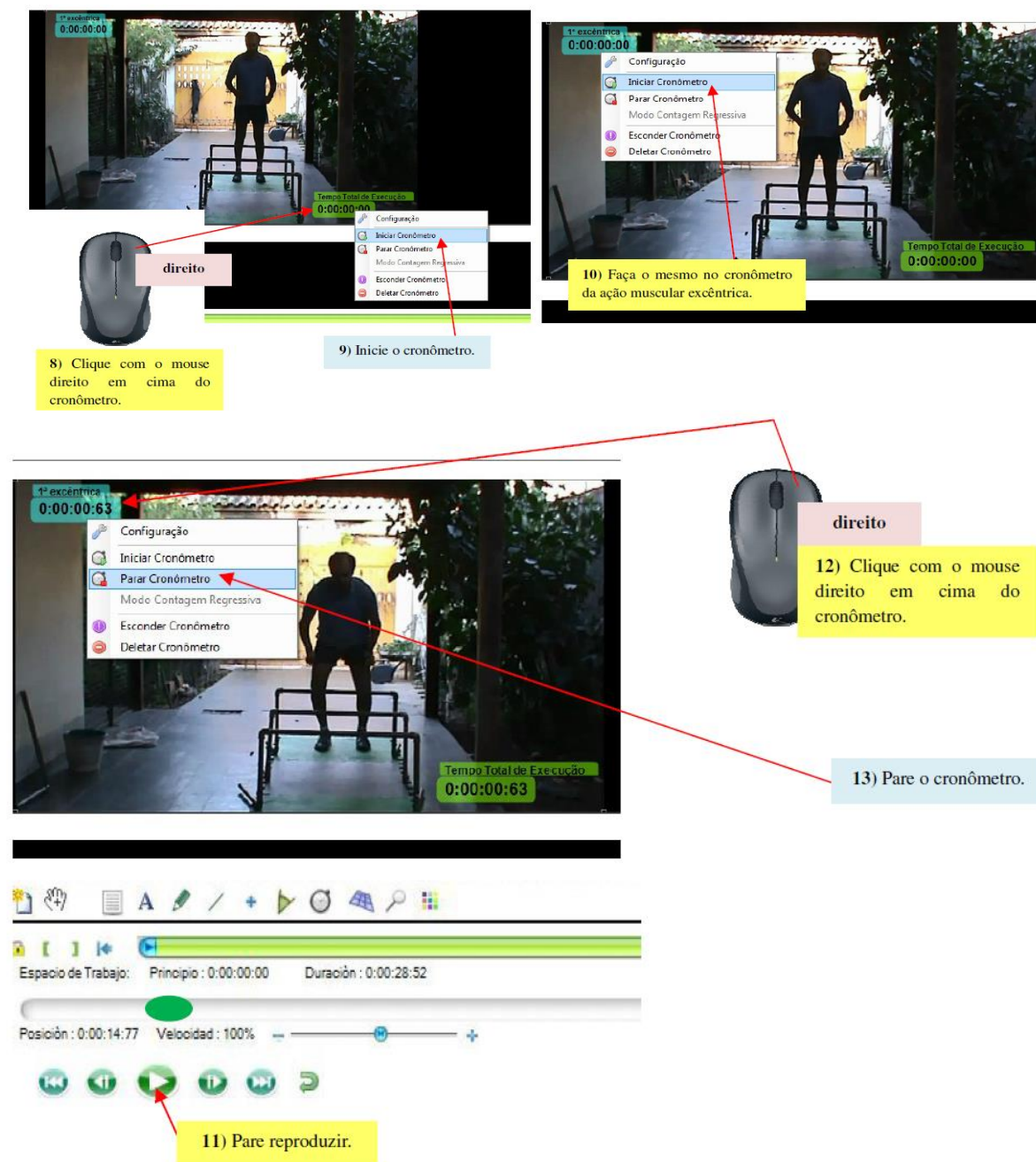


**Figura 31 - Cronômetro formatado.**

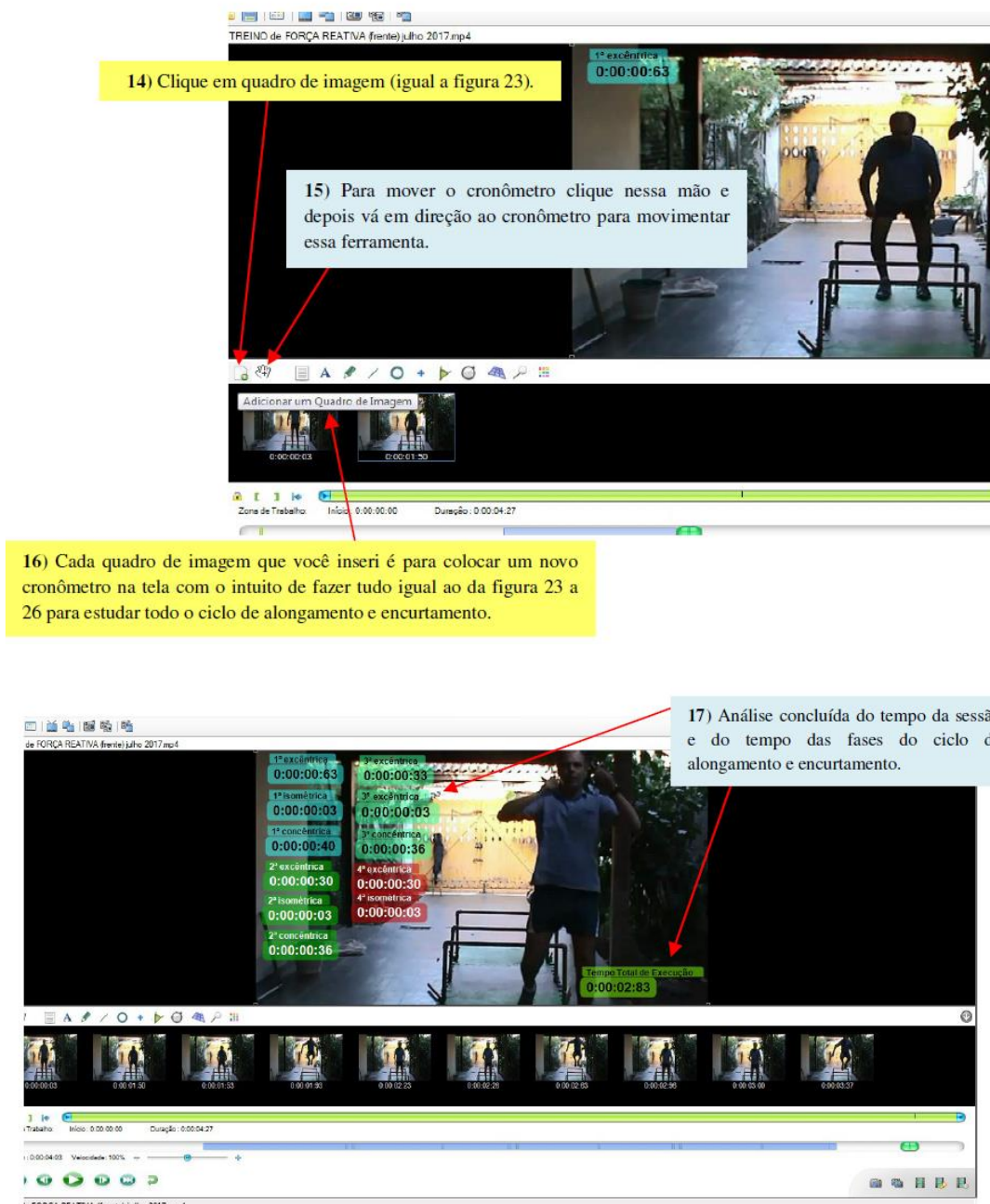
Todo esse procedimento ensinado na figura 32 a 34, você deve fazer até acabar de analisar as fases do ciclo de alongamento e encurtamento durante o treino de força reativa.

Lembrando, a análise são os tempos dessas fases, sendo útil para verificar se o atleta está fazendo em alta velocidade e podendo ser comparado após 4 semanas de treino ou mais.





**Figura 32** - Iniciar e parar o cronômetro para marcar o tempo das fases do ciclo de alongamento e encurtamento.

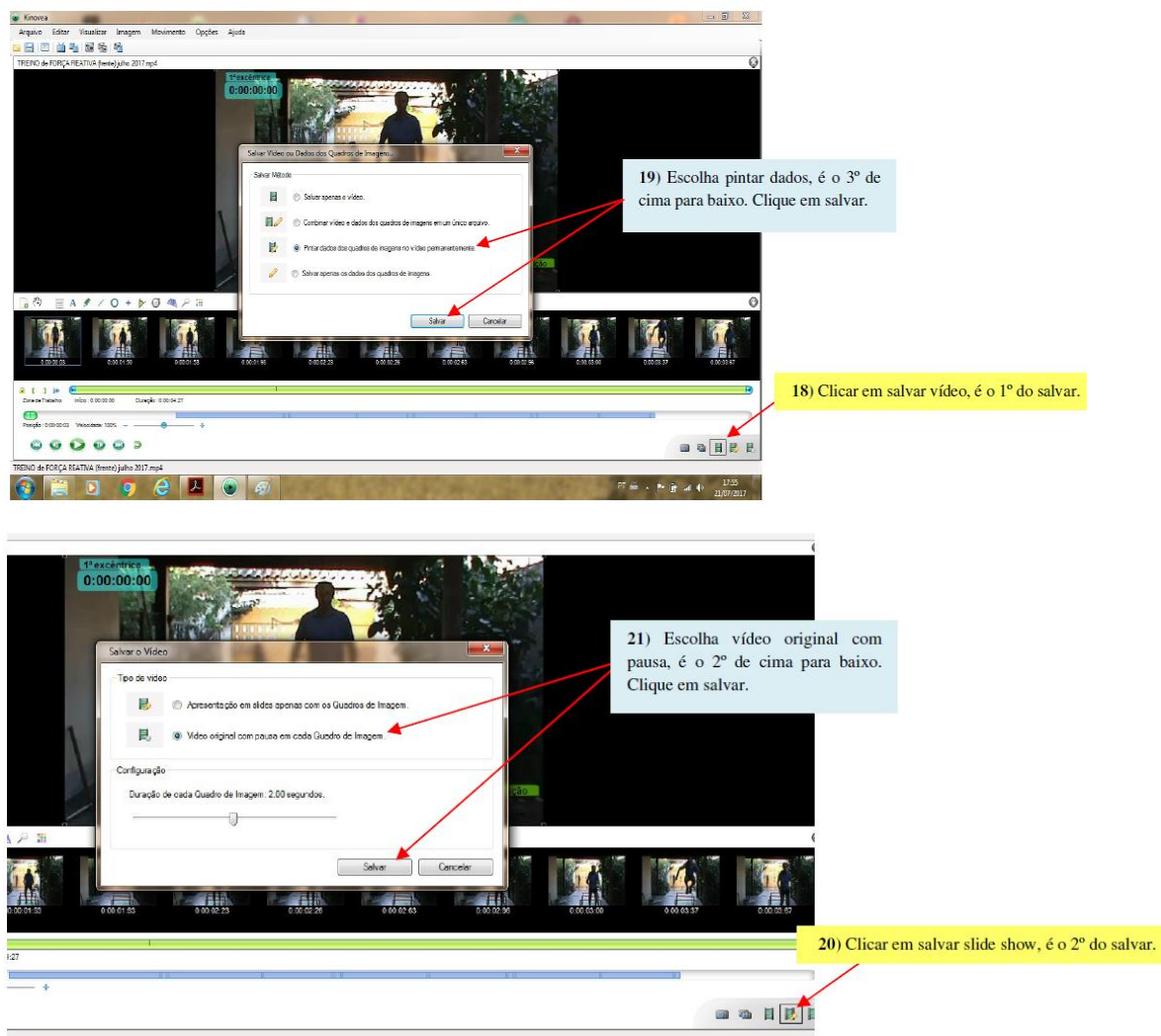


**Figura 33** - Análise com o cronômetro das fases do ciclo de alongamento e encurtamento.

Terminada a análise do ciclo de alongamento e encurtamento, agora salve o que foi estudado para comparar essa

execução do atleta quando der no mínimo 4 semanas de treino.

Veja como salvar na figura 34.



**Figura 34 - Maneiras diferentes do salvar com o software Kinovea®**

Após o treinador identificar os tempos do ciclo de alongamento e encurtamento durante o treino de força reativa, o ideal é tabular esses dados no Excel® para realizar futuras comparações e identificar se esse trabalho em alta velocidade causou incremento nas capacidades motoras condicionantes, como salto vertical, velocidade e agilidade.

Por exemplo, você pode comparar os valores das fases do ciclo de alongamento e encurtamento do treino de força reativa e pode

verificar a relação entre o tempo de execução dessa sessão versus os resultados dos testes das capacidades condicionantes.

A tabela 4 possui alguns dados que servem para ilustrar as ideias do nosso exemplo. Lembrando, os dados de 2 de julho de 2017 são reais e os de 2 de dezembro são fictícios.

A tabela 5 apresenta os dados do ciclo de alongamento e encurtamento do treino de força reativa do exemplo do artigo que foram extraídos da tabela 4.

**Tabela 4** - Tempo de execução em centésimos (cent) e segundos (seg) do treino de força reativa com barreira de 40 cm.

Execução do JR de 2 jul 2017	Excêntrica (cent)	Isométrica (cent)	Concêntrica (cent)	Série
1 <sup>a</sup>	63	3	63	1 <sup>a</sup>
2 <sup>a</sup>	30	3	30	1 <sup>a</sup>
3 <sup>a</sup>	33	3	30	1 <sup>a</sup>
Tempo Total de Execução 2 seg 83 cent				
Execução do JR de 2 dez 2017	Excêntrica (cent)	Isométrica (cent)	Concêntrica (cent)	Série
1 <sup>a</sup>	50	2	50	1 <sup>a</sup>
2 <sup>a</sup>	25	2	23	1 <sup>a</sup>
3 <sup>a</sup>	28	2	25	1 <sup>a</sup>
Tempo Total de Execução 2 seg 07 cent				

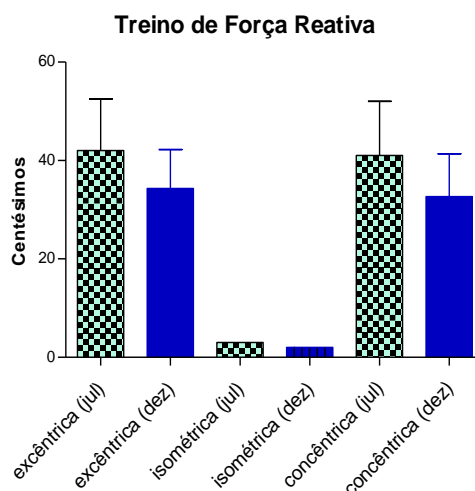
**Tabela 5** - Valores do tempo de execução do treino de força reativa conforme a data da coleta de dados.

Variáveis de Julho	Excêntrica (cent)	Isométrica (cent)	Concêntrica (cent)
Média e Desvio Padrão	42 ± 18,25	3	41 ± 19,05
Mínimo e Máximo	30 a 63	3 a 3	30 a 63
Intervalo de Confiança de 95%	-3,33 a 87,33	3 a 3	-6,32 a 88,33
Variáveis de Dezembro	Excêntrica (cent)	Isométrica (cent)	Concêntrica (cent)
Média e Desvio Padrão	34,33 ± 13,65	2	32,67 ± 15,04
Mínimo e Máximo	25 a 50	2 a 2	23 a 50
Intervalo de Confiança de 95%	0,42 a 68,24	2 a 2	4,70 a 70,04

Através do GraphPad Prism, versão 5.0, aconteceu o tratamento estatístico. O teste Shapiro Wilk detectou dados não nomais. A Anova de Kruskal Wallis não identificou diferença significativa entre o tempo em

centésimos do ciclo de alongamento e encurtamento,  $H(5) = 13,29$ ,  $p = 0,20$ .

A figura 35 ilustra esse resultado, observe que os valores foram menores em dezembro. Então, o esportista fez mais veloz essa sessão.



**Ação Muscular do Ciclo de Alongamento e Encurtamento**

**Figura 35** - Tempo de execução do ciclo de alongamento e encurtamento mensurado com o software Kinovea®.

Outros tratamentos estatísticos podem ser feitos com esses dados, é possível comparar o tempo total de execução conforme

as semanas de treino, realizar uma correlação entre o tempo do ciclo de alongamento encurtamento versus os resultados nos testes



# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

## ISSN 1981-9900 versão eletrônica

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

condicionantes, dá para elaborar uma equação de regressão e outros.

Caso a intenção da coleta de dados seja publicação, o ideal é verificar a normalidade dos dados vendo o histograma porque os testes de normalidade possuem baixo poder para identificar esse ocorrido (Torman, Coster e Riboldi, 2012).

Outro tratamento estatístico que merece ser realizado é a nova estatística indicada por Cumming (2007) que diminui o problema da significância  $p \leq 0,05$ .

O *software* Kinovea® também estabelece a altura do salto e da queda do treino de força reativa, esse procedimento é bem fácil. Veja na figura 36 a 39.



Figura 36 - Procedimentos iniciais de análise com o *software* Kinovea®.

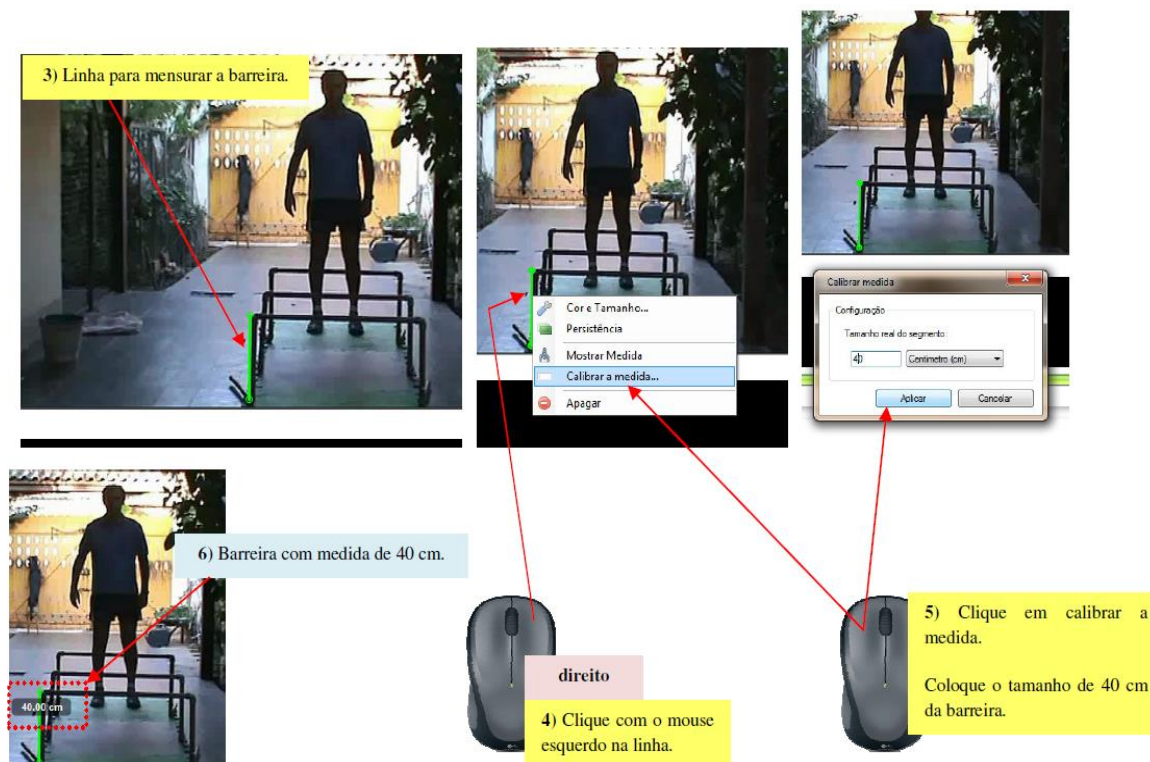
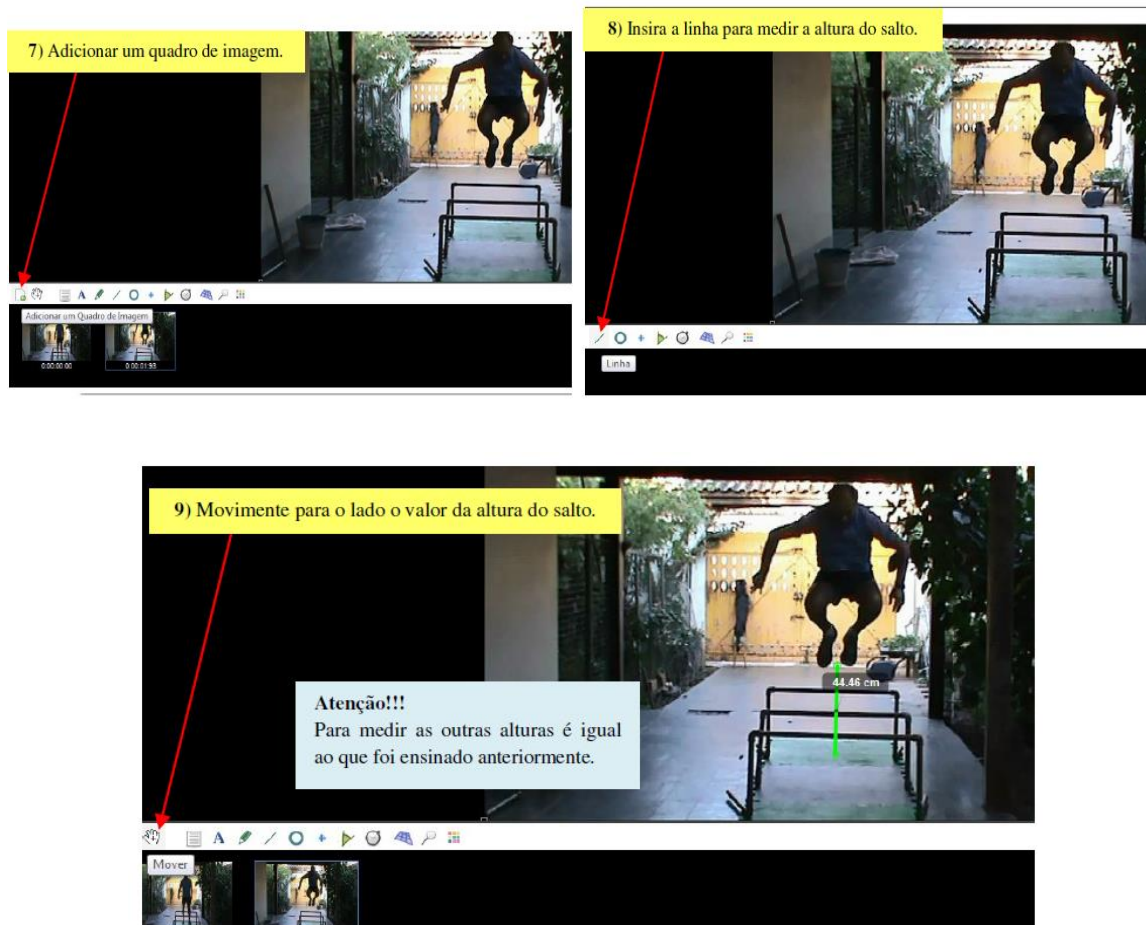


Figura 37 - Medindo a altura da barreira com o *software* Kinovea®.



**Figura 38** - Medir a altura do salto sobre a 1ª barreira.



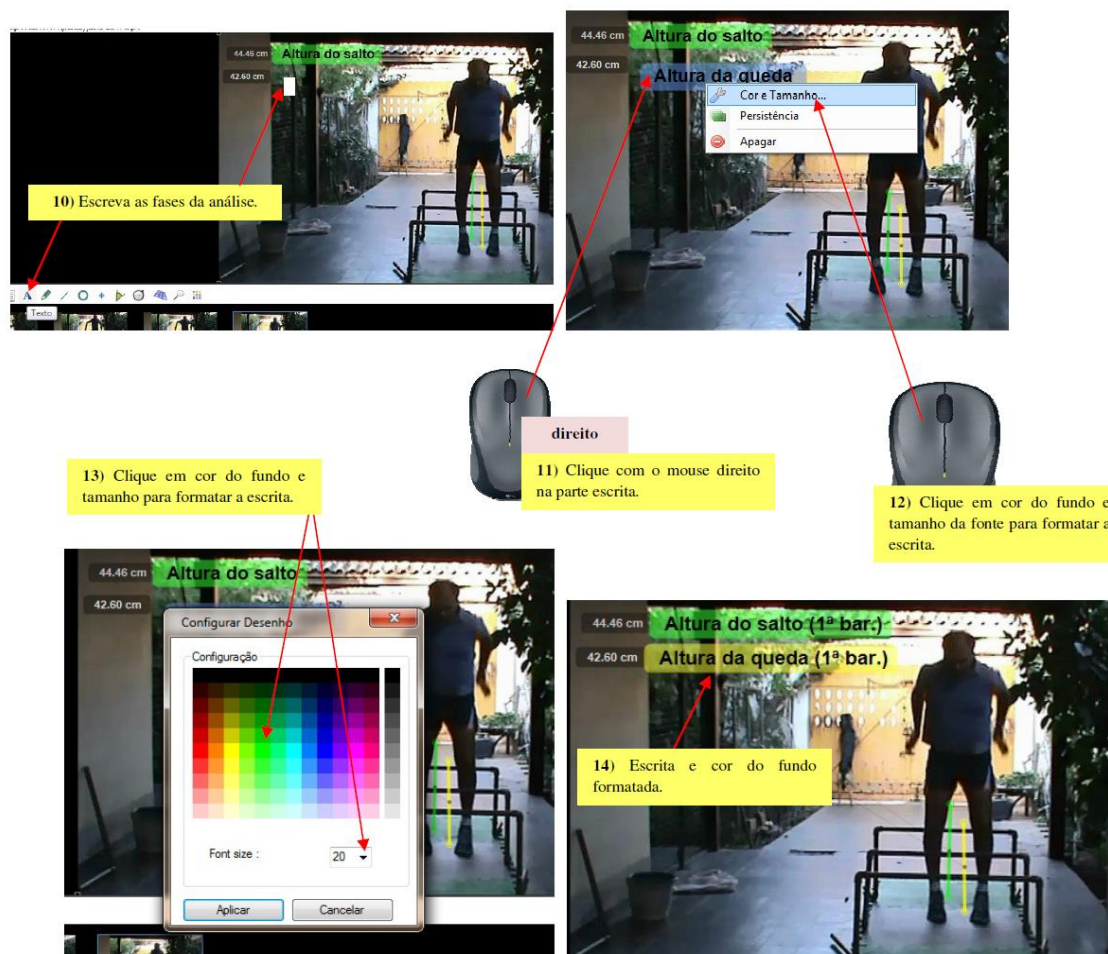


Figura 39 - Escrever as fases da análise da altura do salto e da queda.

Tabela 6 - Resultados da altura do salto e da queda durante o treino de força reativa.

Altura	1ª barreira (cm)	2ª barreira (cm)	3ª barreira (cm)	Média
do Salto	44,46	47,42	54,08	48,65
da Queda	42,60	40,75	47,78	43,71

Os resultados da altura dos três saltos e das três quedas são fornecidos na tabela 6.

A diferença entre altura do salto e da queda foi de 4,94 cm.

Após realizar diversas análises é possível efetuar vários cálculos sobre o treino de força.

Para estabelecer o índice de força reativa de Verkoshanski (1996), basta realizar o seguinte cálculo:

Índice de Força Reativa = altura do salto : altura do obstáculo = ?

Quanto maior for essa relação, maior será o índice de força reativa. Essa avaliação pode ser feita no mínimo a cada 4 semanas, momento que ocorre significativo incremento da força reativa.

Utilizando os valores do nosso exemplo, é possível calcular o índice de força reativa (IFR) proposto por Verkoshanski (1996).

Índice de Força Reativa de julho = 48,65 : 40 = 1,21

Índice de Força Reativa de dezembro (valor fictício) = 50 : 40 = 1,25

Resposta: O IFR de dezembro foi melhor do que de julho.

Struzik e colaboradores (2016) forneceram outros cálculos para estabelecer o índice de força reativa (IFR):

IFR da Amortização = altura do salto : tempo da amortização = ?

IFR da Impulsão = altura do salto : tempo da impulsão = ?

Consultando os valores coletados do atleta do exemplo, temos o seguinte:

Altura do Salto de **julho** = 48,65

Altura do Salto de **dezembro** (valor fictício) = 50

Tempo da Amortização de **julho** = 3 cent (tempo isométrico, ver tabela 4)

Tempo da Amortização de **dezembro** (valor fictício) = 2 cent

Tempo da Impulsão de **julho** = 41±19,05 cent (tempo concêntrico, ver tabela 4)

Tempo da Impulsão de **dezembro** (valor fictício) = 32,67±15,04 cent

Aplicando esses valores na fórmula do IFR de Struzik e colaboradore (2016), os resultados foram os seguintes:

IFR da Amortização de **julho** = 48,65 : 3 = 16,21

**Coefficiente de Restituição** =  $\sqrt{\text{(altura da queda do treino : altura do salto do treino)}}$  = ?

CR =  $\sqrt{40 : 48,65}$  = 0,90 (impacto mais elástico)

A velocidade de execução do treino de força reativa também pode ser estabelecida com o *software* Kinovea®. Uma maneira fácil de determinar a velocidade das fases dessa sessão é colocar a ferramenta que mensura a velocidade no centro de gravidade do

IFR da Amortização de **dezembro** (valor fictício) = 50 : 2 = 25

Resposta: O IFR da amortização de dezembro foi melhor do que de julho.

IFR da Impulsão de **julho** = 48,65 : 41 = 1,18

IFR da Impulsão de **dezembro** (valor fictício) = 50 : 32,67 = 1,53

Resposta: O IFR da amortização de dezembro foi melhor do que de julho.

Alguns cálculos fornecidos no capítulo 1 sobre biomecânica dos membros inferiores durante o treino de força reativa, também podem ser resolvidos com o uso do *software* Kinovea®.

Energia Potencial Gravitacional = massa em kg . aceleração da gravidade de 9,81m/s<sup>2</sup> . altura do obstáculo do treino de força reativa = ? J

Energia Potencial Gravitacional = 96 kg . 9,81 . 40 = 37670,4 J

A elasticidade de um impacto é estabelecida pelo coeficiente de restituição (CR), se esse cálculo foi 1 ou próximo desse valor o impacto é mais elástico e caso o resultado seja zero ou próximo desse número o impacto é mais inelástico (Hay, 1981).

esportista. Para saber mais sobre o centro de gravidade o ideal é o treinador ler o trabalho de Gianino e Gianni (2011) ou o livro de Hay e Reid (1985). Veja a seguir como determinar a velocidade durante a prática do treino de força reativa.

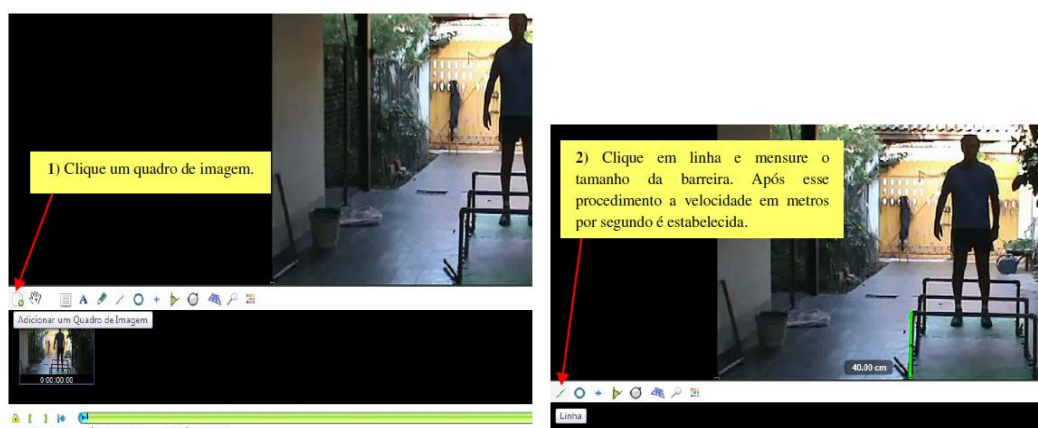


Figura 40 - Tarefa inicial para estabelecer a velocidade do treino de força reativa.



Figura 41 - Tarefa inicial para estabelecer a velocidade do treino de força reativa.

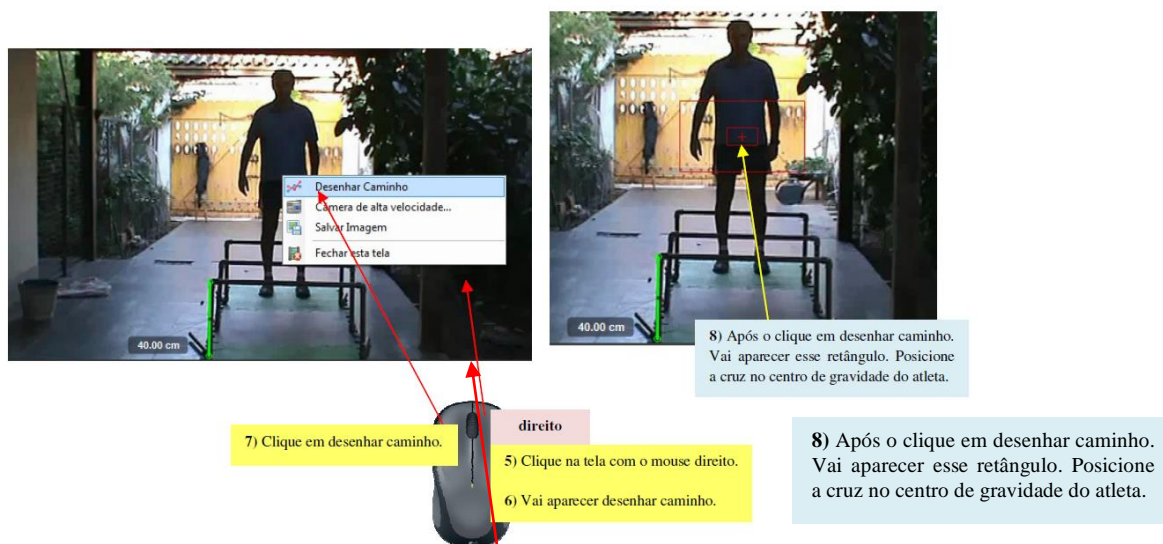


Figura 42 - Tarefa inicial para estabelecer a velocidade do treino de força reativa.





Figura 43 - Tarefa inicial para estabelecer a velocidade do treino de força reativa.

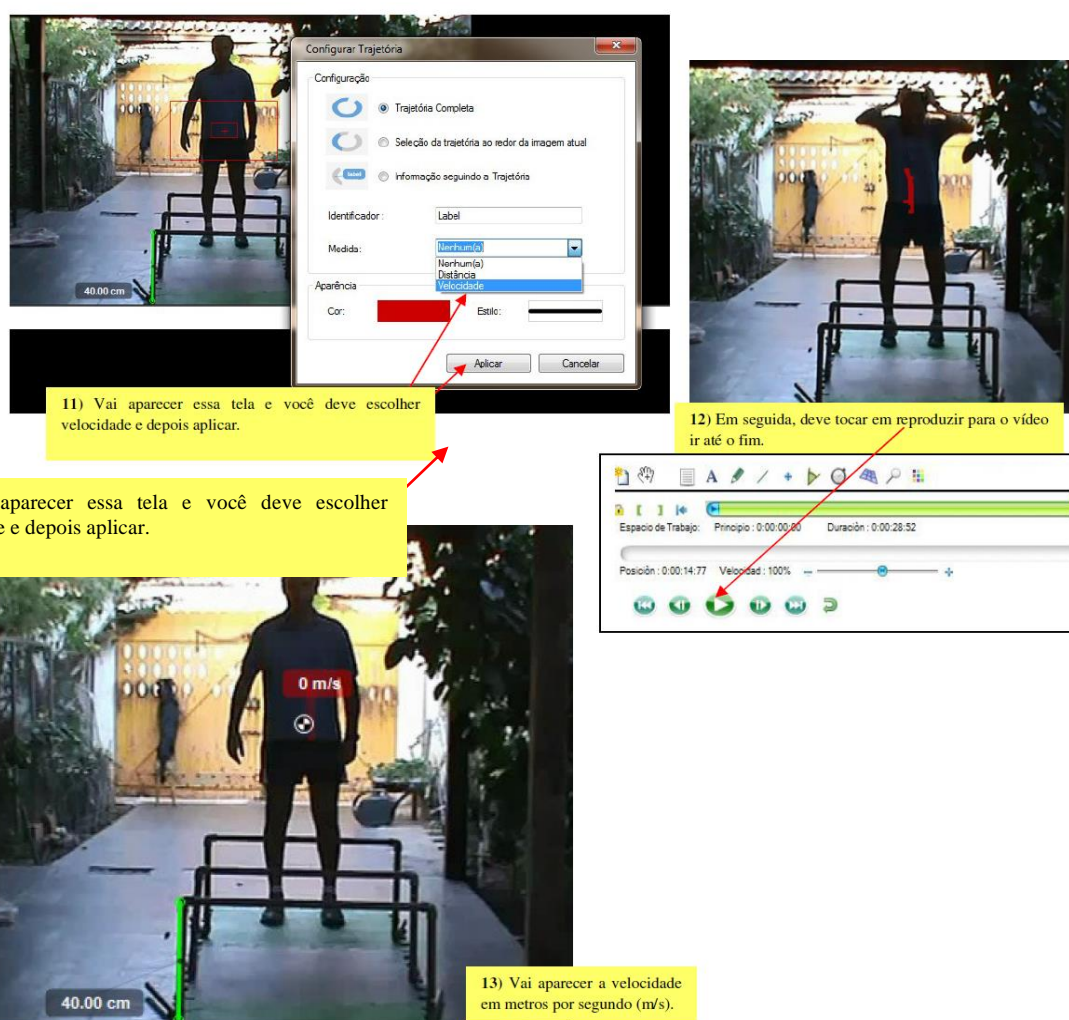
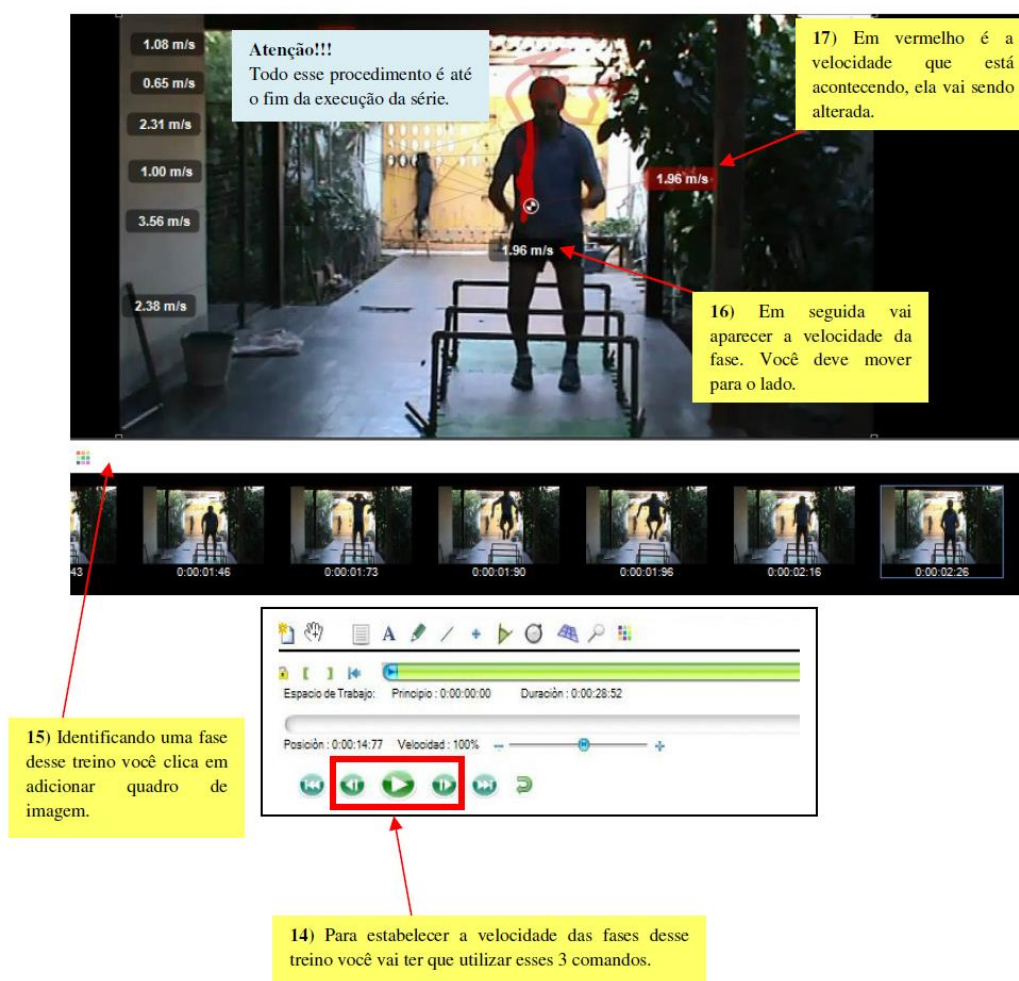


Figura 44 - Tarefa inicial para estabelecer a velocidade do treino de força reativa.



**Figura 45** - Estabelecendo a velocidade em m/s das fases do treino de força reativa.

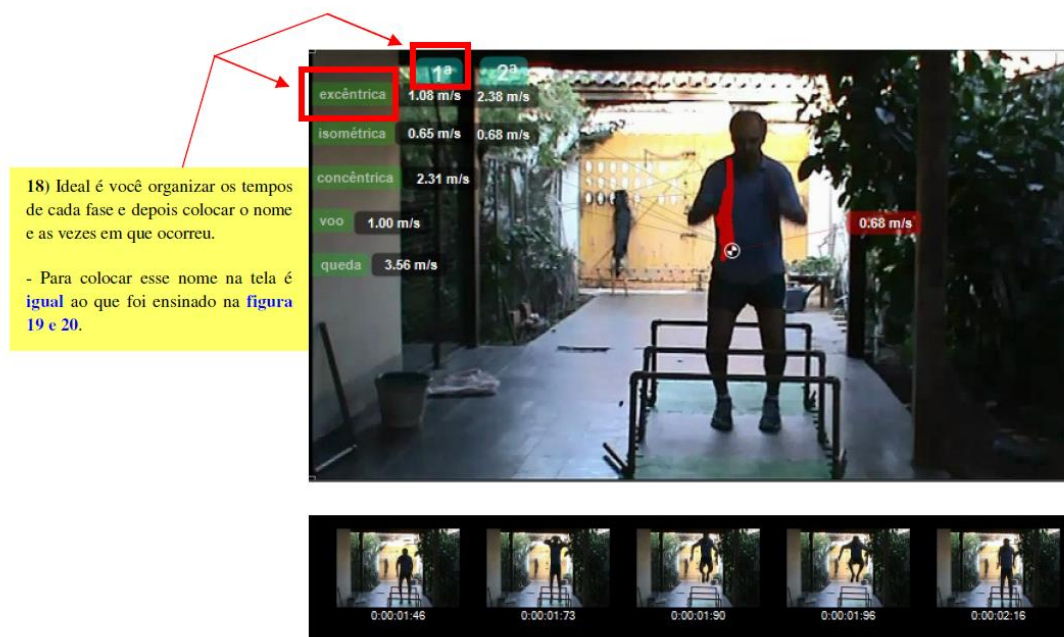


Figura 46 - Estabelecendo a velocidade em m/s das fases do treino de força reativa.



Figura 47 - Estabelecendo a velocidade em m/s das fases do treino de força reativa.

Tabela 7 - Velocidade de execução em m/s das fases do treino de força reativa.

Fases	1ª (m/s)	2ª (m/s)	3ª (m/s)	4ª (m/s)	
Excêntrica	1,08	2,38	2,05	2,05	
Isométrica	0,65	0,68	0,87	1,40	
Concêntrico	2,31	2,16	1,97	-	
Voo	1	2,16	1,95	-	
Queda	3,56	3,99	3,44	-	
Velocidade Total de Execução	8,6	11,37	10,28	3,45	
Velocidade Total (soma das fases)					33,7 m/s

Os resultados da velocidade em metros por segundo (m/s) da prática do treino de força reativa são fornecidos na tabela 7.

Esses dados da velocidade em m/s você pode comparar ao longo das semanas de

treino, pode comparar a velocidade das fases, também pode verificar se o aumento da velocidade de execução dessa sessão ocasionou um incremento nos testes condicionantes, como salto vertical,



velocidade, agilidade e outros. Logo, pode ser feita entre velocidade versus valores dos testes.

Esses resultados da velocidade em m/s o treinador pode calcular a energia cinética do treino de força reativa, equação que foi apresentada no capítulo 1. A média da velocidade da queda é de 8,42 m/s e a massa corporal do atleta do nosso exemplo é de 96 kg. Agora, os valores são inseridos na fórmula: Energia Cinética = massa em kg . (velocidade da queda em metros por segundo)<sup>2</sup> = ? Joule (J)

$$\text{Energia Cinética} = 96 \cdot (8,42)^2 = 6806,05 \text{ J}$$

Essa velocidade em m/s que foi determinada com o *software* Kinovea® é a velocidade linear, pertencendo ao conteúdo da cinemática linear. Caso o treinador queira estabelecer a velocidade linear do tornozelo, do joelho e do quadril durante a prática do treino de força reativa, basta seguir os ensinamentos da figura 40 a 47. Mas o ideal que a filmagem seja de lado e que o executante esteja com marcadores reflexivos para facilitar a análise.

Anteriormente foi calculada a energia potencial gravitacional e com o cálculo da energia cinética, também é possível calcular a energia mecânica do praticante do treino de força reativa do nosso exemplo.

$$\text{Energia Cinética} = 6806,05 \text{ J}$$

$$\text{Energia Potencial Gravitacional} = 37670,4 \text{ J}$$

$$\text{Energia Mecânica} = \text{energia cinética} + \text{energia potencial gravitacional} = ? \text{ J}$$

$$\text{Energia Mecânica} = 6806,05 + 37670,4 = 44476,45 \text{ J}$$

O praticante do treino de força reativa quando cai com os membros inferiores no solo costuma ter um ângulo de 120 a 140° (Platonov, 2004). Entretanto, se a altura do obstáculo do treino de força reativa for muito elevada, o esportista costuma realizar um ângulo maior dos membros inferiores quando atinge o chão (Verkhoshanski, 1996). Através do *software* Kinovea® é possível de identificar esse ocorrido, sendo indicado utilizar marcadores reflexivos no tornozelo, no joelho e no quadril para facilitar a análise desse treinamento.

As figuras vão ensinar o leitor como utilizar esse *software*.

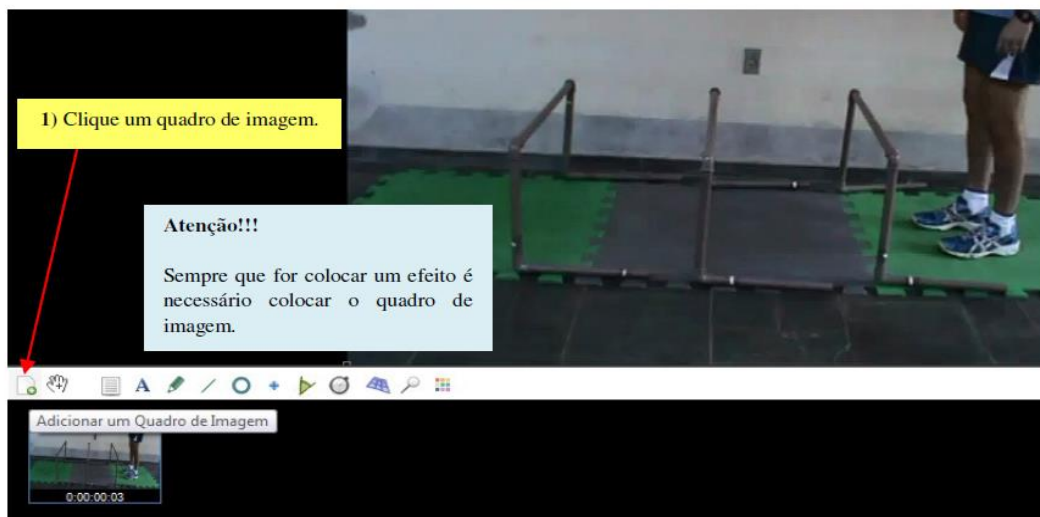
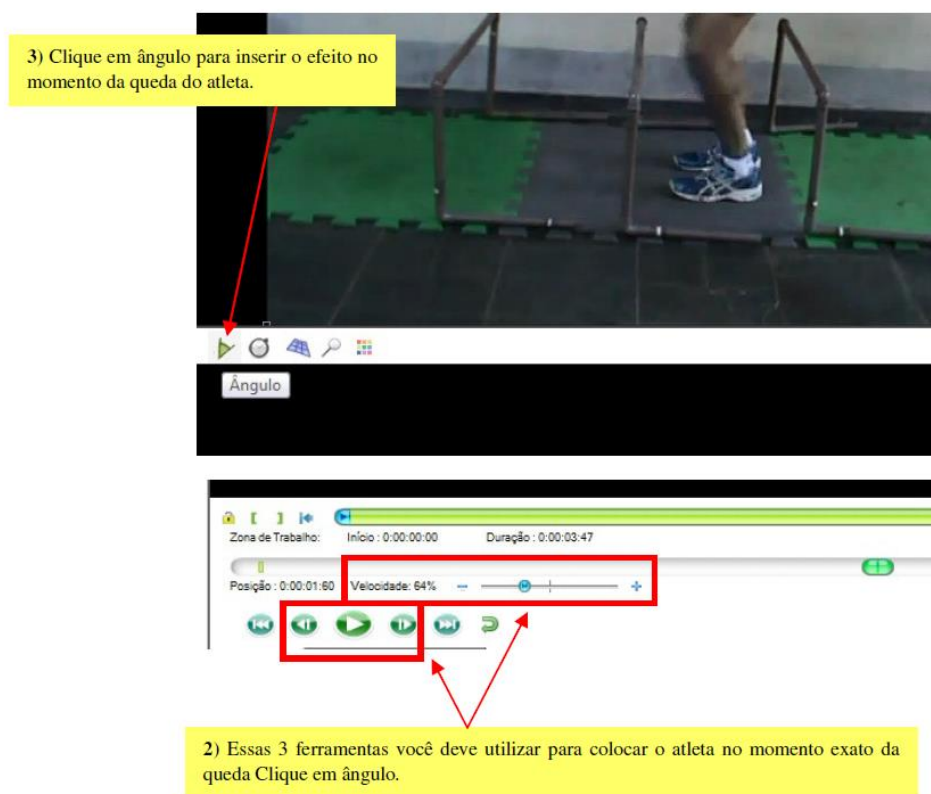
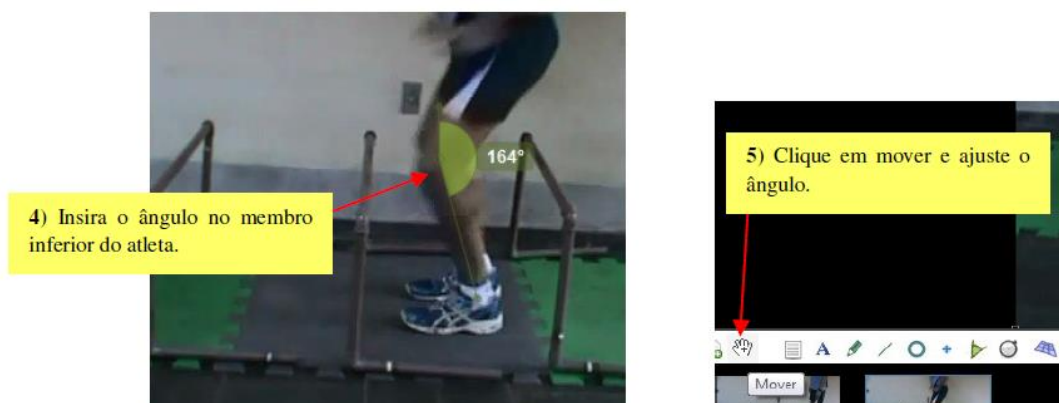


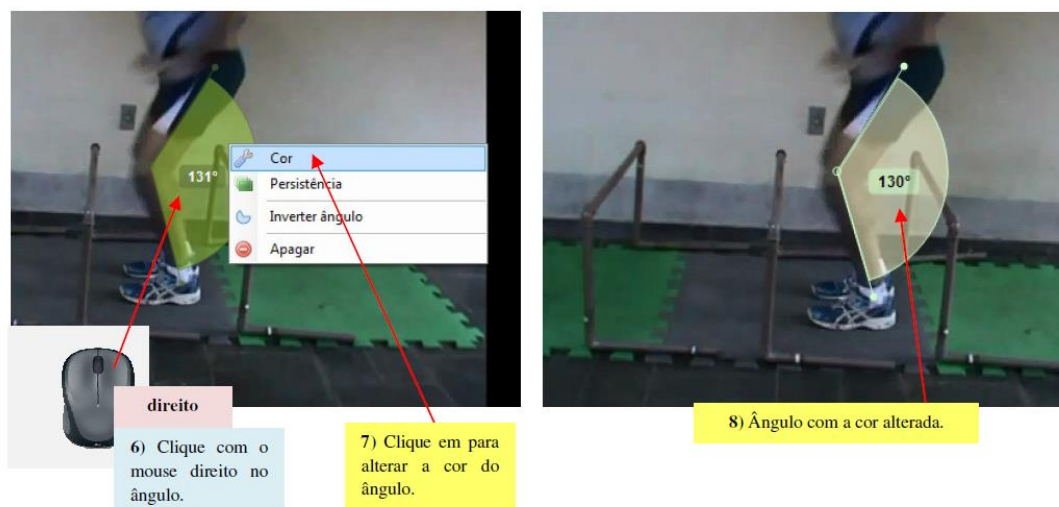
Figura 48 - Tarefa inicial para estabelecer o ângulo dos membros inferiores no momento da queda.



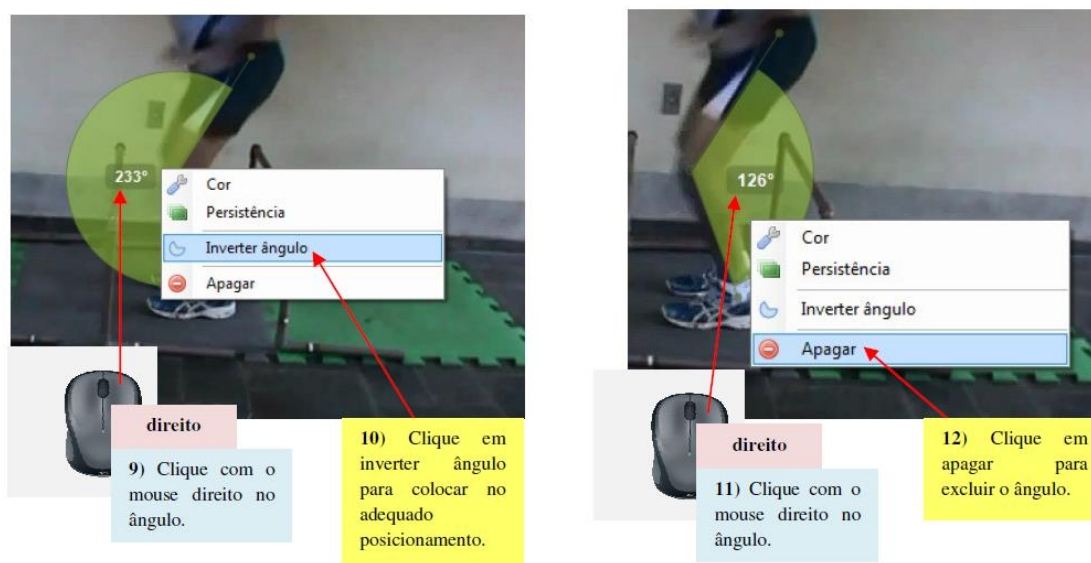
**Figura 49** - Tarefa inicial para estabelecer o ângulo dos membros inferiores no momento da queda.



**Figura 50** - Estabelecendo o ângulo dos membros inferiores no momento da queda.



**Figura 51** - Formatar o ângulo dos membros inferiores no momento da queda.



**Figura 52** - Formatar o ângulo dos membros inferiores no momento da queda.

Após inserir o 1º ângulo no momento da queda dos pés no solo, todo esse procedimento merece ser repetido, ou seja, o que foi ensinado na figura 48 a 52.

O esportista do nosso exemplo obteve na 1ª queda um ângulo dos membros inferiores de 130º, na 2ª queda de 129º e na 3ª queda de 142º. Logo, as alturas das barreiras estão adequadas para esse esportista.

Entretanto, profissionais mais minuciosos merecem filmar pelo lado esquerdo e direito o atleta com o intuito de verificar se os membros inferiores estão

atingindo o mesmo ângulo quando o esportista cai com os pés no solo.

## CONCLUSÃO

Os mecanismos neurofisiológicos e biomecânicos do treino de força reativa são extremamente complexos, mas através dessa revisão eles foram ensinados em detalhes com material escrito e através de ilustrações. Outro interessante ensinamento desse artigo foi explicar como utilizar a filmagem para posterior análise com o *software* Kinovea®.

Então, esse estudo é de extrema valia para os treinadores do esporte de alto rendimento. Em conclusão, o treino de força reativa foi ensinado nessa revisão para o treinador adquirir um conhecimento teórico e prático com o intuito de prescrever adequadamente essa sessão.

## REFERÊNCIAS

- 1-Aagaard, P. Training induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev.* Vol. 31. Num. p. 61-67. 2003.
- 2-Achour Júnior, A. Flexibilidade: teoria e prática. Londrina: Atividade Física e Saúde. 1998. p. 75-98.
- 3-Achour Júnior, A. Bases para exercícios de alongamento. 2ª ed. Londrina: Phorte, 1999. p. 5-6, 11-14.
- 4-Adkins, D.; Boychuck, J.; Remple, M.; Kleim, J. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *J Appl Physiol.* Vol. 101. Num. 6. p. 1776-1782. 2006.
- 5-Asadi, A. Influence of rest interval between plyometric training sessions on functional performance tests. *Phys Activ Rev.* Vol. 3. Num. -. p. 1-10. 2015.
- 6-Alter, M. Ciência da flexibilidade. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2001. p. 60-110.
- 7-Aura, O.; Viitasalo, J. Biomechanical characteristics of jumping. *Int J Sport Biomech.* Vol. 5. Num. -. p. 89-98. 1989.
- 8-Barbanti, V. Treinamento físico: bases científicas. São Paulo: CLR Balieiro. 2001. p. 3, 27-32.
- 9-Barbanti, V. Manifestações da força motora no esporte de rendimento. In: Barbanti, V.; Amadio, A.; Bento, J.; Marques, A. (Org.). *Esporte e atividade física.* Barueri: Manole. 2002. p. 13-24.
- 10-Barbanti, V. Treinamento esportivo: as capacidades motoras dos esportistas. Barueri: Manole. 2010. p. 112-3, 156, 176-8.
- 11-Badillo, J.; Ayestarán, E. Fundamentos do treinamento de força. 2ª ed. Porto Alegre. 2001. p. 45, 82-91, 171, 185-8.
- 12-Bauer, J. Ferramentas do biomecânico: uma breve revisão de três tecnologias-chave. *Artus.* Vol. 19. Num. 1. p. 9-34. 1999.
- 13-Bobbert, M. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med.* Vol. 9. Num. 1. p. 7-22. 1990.
- 14-Bompa, T. Treinamento de potência para o esporte. São Paulo: Phorte. 2004. p. 4, 25-32.
- 15-Challis, J. Arquitetura músculo-tendão e desempenho do atleta. In: Zatsiorsky, V. (Ed.). *Biomecânica no esporte.* Rio de Janeiro: Guanabara. 2004. p. 26-43.
- 16-Cimenli, O.; Koc, H.; Cimenli, F.; Kaçoğlu, C. Effect of an eight-week plyometric training on different surface on the jumping performance of male volleyball players. *J Phys Educ Sport.* Vol. 16. Num. 1. p. 162-169. 2016.
- 17-Clutch, D.; Wilton, M.; McGown, C.; Bryce, G. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Q Exerc Sport.* Vol. 54. Num. 1. p. 5-10. 1983.
- 18-Cometti, G. Los métodos modernos de musculación. 3ª ed. Barcelona: Paidotribo. 2001. p. 74-7.
- 19-Cormie, P.; McGuigan, M.; Newton, R. Developing maximal neuromuscular power. *Sports Med.* Vol 41. Num. 2. p. 125-146. 2011.
- 20-Cumming, G. The new statistics: why and how. *Psychol Sci.* Vol. 25. Num. 1. p. 7-29. 2013.
- 21-Cumming, G.; Fidler, F.; Vaux, D. Error bars in experimental biology. *JCB.* Vol. 177. Num. 1. p. 7-11. 2007.
- 22-Davies, G.; Riemann, B.; Manske, R. Current concepts of plyometric exercise. *Int J Sports Phys Ther.* Vol. 10. Num. 6. p. 760-786. 2015.
- 23-Epro, G.; Mierau, A.; Doerner, J.; Luetkens, J.; Scheef, L.; Kukuk, G.; Karamanidis, K. The Achilles tendon is mechanoinsensitive in older adults: adaptations following 14 week versus 1,5 years of cyclic strain exercise. *J Exper Biol.* Vol. 15. Num. 220. p. 1008-1018. 2017.
- 24-Ettema, G. Muscle efficiency: the controversial role of elasticity and mechanical



- energy conversion in stretch-shortening cycles. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 85. Num. 5. p. 457-465. 2001.
- 25-Finni, T. Muscle mechanics during human movement revealed by in vivo measurements of tendon force and muscle length. Dissertation. University Jyväskylä. 2001. p. 13-6.
- 26-Freedman, B.; Gordon, J.; Soslowsky, L. The Achilles tendon: fundamental properties and mechanisms governing healing. *Muscles Ligaments Tendons J*. Vol 4. Num. 2. p. 245-255. 2014.
- 27-Ford, T.; Puckett, J.; Drummond, J.; Sawyer, K.; Gantt, K.; Fussel, C. Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Percept Mot Skills*. Vol. 56. Num. 3. p. 919-922. 1983.
- 28-Fouré, A.; Nordez, A.; McNair, P.; Cornu, C. Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantar flexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 111. Num. 3. p. 539-548. 2011.
- 29-Fouré, A.; Nordez, A.; Cornu, C. Effects of plyometric training on passive stiffness of gastrocnemii muscles and Achilles tendon. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 112. Num. 8. p. 2849-2857. 2012.
- 30-Gianino, C.; Gianni, A. Physics of karate project. Measurement human body barycenter. *Lat Am J Phys Educ*. Vol. 5. Num. 2. p. 352-355. 2011.
- 31-Gollhofer, A., Bruhn, S. The biomechanics of jumping. In: Reeser, J.; Bahr, C. (Eds.). *Volleyball*. Oxford: Blackwell. 2003. p. 18-28.
- 32-Gomez, J.; Calbet, J. Training methods to improve vertical jump performance. *J Sports Med Phys Fit*. Vol. 53. Num. 4. p. 339-357. 2013.
- 33-Guedes Neto, C.; Mocroski, C.; Andrade, P.; Maior, A.; Simão, R. A atuação do ciclo de alongamento-encurtamento durante ações musculares pliométricas. *J Exerc Sport Sci*. Vol. 1. Num. 1. p. 13-24. 2005.
- 34-Guimarães, L.; Boa, M. Física – mecânica. Niterói: Galera Hipermídia. 2006. p. 283-306.
- 35-Guissard, N.; Duchateau, J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev*. Vol. 34. Num. 4. p. 154-158. 2006.
- 36-Hall, S. Biomecânica básica. Rio de Janeiro: Guanabara. 1993. p. 211-220.
- 37-Hall, E.; Bishop, D.; Gee, T. Effect of plyometric training on handspring vault performance and functional power in youth female gymnasts. *Plos One*. Vol. 11. Num. 2. p. 1-10. 2016.
- 38-Hay, J. Biomecânica das técnicas desportivas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana. 1981. p. 70-82.
- 39-Hay, J.; Reid, J. As bases anatômicas e mecânicas do movimento humano. Rio de Janeiro: PHB. 1985. p. 98-102, 118-28.
- 40-Hewett, T.; Stroupe, A.; Nance, T.; Noyes, F. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med*. Vol. 24. Num. 6. p. 765-773. 1996.
- 41-Hill, A. Does heat production precede mechanical response in muscular contraction? *Proc Royal Soc London*. Vol. 137. Num. 886. p. 268-273. 1950.
- 42-Hill, A. The series elastic component of muscle. *Proceed Royal Soc London*. Vol. 137. Num. 887. p. 273-280. 1950.
- 43-Hirayama, K.; Iwanuma, S.; Ikeda, N.; Yoshikawa, A.; Ema, R.; Kawakami, Y. Plyometric training favors optimizing muscle-tendon behavior during depth jumping. *Front Physiol*. Vol. 8. Num. 16. p. 1-9. 2017.
- 44-Huijing, P. Mechanical muscle models. In: Komi, P. (Ed.). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell. 1992. p. 130-49.
- 45-Humphries, B.; Newton, R.; Wilson, G. The effect of braking device in reducing the ground impact forces inherent in plyometric training. *Int J Sports Med*. Vol. 16. Num 2. p. 129-133. 1995.
- 46-Ide, B.; Muramatsu, L.; Ramari, C.; Macedo, D.; Palomari, E. Adaptações neurais



- ao treinamento de força. *Rev Acta Bras Mov Hum.* Vol. 4. Num. 5. p. 1-16. 2014.
- 47-Impellizzeri, F.; Rampini, E.; Castagna, C.; Martino, F.; Fiorino, S.; Wisloff, U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br J Sports Med.* Vol. 42. Num. 1. p. 42-46. 2008.
- 48-Jensen, J.; Marstrand, P.; Nielsen, J. Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *J Appl Physiol.* Vol. 99. Num. 4. p. 1558-1569. 2005.
- 49-Kim, Y.; Park, S. Comparison of whole-body vibration exercise and plyometric exercise to improve isokinetic muscular strength, jumping performance and balance of female volleyball players. *J Phys Ther Sci.* Vol. 28. Num. 11. p. 3140-3144. 2016.
- 50-Kirby, K. Longitudinal arch load-sharing system of the foot. *Rev Españ Podol.* Vol. 28. Num. 1. p. 18-26. 2017.
- 51-Komi, P. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch shortening cycle on force and speed. *Exerc Sports Sci Rev.* Vol. 12. Num. 1. p. 81-121. 1984.
- 52-Komi, P. The musculoskeletal system. In: Dirix, A.; Knuttgen, H.; Tittel, K. (Eds.). *The olympic book of sports medicine.* Oxford: Blackwell. 1988. p. 15-39.
- 53-Komi, P. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* Vol. 33. Num. 10. p. 1197-1206. 2000.
- 54-Komi, P.; Nicol, E. Ciclo de alongamento-encurtamento da função muscular. In: V. Zatsiorsky, V. (Ed.). *Biomecânica no esporte.* Rio de Janeiro: Guanabara. 2004. p. 68-80.
- 55-Kubo, K.; Kawakomi, Y.; Fukunaga, T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *J Appl Physiol.* Vol. 87. Num. 6. p. 2090-2096. 1999.
- 56-Lichtwork, G.; Wilson, M. In vivo mechanical properties of the human Achilles tendon during one-legged hopping. *J Exper Biol.* Vol. 208. Num. 24. p. 4715-4725. 2005.
- 57-Kutz, M. Theoretical and practical issues for plyometric training. *NSCA.* Vol. 2. Nu. 2. p. 10-12. 2003.
- 58-Lopes, J.; Palomares, E.; Rizzo, D. Training of shock (plyometry) in combat modalities. *Weber Educ Res Instr Studies.* Vol 3. Num. 1. p. 1-5. 2017.
- 59-Lundstrom, C.; Betker, M.; Ingraham, S. Effects of plyometric and explosive speed training on recreational marathoners. *J Sports Sci.* Vol. 5. Num. -. p. 1-13. 2017.
- 60-Nicol, A.; Saltar. In: Durward, B.; Baer, G., Rowe, P. (Eds.). *Movimento funcional humano.* São Paulo: Manole, 2001. p. 136-45.
- 61-Nicol, C.; Komi, P. Stretch shortening cycle fatigue and its influence on force and power production. In: Komi, P. (Ed.). *Strength and power in sport.* 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell. 2003. p. 203-228.
- 62-Oliveira, A.; Dagnone Filho, D.; Vilela Júnior, G.; Hauser, M. *Cinesiologia.* Ponta Grossa: UEPG. 2011. p. 125-7.
- 63-Olsson, N. *Acute Achilles tendon rupture.* Gothenburg: University of Gothenburg. 2013. p. 12-20.
- 64-Pinto, A.; Lima, F. Lesões do aparelho locomotor em atletas. In: Negrão, C.; Barretto, A. (Eds.). *Cardiologia do exercício.* Barueri: Manole. 2010. p. 698-715.
- 65-Platonov, V. *Teoria geral do treinamento desportivo olímpico.* Porto Alegre: Armed. 2004. p. 317-9.
- 66-Maffulli, N. Rupture of the Achilles tendon. *JBJS.* Vol. 81. Num. 7. p. 1019-1036. 1999.
- 66-Magnusson, S.; Narici, M.; Magnusson, C.; Kjaer, M. Human tendon behavior and adaptation, in vivo. *J Physiol.* Vol. 586. Num. 1. p. 71-81. 2008.
- 67-Markovic, G.; Mikulic, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med.* Vol. 40. Num. 10. p. 859-895. 2010.
- 68-Marques Junior, N. *Voleibol: biomecânica e musculação aplicadas.* Rio de Janeiro: GPS. 2001. p. 60-61.

- 69-Marques Junior, N. Uma preparação desportiva para o voleibol. Rev Min Educ Fís. Vol. 10. Num. 2. p. 49-73. 2002.
- 70-Marques Junior, N. Treino de força para melhorar o salto vertical do atleta de voleibol. Lecturas: Educ Fís Dep. Vol. 10. Num. 81. p. 1-11. 2005.
- 71-Marques Junior, N. Adaptações fisiológicas do treino de força em atletas dos desportos de potência. Rev Min Educ Fís. Vol. 13. Num. 2. p. 43-60. 2005b.
- 72-Marques Junior, N. Salto em profundidade: fisiologia e benefícios. Mov. Vol. 4. Num. 1. p. 1-15. 2009.
- 73-Marques Junior, N. Ensino do treino da visão periférica para jogadores do futsal. Refeld. Vol 4. Num. 1. p. 34-52. 2009b.
- 74-Marques Junior, N. Equipamento recomendado para proteger o voleibolista durante o jogo de voleibol. Lecturas: Educ Fís Dep. Vol. 19. Num. 192. p. 1-13. 2014.
- 76-Marques Junior, N. Periodização específica para o voleibol: atualizando o conteúdo. Rev Bras Prescr Físio Exerc. Vol. 8. Num. 47. p. 453-484. 2014.
- 77-Marques Junior, N. Mecanismos fisiológicos da fadiga. Rev Bras Prescr Físio Exerc. Vol. 9. Num. 56. p. 671-720. 2015.
- 78-Marques Junior, N. 3º set da final do voleibol masculinos dos Jogos Olímpicos de 1984: estudo com o *software* Kinovea® sobre o saque, o ataque e o bloqueio. Rev Observatorio Dep. Vol. 2. Num. 3. p. 8-27. 2016a.
- 79-Marques Junior, N. Uso do *software* Kinovea® para os testes de controle de alguns fundamentos do voleibol. Rev 100 Cs. Vol. 2. Num. 2. p. 51-84. 2016.
- 80-Marques Junior, N. Efeito do solo nos membros inferiores do jogador de voleibol: uma revisão sobre o salto. Rev Incl. Vol. 4. Num. especial. p. 144-159. 2017.
- 81-Marques Junior, N. Periodização específica para o voleibol: atualizando o conteúdo da carga de treino. Rev Observ Dep. Vol. 3. Num. 4. p. 32-60. 2017b.
- 82-Marques Junior, N. Estudo no voleibol master: análise da performance dos fundamentos e do desempenho físico durante o jogo. Rev Observatorio Dep. Vol. 3. N. 1. p. 7-95. 2017c.
- 83-Marques Junior, N.; Silva Filho, J. Treino de força para o karateca do estilo shotokan especialista no kumite. Rev Bras Prescr Físio Exerc. Vol. 7. Num. 41. p. 506-533. 2013.
- 84-Marques Junior, N.; Barbosa, O. Lesão no tendão calcâneo: relato de experiência. Rev Bras Prescr Físio Exerc. Vol. 10. Num. 57. p. 29-66. 2016.
- 85-Malisoux, L.; Francaux, M.; Nielens, H.; Theisen, D. Stretch shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. J Appl Physiol. Vol. 100. Num. 3. p. 771-779. 2006.
- 86-Moritani, T. Motor unit and motoneurone excitability during explosive movement. In: Komi, P. (Ed.). Strength and power in sport. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell. 2003. p. 27-49.
- 87-Nyland, J.; Shapiro, R.; Stine, R.; Horn, T.; Ireland, M. Relationship of fatigue run and rapid stop to ground reaction forces, lower extremity kinematics, and muscle activation. JOSPT. Vol. 20. Num. 3. p. 132-137. 1994.
- 88-Paleckis, V.; Mickevicius, M.; Snieckus, A.; Streckis, V.; Paasuke, M.; Rutkauskas, S.; Steponaviciute, R.; Skurvydcs, A. Changes in indirect markers of muscle damage and tendons after daily drop jumping exercise with rapid load increase. J Sports Sci Med. Vol. 14. Num. 4. p. 825-833. 2015.
- 89-Rao, R.; Rao, R. Specific influence of selected plyometric training exercises on jump serve among inter collegiate men volleyball players. IJPESH. Vol. 3. Num 6. p. 143-147. 2016.
- 90-Rasch, P. Cinesiologia e anatomia aplicada. Rio de Janeiro: Guanabara. 1991. p. 159-171.
- 91-Refsdal, A. Jump performance in Maasaijumpers and caucasian controls. Master thesis in Sport Sciences. Norwegian School of Sport Sciences. 2017. p. 9-23.

- 92-Rio, E.; Kidgell, D.; Moseley, G.; Gaida, J.; Docking, S.; Purdam, C.; Cook, J. Tendon neuroplastic training: changing the way we think about tendon rehabilitation: a narrative review. *Br J Sports Med.* Vol. 50. Num. 4. p. 209-215. 2015.
- 93-Rocha, C.; Ugrinowitsch, C.; Barbanti, V. A influência do contramovimento e da utilização dos braços na performance do salto vertical – um estudo no basquetebol de alto nível. *Rev APEF Londrina.* Vol. 14. Num. 1. p. 5-12. 1999.
- 94-Rossetto, N. A viscosidade no alongamento de tendões. Monografia de Graduação em Educação Física. UNICAMP. 2009. p. 9-31.
- 95-Sale, D. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 20. Num. 5. p. 135-145. 1988.
- 96-Semmler, J. Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exer Sport Sci Rev.* Vol. 30. Num. 1. p. 8-14. 2002.
- 97-Serpa, E.; Vilela Junior, G.; Marchetti, H. Aspectos biomecânicos da unidade músculo-tendínea sob efeito do alongamento. *Rev CPAQV.* Vol. 6. Num. 1. p. 1-14. 2014.
- 98-Siff, M. Fundamentos biomecânicos do treinamento de força e potência. In: Zatsiorsky, V. (Ed.). *Biomecânica no esporte.* Rio de Janeiro: Guanabara. 2004. p. 102-4.
- 99-Siff, M.; Verkhoshanski, Y. *Superentrenamiento.* 2ª ed. Barcelona: Paidotribo. 2004. p. 48-51, 333-45.
- 100-Silveira, M.; Pérot, C.; Goubel, F. Neuromuscular adaptations in rat trained by muscle stretch shortening. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 72. Num. 3. p. 261-266. 1996.
- 101-Slimani, M.; Chamari, K.; Miarka, B.; Del Vecchio, F.; Chéour, F. Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: a systematic review. *J Hum Kinet.* Vol. 53. Num. -. p. 131-143. 2016.
- 102-Smith, D.; Rubenson, J.; Lloyd, D.; Zheng, M.; Fernandez, J.; Besier, T.; Xu, J.; Gardiner, B. A conceptual framework for computational models of Achilles tendon homeostasis. *WIREs Syst Biol Med.* Vol. 5. Num. 5. p. 523-538. 2013.
- 103-Stenroth, L.; Peltonen, J.; Cronin, N.; Sipilä, S.; Finni, T. Age-related differences in Achilles tendon properties and triceps sural muscle architecture in vivo. *J Appl Physiol.* Vol. 113. Num. 10. p. 1537-1544. 2012.
- 104-Struzik, A.; Juras, G.; Pietraszewski, B.; Rokita, A. Effect of drop jump technique on the reactive strength index. *J Hum Kin.* Vol. 52. Num. -. p. 157-164. 2016.
- 105-Taube, W.; Leukel, C.; Gollhofer, A. How neurons make us jump: the neural control of stretch shortening cycle movements. *Exerc Sport Sci Rev.* Vol. 40. Num. 2. p. 106-115. 2012.
- 106-Torman, V.; Coster, R.; Riboldi, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. *Rev HCPA.* Vol. 32. Num. 2. p. 227-234. 2012.
- 107-Tubino, M.; Moreira, S. *Metodologia científica do treinamento desportivo.* 13ª ed. Rio de Janeiro: Shape. 2003. p. 265-266.
- 108-Ugrinowitsch, C.; Barbanti, V. O ciclo de alongamento e encurtamento e a performance no salto vertical. *Rev Paul Educ Fís Esp.* Vol. 12. Num. 1. p. 85-94. 1998.
- 109-Ugrinowitsch, C.; Tricoli, V. Adaptações neuromusculares ao treinamento físico. In: Rigolin da Silva, L. (Ed.). *Desempenho esportivo: treinamento com crianças e adolescentes.* São Paulo: Phorte; 2006. p. 83-112.
- 110-Vadivelan, K.; Sudhakar, S. To compare the effects of sprint and plyometric training program on anaerobic power and agility in collegiate male football players. *Int J Physiother.* Vol. 2. Num. 3. p. 535-543. 2015.
- 111-Verkhoshanski, Y. Depth jumping in the training of jumpers. *Legkaya Atletika.* Vol. -. Num. -. p. -. 1967.
- 112-Verkhoshanski, Y. *Preparação de força especial.* Rio de Janeiro: GPS. 1995. p. 82-8.
- 113-Verkhoshanski, Y. *Força: treinamento da potência muscular.* Londrina: CID. 1996. p. 15-81.

114-Verkhoshanski, Y. Treinamento desportivo: teoria e metodologia. Porto Alegre: Artmed. 2001. p. 163-74.

115-Viel, E. A marcha humana, a corrida e o salto. Barueri: Manole. 2001. p. 221-46.

116-Wiesinger, H.; Rieder, F.; Kösters, A.; Müller, E.; Seynnes, O. Sport-specific capacity to use elastic energy in the patellar and Achilles tendons of elite athletes. *Front Physiol.* Vol 8. Num. 132. p. 1-10. 2017.

117-Wilmore, J.; Costill, D. Fisiologia do esporte e do exercício. 2ª ed. São Paulo: Manole. 2001. p. 30.

118-Winter, D. Muscle mechanics. In: Winter, D. (Ed.). 2<sup>nd</sup> ed. New York: JW. 1990. p. 165-89.

119-Yanci, J.; Arcos, A.; Camara, J.; Castillo, D.; Garcia, A.; Castagna, C. Effects of horizontal plyometric training volume on soccer players performance. *Res Sports Med.* Vol. 24. Num. 4. p. 308-319. 2016.

120-Young, W.; Wilson, G.; Byrne, C. A comparison of drop jump training methods: effect on leg extensor strength qualities and jumping performance. *Int J Sports Med.* Vol. 20. Num. 5. p. 295-303. 1999.

121-Zajac, F. Muscle and tendon: properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control. *Crit Rev Biomed Eng.* Vol. 17. Num. 4. p. 359-411. 1989.

122-Zatsiorsky, V. Ciência e prática do treinamento de força. São Paulo: Phorte. 1999. p. 71-81, 92-9.

123-Zakharov, A. Ciência do treinamento desportivo. Rio de Janeiro: GPS. 1992. p. 131-135.

124-Zernicke, R.; Loitz, B. Exercise-related adaptations in connective tissue. In: Komi, P. (Ed.). *Strength and power in sport.* Oxford: Blackwell. 1992. p. 77-95.

Recebido para publicação 22/11/2018  
Aceito em 27/01/2019