

TAÍS RIEPING

**MODIFICAÇÕES NA TÉCNICA DA CORRIDA EM CORRIDAS DE LONGA
DURAÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso em Especialização em Ciência do Treinamento Desportivo do Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná.

Orientador Prof. Julimar Luiz Pereira

Curitiba

2014

RESUMO

A corrida é muito além de uma habilidade motora do ser humano, um esporte, uma prática recreativa e um elemento de tantas outras atividades. O foco das pesquisas em biomecânica aqui revisadas está na performance, na busca pelo melhor resultado. Nesse sentido, não é difícil entender que o que se espera é o menor tempo possível. Para isso há que se minimizar os efeitos da fadiga, preparar o aspecto psicológico e ter uma preparação adequada com métodos de treinamento bem elaborados. O presente estudo tem como objetivo revisar as principais publicações sobre as modificações dos parâmetros biomecânicos da corrida decorrentes da fadiga. Com isso, poder-se-á sintetizar os principais aspectos a serem observados pelos preparadores físicos e técnicos a fim de subsidiar suas estratégias de treinamento. Foi observado que os principais parâmetros afetados durante a corrida são a frequência do passo, o comprimento do passo e a oscilação do centro de massa, havendo consenso entre os autores sobre o assunto.

PALAVRAS-CHAVE

corrida; corrida de longa duração; biomecânica; fadiga.

INTRODUÇÃO

A corrida é uma habilidade motora presente na maioria dos esportes coletivos e individuais. Apesar de não ser o foco principal em muitas modalidades, é decisiva em esportes como o futebol, basquetebol, handebol, voleibol, saltos, ginástica, entre outros.

As dinâmicas da corrida envolvem uma complexa interação entre mecanismos fisiológicos e mecânicos (WILLIAMS, 2000). Os membros inferiores seguem um padrão de movimento caracterizado especialmente interações articulares que causam oscilação do centro de massa. (HAMILL & KNUTZEN, 1999).

A técnica da corrida pode ser descrita a partir de parâmetros cinemáticos, como as variações lineares e angulares dos segmentos corporais, sendo algumas técnicas mais eficientes do que outras, como a menor oscilação do centro de massa nos sentidos vertical e lateral (FLETCHER et al., 2010), menor tempo de contato com o solo, maior inclinação do tronco, maior aceleração da coxa (KUNZ & KAUFMANN, 1981), maior plantiflexão no impacto com o solo (WILLIAMS, 2000; LUCCA & MELO, 2012), menor tempo de balanço (NILSSON et al., 1985 apud. WILLIAMS, 2000), maior extensão do joelho ($\pm 130^\circ$) (WILLIAMS, 2000; NOVACHECK, 1997) e maior flexão do quadril ($\pm -15^\circ$) (NOVACHECK, 1997).

O ciclo da corrida pode ser descrito em três fases principais: apoio posterior, voo e apoio anterior (KAKAZU, 2010). O início do ciclo é marcado pelo contato do pé com o solo (apoio posterior) e seu término é determinado pelo toque do mesmo pé com o solo (NOVACHECK, 1997). Na fase de apoio posterior ocorre um período de impulsão posterior, caracterizado por uma contínua aceleração do corpo e a perda de contato com o solo (fase de voo posterior com o balanço dos membros inferiores e voo anterior), seguido por um período de atenuação do impacto quando o pé retoma o contato e desacelera o corpo (apoio anterior). Em seguida, o outro pé inicia a fase de apoio posterior com impulsão posterior, voo, balanço posterior, balanço anterior e apoio anterior, quando o ciclo é completado.

Vários fatores influenciam a eficiência da corrida, como a frequência do passo (FP), correspondente ao número de passos dados em um minuto, o comprimento do passo (CP), correspondente à distância alcançada em um passo, além da interação entre esses fatores e a carga de impulsão, correspondente à força aplicada sobre o solo para levar o corpo à frente. Entre esses a frequência do passo e a carga de impulsão têm sido identificadas como particularmente importantes (MIZRAHI et al., 2000; MIZRAHI et al., 2001). Além disso, a capacidade de associar o comprimento do passo (CP) com alta frequência é decisiva (KUNS & KAUFMANN, 1981), especialmente em provas de longa duração (KADONO et al., 2011). Afinal, a velocidade da corrida é resultado do produto da frequência pelo comprimento dos passos ($V=CP \times FP$).

Observam-se modificações na frequência e comprimento do passo, oscilação do centro de massa, ângulos articulares e segmentares em função da fadiga (MIZRAHI et al., 2000; MIZRAHI et al., 2000; LUCCA & MELO, 2012; VERBITSKY et al., 1998; KADORNO et al., 2011; SILVA et al., 2007; MIZRAHI et al., 2001). A fadiga é uma incapacidade do corpo em manter um trabalho vigoroso por certo tempo (DOLAN, 1996) e entendida como um processo dinâmico desenvolvido no sistema muscular que depende do tempo (JORGENSEN et al., 1988). A fadiga corresponde à classe de efeitos agudos que prejudica o desempenho (ENOKA, 2000), sendo influenciada por diversos fatores como o nível de motivação, estratégia neural, intensidade e duração da atividade, velocidade de contração e sustentação da velocidade de contração (SILVA et al., 2007).

O presente estudo visa resgatar e sintetizar as principais modificações ocorridas em função da fadiga durante a corrida a partir da literatura existente na área. Isso se torna interessante na medida em que poucas são as publicações nacionais sobre o assunto, sendo esse um trabalho que poderá subsidiar outros futuros, ampliando as publicações nesta área, além de auxiliar técnicos e preparadores físicos para a observação da técnica de seus atletas e para a prescrição do treinamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tratando-se de uma revisão de literatura, o presente trabalho utilizou-se das principais publicações sobre as modificações de parâmetros técnicos observados em corredores, adotando o ciclo da corrida, a corrida de longa duração, a frequência e amplitude do passo e também a oscilação do centro de massa, como tópicos a serem discutidos. A seguir, apresenta-se o desenvolvimento do trabalho.

A CORRIDA

As corridas de rua possuem uma longa tradição que vem desde o século XVIII, na Inglaterra e tornaram-se famosas no fim da década de 70, com a febre do “jogging” (IAAF, 2009). A corrida tem sido muito praticada no Brasil, crescendo a cada ano (CORPORE, 2012), pela baixa demanda material que exige ou pelos rápidos e efetivos resultados que apresenta.

Diferente da marcha, o ciclo da corrida apresenta uma fase de voo na qual nenhum dos pés está em contato com o chão, ou seja, os períodos de duplo suporte durante a fase de apoio na marcha são substituídos por dois períodos de vôo, um no início e um no final da fase de balanço (NOVACHECK, 1997). Portanto, o ciclo é dividido em três fases principais: apoio anterior, voo e apoio posterior (KAKAZU, 2010).

Na corrida, os seguimentos seguem um padrão de movimento caracterizado especialmente pelas variações angulares do joelho, quadril, tornozelo e oscilação do centro de massa. Para identificar e estudar essas variáveis utiliza-se a cinética e a cinemática, ramos da biomecânica. A cinemática procura descrever o movimento com base na posição, velocidade e aceleração de uma partícula, lida com a descrição de componentes de movimento espaciais e temporais (HAMILL & KNUTZEN, 1999). A cinemática identifica quando as articulações envolvidas na corrida estão estendendo ou flexionando (NOVACHECK, 1997), mas não se preocupam com as causas do movimento, o que cabe à cinética. (HAMILL & KNUTZEN, 1999).

A análise cinemática da corrida deve-se levar em consideração, especialmente, o comprimento e a frequência do passo (VERKERKE et al., 1998). O ciclo apresenta um padrão de movimento caracterizada pela flexão do joelho em aproximadamente 45° no contato inicial, seguido pela extensão por volta de 25° podendo chegar até a 20° (NOVACHECK, 1997), ainda na fase de

apoio levando à impulsão do corpo. Concomitante, o comportamento do tornozelo é inverso: primeiro ocorre dorsiflexão seguido da plantiflexão desta articulação, atingindo o máximo no final desta fase (NOVACHECK, 1997), esse movimento é essencial, pois a potência de impulsão gerada pelo tornozelo está diretamente relacionada com a velocidade do corredor (NOVACHECK, 1997). Durante toda essa fase de apoio o centro de massa decai, até o início da impulsão, quando começa a se elevar e acelerar, atingindo sua altura máxima no voo. O quadril apresenta um curto período de flexão no início do apoio posterior, devido às forças de impacto, seguido de uma rápida extensão (NILSSON et. al., 1985 apud. WILLIAMS, 2000)

Na fase de voo, quando ocorre o balanço anterior e posterior das pernas, o joelho atinge sua máxima flexão, com amplitude de 90 a 105°. O quadril atinge sua máxima extensão ao final do balanço, se preparando para o impacto com o solo (NOVACHECK, 1997). Logo, o outro pé realiza o apoio anterior, com leve dorsiflexão para atenuação do impacto, seguido da plantiflexão. O outro joelho apresentará o mesmo comportamento que o primeiro: flexionará cerca de 45° e estenderá próximo à 25°. Mais uma vez o centro de massa decairá na fase de apoio e elevará com a impulsão. Do mesmo modo, o quadril flexionará levemente e logo se estenderá. Finalmente o pé que estava no apoio anterior retornará a essa posição e o ciclo será completado. Assim, o movimento dos segmentos pode ser considerado como uma ação harmônica para alcançar uma locomoção que apresente translação do centro de massa com o menor gasto energético possível (SILVA et al., 2007)

Esses parâmetros podem variar a partir de inúmeras particularidades, como o gênero, altura, estrutura anatômica específica (WILLIAMS, 2000), tamanho dos membros (KAKAZU, 2010), especificidade do esporte, tempo de treinamento, entre outros. Por exemplo, atletas de elite, cujo treinamento é intenso e focado na técnica, apresentam passo mais largo, cadência mais rápida, menores tempo de contato com o solo, maior inclinação do tronco, melhor ângulo entre o tronco e a coxa e maior aceleração da coxa. (KUNZ & KAUFMANN, 1981). Além disso, foi identificado que o aumento da plantiflexão na batida do pé no solo pode melhorar o desempenho (WILLIAMS, 2000; LUCCA & MELO, 2012). Não somente, variações no tempo de balanço

(NILSSON et al., 1985 apud. WILLIAMS, 2000), ângulo do joelho (WILLIAMS, 2000; NOVACHECK, 1997) e ângulo do quadril (NOVACHECK, 1997) são influenciados pela velocidade da corrida.

Portanto, quando se analisa biomecanicamente a corrida, a frequência do passo (FP) e a carga de impulsão são importantíssimas (MIZRAHI et al., 2000; MIZRAHI et al., 2001). Outros estudos demonstram que a capacidade de se manter passos largos (grande comprimento do passo) com alta frequência é fundamental (KUNS & KAUFMANN, 1981), sendo que a manutenção desses parâmetros durante uma prova é ainda mais decisiva em provas de longa duração (KADONO et al., 2011).

Outro fator associado é a menor oscilação do centro de massa, considerado um claro estabilizador da performance (FLETCHER et al., 2010). Essa variável será melhor discutida em um tópico específico.

CORRIDA DE LONGA DURAÇÃO

No atletismo as distâncias padrão das corridas de rua para homens e mulheres são de 10km, 15km, 20km, Meia Maratona (21,0975 km), 25km, 30km, Maratona (42.195m), 100km e Revezamento em Rua (IAFF, 2012; CBAT, 2012). Tendo isso em vista, as provas normalmente duram mais de 25 minutos com predomínio do metabolismo aeróbico (80%), mas com significativa participação do metabolismo anaeróbico láctico (15%) (BOMPA, 2001). Portanto, a fadiga acompanha os corredores, sendo sua tolerância fundamental para o melhor desempenho (KADORNÓ et al., 2011).

A exaustão do corredor é decorrente de processos metabólicos que ocorrem no corpo humano frente ao exercício intenso e/ou prolongado. Isso gera acúmulo de metabolitos na fibra muscular concomitante ao aumento de lactato sanguíneo, resultando na queda da performance.

Nas corridas de longa duração há falhas do organismo em manter o nível desejável de desempenho ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada (MANNION & DOLAN, 1996). A exaustão corresponde a uma classe de efeitos agudos que prejudica o desempenho, envolvendo processos motores e sensoriais (ENOKA, 2000). Portanto, possui estreita relação inversa com o desempenho de atletas.

A fadiga é fortemente influenciada pelo nível de condicionamento do atleta, uma vez que é sua tolerância é passível de adaptação através do treinamento. Então, atletas bem treinados não terão seus parâmetros técnicos tão prejudicados, conseqüentemente sua velocidade ficará estabilizada, mantendo um ritmo positivo (KADORNO et al. 2011).

Fatores como o nível de motivação, estratégia neural, intensidade e duração da atividade, velocidade de contração, sustentação da contração, envio de impulsos nervosos eferentes, número de unidades motoras ativadas, propagação do estímulo nervoso (SILVA et al., 2007), tipo de piso, calçado, fibras musculares, temperatura, entre outros.

Observa-se a deterioração dos parâmetros técnicos cinemáticos da corrida em velocidades próximas ao $VO_{2máx}$. (MIZRAHI et al., 2000; MIZRAHI et al., 2000; LUCCA & MELO, 2012; VERBITSKY et al., 1998; KADORNO et al., 2011; SILVA et al., 2007; MIZRAHI et al., 2001; WILLIAMS, 2000), uma vez que as características dinâmicas da corrida afetam o desprendimento energético, as quais ocorrem por esforços conscientes e subconscientes para minimizar ou maximizar critérios como a intensidade, velocidade, capacidade muscular, fadiga e outros (WILLIAMS, 2000).

Dentre os parâmetros afetados, a frequência do passo, seu comprimento e a aceleração do choque de impacto são os mais citados (MIZRAHI et al., 2000; MIZRAHI et al., 2000; LUCCA & MELO, 2012; VERBITSKY et al., 1998; KADORNO et al., 2011; SILVA et al., 2007; MIZRAHI et al., 2001; WILLIAMS, 2000).

Como identificado por vários autores (VERBITSKY et al., 1998; KADORNO et al., 2011; MIZHARI et al., 2001; FLETCHER et al., 2010; VERKERKE et al., 1998; CAVANAGH & WILLIAMS, 1982; MIZHARI et al., 2000; SILVA et al., 2007; KADORNO et al., 2011) a frequência do passo e o comprimento do passo são influenciados negativamente pela fadiga, a qual leva à diminuição na velocidade. A queda da performance se deve às alterações angulares no joelho (MIZHARI et al., 2000; MIZHARI et al., 2001; COLLINS ET al., 1989 e WHITTLE, 1999 apud. MIZHARI et al., 2001; KADORNO et al., 2011) e do tornozelo (MIZHARI et al., 2001; KADORNO et al., 2011; LUCCA & MELO, 2012), além da ativação excêntrica do músculo ou seja, momento em que o músculo produz força a fim de impulsionar o corpo à

frente (fase de impulsão) (MIZHARI et al., 2001; CAVANAGH & WILLIAMS, 1982; VERBITSKY et al., 1998; WILLIAMS, 2000; HAYES, 2004 apud. LUCCA & MELO, 2012). Frente à fadiga o joelho parece ter maior flexão na fase de apoio (MIZHARI et al., 2000) e também na fase de voo, além do aumento na extensão desta articulação logo antes do impacto (MIZHARI et al., 2001). O tornozelo apresenta menor plantiflexão na fase de impulsão (LUCCA & MELLO, 2012) e menor torque de flexão no apoio (KADORNO et al., 2011).

A aceleração do impacto está intimamente ligada a mudanças degenerativas nas articulações e cartilagens (MIZHARI et al., 2000). Têm-se observado que a aceleração do impacto cresce frente à fadiga, sendo capaz de duplicar (MIZHARI et al., 2000; MIZHARI et al., 2000). Com isso, ocorre aumento do dano muscular, levando à sua inabilidade em tanto dissipar o impacto quanto em produzir força sobre o solo. Assim, ocorre aumento do tempo de contato com o solo, diminuindo a velocidade do corredor e conseqüentemente, o seu desempenho.

COMPRIMENTO DO PASSO (CP) X FREQUÊNCIA DO PASSO (FP)

Uma vez que a velocidade é determinada pelo produto do comprimento do passo e sua frequência ($V = CP \times FP$), é interessante entender o que cada um representa. Mesmo porque, ambos podem afetar negativamente a performance (KUNZ & KAUFMANN, 1981) se não forem executadas na proporção correta.

O comprimento do passo é definido como a distância entre contatos sucessivos de pés alternados durante a marcha ou a corrida (WILLIAMS, 2000). Corresponde à soma de três distâncias: distância de impulsão, distância de voo e distância de chegada ao solo (SILVA et al., 2007). O comprimento do passo está fortemente associado ao tamanho do atleta e de suas pernas. (KAKAZU, 2010). Não somente, a flexibilidade também influencia na capacidade do corredor em realizar um passo mais largo (NOVACHECK, 1998).

Foi observado que atletas de elite possuem um comprimento do passo maior do que corredores amadores (KUNZ & KAUFMANN, 1981). Do ponto de

vista biomecânico, o maior ângulo do tronco, concomitante ao maior ângulo entre o tronco e a coxa parece influenciar no maior comprimento do passo e conseqüentemente em um tempo mais rápido na prova de corrida (KUNZ & KAUFMANN, 1981).

Portanto, é possível aumentar o comprimento do passo com o treino, dentro dos limites individuais de cada atleta. O aumento no comprimento do passo deve ser feito na medida em que não prejudiquem a frequência ideal, afinal essas são duas variáveis inversamente proporcionais. Isso significa que quanto maior o comprimento do passo, menor será a frequência e vice-versa. Alguns autores (GAZEAU, 1997 apud. LUCCA & MELO, 2012 ; DERRICK et al., 2002) demonstram que um estilo mais dócil de corrida, caracterizado pela maior flexão do joelho durante a corrida, reflete em um maior gasto energético e portanto em uma corrida menos eficiente. A maior flexão influencia no comprimento do passo, uma vez que não há grande extensão do joelho na fase de voo. Não somente, no momento do impacto o joelho sofre maior flexão e isso faz com que o tempo de contato com o solo aumente concomitante à aceleração e absorção do impacto (DERRICK et al., 2002).

Por outro lado, a frequência do passo é definida pelo número de passos executadas em certo tempo, comumente expressa em Hertz, o que significa que são contados quantos passos (toque sucessivo dos pés) são dados em um segundo. A frequência do passo está intimamente ligada ao tempo de contato do pé com o solo (carga de impulsão), já que é resultado da soma disso com o tempo da fase de voo (momento em que não há contato com o solo) (HAY, 1981). O tempo de contato do pé é definido pela capacidade do atleta em utilizar a força reativa do solo para se impulsionar (KADORNO et al., 2011). A frequência do passo representa a soma dos tempos de contato com o solo e voo do atleta (HAY, 1981), sendo fator determinante para o esforço muscular durante cada ciclo de passadas (MARTIN & SANDERSON, 2000 apud. SILVA et al., 2007)

Assim, essa variável é fortemente influenciada pela ação da fadiga, como identificado em inúmeros estudos (MIZRAHI et al., 2000; VERBETSKY et al., 1998; CAVANAGH & WILLIAMS, 1982 ; SILVA et al., 2007). Nesse sentido, o corpo busca se adaptar às condições impostas pela fadiga, resultando num

decréscimo do número de passadas por segundo, ou seja, há acomodação das mudanças no padrão da corrida (VERBITSKY et al., 1998).

Associado à queda na frequência do passo ocorre aumento no pico de desaceleração da canela após o contato com o solo (CLARKE et al., 1985 apud. VERBITSKY et al., 1998), além do aumento da amplitude da onda de choque do impacto (VERBITSKY et al., 1998). Os parâmetros que provavelmente estão associados a isso são: aumento do ângulo de extensão máxima do joelho, diminuição da amplitude de flexão do joelho no momento do impacto (VERBITSKY et al., 1998; MIZHARI et al., 2000), diminuição da amplitude ou torque de flexão do tornozelo (KADORNO et al., 2011).

Estudos demonstram que atletas de elite apresentam menor variação na frequência de passadas (KUNZ & KAUFMANN, 1981), uma vez que possuem maior tolerância à fadiga, conseguindo manter sua frequência ótima por toda a prova. Portanto, verifica-se a importância da ótima combinação entre comprimento e frequência das passadas para um melhor resultado. Ainda assim, o equilíbrio entre essas duas variáveis no treinamento não é o suficiente, pois os padrões devem manter-se por toda a prova.

OSCILAÇÃO DO CENTRO DE MASSA

O centro de massa é como uma simplificação do complexo anatômico do corpo humano. Ele é obtido a partir de um cálculo matemático com os valores padrões dos centros de gravidade de cada segmento corporal, multiplicado pelo seu peso relativo, segundo o modelo antropométrico proposto por DEMPSTER, BAUMANN E GALBIERZ (1976).

Na biomecânica o centro de massa é utilizado como referência para descrever variáveis cinemáticas, convencionando-se que todas as forças externas passam a atuar apenas sobre esse ponto (PAPU et al., 2010). A movimentação do corpo passa a ser referida apenas por um ponto do corpo humano, sendo seu comportamento espaço em um tempo importante indicador de performance (PAPU et al., 2010), por isso deve ser analisado nos estudos cinemáticos do esporte.

Na corrida, o centro de massa localiza-se junto ao tronco do atleta (PAPU et al., 2010) e tende a realizar um deslocamento quase que exclusivamente na direção ântero-posterior, com pouca oscilação em outras

direções (BRAVO, 1998). Caso haja oscilação excessiva para cima, ocorrerá maior desgaste do atleta por estar usando sua energia não apenas para ir para frente.

O deslocamento do centro de massa está associado a movimentos angulares sincrônicos realizados pela contração muscular dos membros inferiores e superiores durante a corrida. Isso pode ser afetado durante a corrida com o desgaste energético do atleta, afinal a oscilação vertical do corpo demonstra queda com a velocidade da corrida (DILLMAN, 1975), ou seja, quanto maior a velocidade, menor será a oscilação vertical do centro de massa.

Portanto, a menor oscilação vertical do centro de massa parece estar associada ao melhor resultado (NOVACHECK, 1997; FENN, 1930; DESHON & NELSON, 1964; BATES et al., 1979; GIRARDIN & ROY, 1984; WILLIAN & CAVANAGH, 1987; HINRICHS, 1990; KONG & HERR, 2008 apud. FLETCHER et al., 2010), o que significa maior linearidade no deslocamento do atleta. Apesar disso, não foram encontradas variações entre grupos de bons corredores e profissionais sobre essa variável (CAVANAGH et al., 1977).

O comportamento do centro de massa varia de acordo com as fases do ciclo da corrida. Inicialmente, no início do apoio anterior, o centro de massa decai concomitante à sua desaceleração horizontal. Em seguida, o centro de massa é impulsionado acima e a frente, acelerando. O pico de altura do centro de massa ocorre na fase de voo, quando a aceleração se anula e então começa a decair, até a fase de apoio posterior.

Bons corredores costumam inclinar seu tronco mais a frente (WILLIAMS & CAVANAGH, 1987; KUNZ & KAUFMANN, 1981), abaixando o centro de massa, o que leva à maximização da força horizontal produzida no momento de impulsão, pois as forças de reação do solo mantêm uma posição que permite a aceleração do corpo para frente (NOVACHECK, 1997).

Por isso, é importante analisar a movimentação do centro de massa quando pensamos em corridas extenuantes, uma vez que devem modificar o padrão de movimento da corrida e pode ser usado como parâmetro de desempenho na corrida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que a corrida de longa duração produz modificações decorrentes da fadiga e/ou de questões psicológicas que seguem um padrão observado por muitos autores. A relação entre frequência do passo e comprimento do passo e suas consequências são frequentemente citadas como parâmetro afetado pela fadiga, além da oscilação do centro de massa que também ganha espaço nas publicações da área. Portanto, nota-se consenso entre os autores sobre as modificações ocorridas ao longo da corrida, contribuindo como parâmetro para observação da performance, o que facilita para o treinador dar um feedback para o seu aluno e buscar minimizar os efeitos dessas modificações ao longo das provas.

REFERÊNCIAS

- BOMPA, T. **Periodização**: Teoria de metodologia do treinamento. São Paulo: Fort, 2001.
- CAVANAGH, P. R. (Ed.) **Biomechanics of distance running**. Champaign: Human Kinetics Books, 1990.
- CAVANAGH, PR. Ground reaction forces in distance running. **J Biomechanic**. v.13 n.5 p.397–406, 1980.
- CAVANAGH, P. R., & WILLIAMS, K. R. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14 p.30-35, 1982.
- CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ATLETISMO (CBAt), Manaus, 2012.
- DERRICK TR, DEREU D, MCLEAN SP. Impacts and kinematic adjustments during an exhaustive run. **Med Sci Sports Exerc**, v.34 n.6 p.998-1002, 2002.
- DILLMAN, C.J. (1975) Kinematic analysis of running. New York: **Exercise Sport sciences review** v. 3 p. 193-218, 1975.
- ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.
- FLETCHER G. BARTLETT, R. ROMANOV, N. Biomechanical performance factors in pose running and heel-toe running. **Int. Quarterly of Sport Science** v.2, 2010.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, M.K. **Bases biomecânicas do movimento**. 1ed. São Paulo: Manole, 1999.
- HAY, J. G. **Biomecânica das técnicas desportivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ATHLETIC FEDERATION (IAFF), 2012.
- JØRGENSEN, K.; FALLENTIN, N.; KROGH-LUND, C.; JENSEN, B. Electromyography and fatigue during prolonged, low-level static contractions. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.57 n.3 p.316-321, 1988.

- KADORNO, H. AE, M. SUZUKI, Y. SHIBAYAMA, K. Effect of fatigue on leg kinematics on all-out 600m running. **Biomechanics in sports** v.29 p. 519-522, 2011.
- KAKAZU, K. Análise cinemática tridimensional da prova de 5000 metros. **Universidade estadual de campinas**, Campinas, 2010.
- KUNZ, H. KAUFMANN, D.A. Biomechanical analysis of sprinting. **Brit J. Sports** v.15 n. 3 p. 177-181, 1981.
- LUCCA, L. E MELO, S. Relação entre modificações cinemáticas da corrida e o tempo limite na vVO₂máx **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, Florianópolis, 2012.
- MANNION, A. F.; DOLAN, P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. **European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology**, Berlin, v.74, n.5, p.411-419, 1996.
- MIZRAHI, J.; VERBITSKY, O.; ISAKOV, E; DAILY, D. Effect of fatigue on leg kinematics and impact acceleration in long distance running. **Human Movement Science**, Amsterdam, v.19, n.2, p.139-151, 2000.
- MIZRAHI J, VERBITSKY O, ISAKOV E. Shock accelerations and attenuation in downhill and level running. **Clin Biomech**, v.15 n.1 p.15-20, 2000.
- MIZRAHI, J.; VERBITSKY, O.; ISAKOV, E. Fatigueinduced changes in decline running. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v.16, n.3, p.207-212, 2001.
- NOVACHEK, T. F. The biomechanics of running. **Gait and Posture**, Oxford, v.7, n.1, p.77–95, 1998.
- NUMMELA, A.; RUSKO, H.; MERO, A. EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting. **Medicine and Science Sports Exercise**, Hagerstown, v. 26, n. 5, p. 605-609, 1994
- SILVA, S.; FRAGA C.; GONÇALVES, M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz**, Rio Claro, v.13 n.3 p.225-235, jul./set. 2007.

VERBITSKY O, MIZRAHI J, VOLOSHIN A, TREIGER J, ISAKOV E. Shock transmission and fatigue in human running. **J Appl Biomech**, v.14 p.301-311, 1998.

VERKERKE, G.; AMENT, W.; WIERENGA, R.; RAKHORST, G. Measuring changes in step parameters during an exhausting running exercise. **Gait and Posture**, Oxford, v.8, n.1, p.37–42, 1998.

WILLIAMS, K. Biomechanics of running. **Exer Sport Sci Ver**, v.13 p.389–421, 1985.

WILLIAMS, K. The dynamics of running. **Biomechamic in Sport**. v.4 p.161-183. 2000.