



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**



MARCIO MELONI DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO TREINAMENTO
DE FORÇA E POTÊNCIA NA
ECONOMIA DE ENERGIA**

Campinas

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

MARCIO MELONI DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA E POTÊNCIA NA
ECONOMIA DE ENERGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
graduação da Faculdade de Educação Física da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção
do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Renato Barroso

Campinas

2016

DESTINADO A CARTA CARTOGRÁFICA

DESTINADO A FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Poucos sabem que meu caminho pela UNICAMP divergiu dos propósitos iniciais, o que demandou mais tempo do que no início planejado. Os anos de graduação na Faculdade de Educação Física – FEF, foram bons e memoráveis, permitiu um bom desenvolvimento pessoal e contato com novos conhecimentos, quebras de paradigmas e novos olhares sobre o ser humano, nos mais variados aspectos. Muito diferentes dos anos que fiz em outro curso nessa universidade.

Então primeiramente gostaria de agradecer aos familiares que se pacientaram perante minha mudança de curso e me incentivaram a fazer o que eu julgava como melhor. Em segundo lugar gostaria de agradecer aos amigos que sempre me deram palavras de incentivos do tipo “você tem mais cara de educação física”.

Gostaria de agradecer aos professores dessa universidade, em especial meu orientador, Prof. Dr. Renato Barroso, cuja a relação se estreitou no último ano, que me acolheu sempre de bom grado e sempre se mostrou um parceiro para além das funções de docente e orientador.

Gostaria de agradecer todos os colegas de FEF que conheci antes de adentrar no curso, em especial Bernardo Neme Ide que me abriu os olhos quanto as possibilidades científicas e acadêmicas da área e ao José Vitor Vieira Salgado, que conheci quando ele foi meu aluno de Jiu Jitsu no projeto de extensão da FEF, que após alguns eu tive a honra ser aluno dele na disciplina aprofundamento em atletismo e que dadas afinidades pessoais e de conteúdo com o tema da presente monografia, tenho a alegria de tê-lo como minha banca no presente trabalho.

Agradeço amizade e companheirismo dos colegas de faculdade, em especial Leonardo Carvalho, que antes de mais nada tenho como grande amigo e que sempre de forma muito prestativa compartilhou seus conhecimentos e foi de grande valia em momentos especiais.

De Oliveira, Marcio Meloni. **Efeitos do treinamento de força e potência na economia de energia**. . Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

RESUMO

O sucesso de atletas *endurance*, ou resistência, cuja modalidades são de média e/ou longa duração, tais como corrida e o cross country, dependem do ajuste da velocidade durante a prova, o que implica diretamente no controle do gasto energético e manutenção do esforço. Fatores fisiológicos como débito cardíaco, taxa de entrega de oxigênio para a musculatura, capacidade de regeneração do ATP, VO_{2max} , o limiar de lactado e a economia de corrida (EC), contribuem para o sucesso de uma corrida de média ou longa distância. A EC é tipicamente definida como a demanda de energia para uma dada velocidade de corrida submáxima, pode ser expressada como uma fração do VO_{2max} , representando uma interação complexa de fatores fisiológicos e biomecânicos. Nos últimos vinte anos estudos tem mostrado que a EC pode ser positivamente afetada por algumas semanas de treinamento de força e/ou potência. Uma série de fatores neuromusculares estão envolvidos na adaptação a esses tipos de treinamento. Ao que tudo indica essas adaptações são as mais indicadas para a melhora da EC em atletas de *endurance*. O presente estudo teve como objetivo revisar os principais trabalhos científicos que correlacionam o treinamento de força e/ou potência para a melhora da EC, analisando e discutindo as metodologias de treinamento utilizadas nessas pesquisas. Por fim realizou-se algumas metanálises para medir o tamanho do efeito desses treinamentos nas populações estudadas. Conclui-se que o treino de força e/ou potência é indicado para a melhora da EC, apontando a pliometria como a metodologia de treinamento mais indicada.

Palavras-chave: economia de corrida; pliometria; força máxima; potência;

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - TREINO DE POTENCIA - TAMANHO DO EFEITO	34
Gráfico 2 - TREINO DE Força Máxima- TAMANHO DO EFEITO	35
Gráfico 3 - TREINO DE Força Máxima X TREINO DE POTÊNCIA- TAMANHO DO EFEITO	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - TREINAMENTO DE POTÊNCIA	23
Tabela 2 - Treinamento de Força Máxima	26
Tabela 3 - Treinamento de Força Máxima vs. Potência	29

SUMÁRIO

Introdução	9
Economia de Corrida.....	9
Metodologias de Treinamento para Melhorar a Economia de Corrida	11
Endurance	11
HIIT	12
Altitude.....	13
Flexibilidade	14
Força e Potência	15
Treinamento de Força e Potência e a Melhora na Economia de Corrida.....	17
Ciclo Alongamento Encurtamento da Musculatura.....	17
<i>Stiffness</i> Musculotendíneo	18
Metodologia	20
Resultados	22
Treinamento de Potência	22
Treinamento de Força Máxima.....	26
Treinamento de Força Máxima vs. Potência	28
Metanálise.....	33
Discussão	37
Conclusão	41
Referencias	42

INTRODUÇÃO

O desempenho de atletas *endurance*, ou resistência, cuja modalidades são de média e/ou longa duração, tais como corrida e o cross country, dependem da interação de fatores fisiológicos e biomecânicos (Beattie *et al.*, 2014). O ajuste da velocidade durante a prova é fator decisivo para o sucesso do atleta na competição, pois além de determinar se o atleta conseguirá concluir a prova em menor tempo (Carmo, 2014) e na frente de seus adversários, o ajuste da velocidade implica diretamente no controle do gasto energético e manutenção do esforço

A regulação do gasto energético durante a prova, pode ser assegurada devido as complexas interações entre os feedbacks periféricos e o drive central, permitindo a manutenção dos sistemas fisiológicos dentro dos limites homeostáticos, ao mesmo tempo evitando os efeitos negativos da fadiga, maximizando o desempenho (Carmo, 2014; Wu *et al.*, 2014; Damasceno *et al.*, 2015).

Fatores fisiológicos como débito cardíaco, taxa de entrega de oxigênio para a musculatura, capacidade de regeneração do ATP, máxima capacidade da captação de oxigênio VO_{2max} , o limiar de lactado ([LL]), a habilidade de sustentar esforços com percentual alto de VO_{2max} (frações de VO_{2max}), contribuem para o sucesso de uma corrida de media ou longa distância (Turner *et al.*, 2003; Guglielmo *et al.*, 2009; Ferrauti *et al.*, 2010; Beattie *et al.*, 2014; Carmo, 2014; Barnes and Kilding, 2015).

A economia de corrida (EC) pode ser expressada como uma fração do VO_{2max} , é uma variável que representa uma interação complexa de fatores fisiológicos e biomecânicos. Tipicamente definida como a demanda de energia para uma dada velocidade de corrida submáxima (Turner *et al.*, 2003; Guglielmo *et al.*, 2009; Ferrauti *et al.*, 2010; Carmo, 2014; Barnes and Kilding, 2015).

ECONOMIA DE CORRIDA

Como supracitado, a EC é definida como a energia consumida expressada como uma fração do VO_{2max} . Em uma corrida essa variável refere-se ao custo de oxigênio utilizado pelo atleta para a manutenção do seu esforço (VO_2), podendo ser expressa como o VO_2 para uma dada velocidade de corrida ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), volume de oxigênio para

uma dada distancia ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$), ou mesmo como a distância percorrida por volume de oxigênio consumido ($\text{m}\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$). (Turner *et al.*, 2003). De forma que melhor EC refere-se à capacidade de percorrer uma maior distância para uma dada velocidade, ou o menor consumo de oxigênio para uma dada velocidade, ou distância. Tendo em vista que a EC se trata do menor consumo de oxigênio, quanto menor for a medida de EC para uma dada velocidade mais econômico é o atleta.

Mooses *et al.* (2013), afirmam que EC é mais eficaz na predição de performance do que o $\text{VO}_{2\text{max}}$. Segundo os autores corredores com melhor EC utilizam menos oxigênio para manter uma determinada velocidade, se comparados com corredores com pior EC. Em atletas de alto rendimento que possuem $\text{VO}_{2\text{max}}$ semelhantes, os que possuem melhor EC apresentam melhores desempenhos, sendo esse atributo responsável por até 65% de variação no tempo de prova (Saunders *et al.*, 2006; Mikkola *et al.*, 2007; Guglielmo *et al.*, 2009; Mooses *et al.*, 2013; Sedano *et al.*, 2013; Carmo, 2014).

Logo a EC parece ser um preditor determinante do desempenho de corridas de média e longa distância. Vários trabalhos acadêmicos acerca da EC apontam fatores que podem ser associados a EC, dentre esses fatores destacam-se o sexo, idade, temperatura, $\text{VO}_{2\text{max}}$, status do treinamento, aptidão física, concentrações de lactato sanguíneo, frequência cardíaca, composição corporal, variáveis antropométricas, variáveis biomecânicas da corrida, comprimento da passada, distribuição da massa nos segmentos corporais, distribuição dos tipos de fibras musculares, volume ventilatório e fatores neurais (Spurrs *et al.*, 2003; Guglielmo *et al.*, 2009; Berryman *et al.*, 2010; Ferrauti *et al.*, 2010; Carmo, 2014; Barnes and Kilding, 2015).

Dos fatores destacados acima, os neurais se traduzem na habilidade do músculo armazenar e transferir energia potencial elástica, essa habilidade influencia diretamente no tempo de contato dos pés do atleta com o solo (Carmo, 2014). Quanto menor é o tempo de contato com o solo, melhor é a EC do atleta, uma vez que desta forma os gastos energéticos com o esforço do exercício não são dispendidos para o solo.

Os fatores neurais envolvidos são a pré-ativação muscular antes do contato com o solo, a taxa de desenvolvimento de força e o *stiffness* músculo-tendão e esses fatores por sua vez guardam estreitas relações com a qualidade do ciclo alongamento encurtamento (CAE) da musculatura (Carmo, 2014).

METODOLOGIAS DE TREINAMENTO PARA MELHORAR A ECONOMIA DE CORRIDA

A EC depende de uma complexa inter-relação de variáveis fisiológicas e biomecânicas. Dada os inúmeros fatores que influenciam melhora da EC pode ser obtida por várias abordagens de treinamento, entre elas:

- **Treinamento de *endurance*** (Paavolainen *et al.*, 1999; Spurrs *et al.*, 2003; Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Guglielmo *et al.*, 2009; Taipale *et al.*, 2010; Assumpcao Cde *et al.*, 2013; Sedano *et al.*, 2013; Barnes and Kilding, 2015);
- **Treinamento intervalado de alta intensidade** (HIIT – *high-intensity interval training*) (Franch *et al.*, 1998; Billat *et al.*, 1999; Slawinski *et al.*, 2001; Laffite *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2003; Denadai *et al.*, 2006; Barnes, Hopkins, Mcguigan and Kilding, 2013; Barnes and Kilding, 2015)
- **Treinamento em altitude** (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Saunders *et al.*, 2006; Assumpcao Cde *et al.*, 2013; Barnes and Kilding, 2015)
- **Treinamento de flexibilidade** (Asmussen and Bonde-Petersen, 1974; Godges *et al.*, 1989; Gleim *et al.*, 1990; Godges *et al.*, 1993; Craib *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 2001; Jones, 2002; Beaudoin and Whatley Blum, 2005; Saunders *et al.*, 2006; Trehearn and Buresh, 2009; Hunter *et al.*, 2011; Barnes and Kilding, 2015)
- **Treinamento de força e potência** (Paavolainen *et al.*, 1999; Spurrs *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Saunders *et al.*, 2006; Mikkola *et al.*, 2007; Storen *et al.*, 2008; Guglielmo *et al.*, 2009; Berryman *et al.*, 2010; Ferrauti *et al.*, 2010; Taipale *et al.*, 2010; Foure *et al.*, 2011; Barnes, Hopkins, Mcguigan, Northuis, *et al.*, 2013; Mooses *et al.*, 2013; Sedano *et al.*, 2013; Taipale *et al.*, 2013; Carmo, 2014; Barnes and Kilding, 2015; Damasceno *et al.*, 2015; Balsalobre-Fernandez *et al.*, 2016);
- **Intervenções nutricionais** (que não serão abordados nesse texto) (Barnes and Kilding, 2015)

ENDURANCE

As principais adaptações de um indivíduo ao treino de resistência aeróbica, ou *endurance*, são o aumento na capacidade de transporte (adaptações hematológicas) e

utilização do oxigênio, resultado do incremento na densidade capilar e mitocondrial. Juntamente a essa resposta, há a melhora na atividade enzimática e no tamponamento, resultando no aumento da capacidade do indivíduo em prover energia para sustentar o exercício por meio do metabolismo oxidativo (Taipale *et al.*, 2010; Barnes and Kilding, 2015).

O treinamento de *endurance* em corredores, leva a uma série de adaptações fisiológicas, otimizado aspectos morfológicos e funcionais das mitocôndrias na musculatura esquelética, que podem melhorar a EC de um atleta.

Atletas treinados em resistência ao exercício aeróbico utilizam menos oxigênio nas cadeias respiratórias de suas mitocôndrias em esforços submáximo (Barnes and Kilding, 2015), como consequência da melhora no transporte e utilização do oxigênio observa-se aumento do VO_{2max} (principalmente em indivíduos não treinando em *endurance*), (Beattie *et al.*, 2014). Sendo EC uma fração de VO_{2max} , para esforços submáximos, é de se esperar que a melhora dessa capacidade, bem como qualquer melhora no VO_2 para esforços submáximos resultante do treinamento aeróbico, resulte na melhora da EC.

Em termos de treinamento de *endurance*, para melhora da EC, Beattie *et al.* (2014) relata que usualmente manipula-se o volume e a intensidade da carga do treinamento de um atleta, com o objetivo de favorecer as adaptações centrais e periféricas promotoras da eficiência metabólica e cardiorrespiratórias.

Atualmente a literatura relata poucos estudos que correlacionam o volume de treinamento de *endurance* e a melhora na EC (Barnes and Kilding, 2015). Spurrs *et al.* (2003) fazem menção a autores que dizem que treino de corrida em baixa velocidade e longas distancias, até 120km por semana, podem promover a melhora na EC. Contudo o tempo de treino que um dado atleta tem em *endurance*, ou seja seus anos de treinamento na modalidade, é apontado pela literatura, como o principal fator de contribuição do treinamento de *endurance* para a melhora da EC (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Barnes and Kilding, 2015), logo a quantidade de anos que um atleta se dedica ao treinamento em *endurance* aparentar ser mais importante para EC do que as propriamente as metodologias de treinamento adotadas.

HIIT

Os efeitos do HIIT como metodologia de treinamento para a melhoria da EC não são bem esclarecidos pela literatura até momento (Barnes and Kilding, 2015). Vários estudos que abordam treinos em alta intensidade divergem quanto aos resultados e as melhores intensidades que podem beneficiar a EC.

Alguns estudos que tiveram duração de 4-8 semanas, com frequência de 2-3 treinos semanais, de HIT em velocidade de 85-120% da velocidade de VO_{2max} , relatam significativa melhora de 1-8% na EC em corredores recreacional, ou moderadamente a bem treinados (Franch *et al.*, 1998; Billat *et al.*, 1999; Slawinski *et al.*, 2001; Laffite *et al.*, 2003; Denadai *et al.*, 2006; Barnes, Hopkins, Mcguigan and Kilding, 2013). Contudo outros estudos, onde foram estudados os efeitos de 4-6 semanas de HIT, com 2-3 sessões de treino semanais, com intensidades de 60-132% da velocidade de VO_{2max} , o HIT não promoveu ganhos na EC em corredores recreacional, ou moderadamente a bem treinados (Franch *et al.*, 1998; Smith *et al.*, 2003; Barnes, Hopkins, Mcguigan and Kilding, 2013).

Fica claro nesses estudos que a metodologia utilizada para a prescrição do HIT é vasta, não havendo um consenso estabelecido quanto a melhor abordagem para promover melhorias na EC através desse tipo de treinamento. Até o momento da realização desta revisão, observou-se que há uma carência em trabalhos sobre os efeitos do HIT na melhoria da EC, ao se pesquisar no PubMed “high intensity interval training running economy”, são obtidos apenas 20 resultados.

ALTITUDE

O treinamento aeróbico em altitude pode promover aumento de performance de atletas de *endurance*, principalmente pela melhora de fatores hematológicos que levam a uma maximização das capacidades aeróbicas. Contudo apesar de parecer ser uma alternativa razoável, há poucos estudos sobre a melhora na EC em função do treinamento em altitude (Barnes and Kilding, 2015). Saunders, Telford, *et al.* (2004) realizaram um estudo com 22 corredores de elite, eles foram divididos em grupos de treinamento, sendo que um dos grupos treinava em altitude simulada de 2000-3000m obteve melhoras significativas 3,3% na EC, ao passo que os outros dois grupos que treinaram em altitude moderada ou baixa não obtiveram melhoras significativas.

FLEXIBILIDADE

Até o momento não é possível estabelecer com precisão se o treinamento de flexibilidade, isto é, o aumento da flexibilidade, pode de fato ter influência negativa ou positiva na EC. Alguns autores em suas pesquisas concluíram que o treinamento de flexibilidade, pode melhorar a EC em atletas de corrida (Godges *et al.*, 1989; Godges *et al.*, 1993; Nelson *et al.*, 2001; Beaudoin and Whatley Blum, 2005). Contudo para outros pesquisadores o que foi observado em seus experimentos foi a piora da EC devido ao aumento da flexibilidade (Gleim *et al.*, 1990; Craib *et al.*, 1996; Jones, 2002; Trehearn and Buresh, 2009; Hunter *et al.*, 2011).

A relação inversa entre flexibilidade e a EC, pode ser explicado porque a rigidez da musculatura do tronco e dos membros inferiores, bem uma maior estabilidade das articulações de quadril e membros inferiores, inferem na qualidade da corrida otimizando o armazenamento da energia elástica e seu uso pelos músculos e tendões envolvidos (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Barnes and Kilding, 2015). Para além, identifica-se que a maior rigidez de tronco e quadril nos planos frontal e transversal, corroboram para a estabilização da pelve no momento do impacto do pé com o solo, contribuindo para redução do gasto energético com a estabilização das articulações envolvidas, melhorando a EC (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Barnes and Kilding, 2015).

Se por um lado maior rigidez de tronco, quadril e membros inferiores podem ter benefícios para EC, a falta de flexibilidade até certo grau também pode ser comprometedor. A justificativa para tal conclusão dos estudos citados com correlação positiva entre flexibilidade e EC, aponta que a melhora da flexibilidade contribui para: restauração do equilíbrio miofascial, da simetria pélvica e dos movimentos dos membros inferiores, estes por sua vez atuam para a melhora da contração neuromuscular, o que reduz o custo energético para cargas de treinamento em VO_2 submáximo (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Barnes and Kilding, 2015).

A conclusão que obtemos aponta a necessidade de certa rigidez do complexo musculotendíneo envolvidos na corrida para obter melhorias na EC. Contudo o a flexibilidade não deve ser negligenciados, dado a melhora no padrão de movimento e seu papel na prevenção de lesões.

FORÇA E POTÊNCIA

Os treinamentos de força e potência são conhecidos como os melhores métodos para a melhora das capacidades do sistema neuromuscular (Deschenes and Kraemer, 2002). O treino de força com cargas elevadas, ou treinamento de força máxima (TFM) resulta na melhora da ativação neuromuscular voluntária. Essa adaptação se traduz no aumento da força máxima, usualmente com a continuidade do TFM o indivíduo tem o aumento de massa muscular (Taipale *et al.*, 2010).

Treinos de potência, isto é, movimentos em velocidade (explosivos) e com carga baixa, proporcionam adaptações neurais importantes, tais como aumento da taxa de ativação das unidades motoras (Mikkola *et al.*, 2007). Há em especial uma metodologia de treino de potência chamado de pliometria, cujos padrões de movimentos adotados se aproximam mais aos padrões da modalidade, podendo ser treinados em alta velocidade. Devido a cinética e cinemática semelhante aos da modalidade, o fator de transferência do treinamento pliométrico para a tarefa específica é bem elevado (Carmo, 2014). Essa metodologia de treinamento corrobora para importantes adaptações no CAE, aumentando a capacidade neuromuscular e tendínea de produzir níveis elevados de força em pouco tempo (Markovic and Mikulic, 2010), isto é, aumenta a potência dos movimentos. Outra adaptação importante do treinamento pliométrico é o aumento do *stiffness* musculotendíneo. O *stiffness* é a resistência oferecida ao alongamento pela unidade músculos-tendão. Na prática se traduz na melhor capacidade do corpo armazenar e utilizar a energia elástica (Paavolainen *et al.*, 1999; Spurrs *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Saunders *et al.*, 2006). É importante salientar que os treinos de potência costumam gerar menor hipertrofia muscular do que TFM (Saunders *et al.*, 2006).

Ao comparar as adaptações ao treinamento de força e potência com os de *endurance*, é plausível a concepção de um possível efeito de interferência entre as adaptações (Taipale *et al.*, 2013), uma vez que o treino de força e potência podem levar ao aumento da massa muscular e conseqüentemente a redução da densidade capilar e do volume mitocondrial (Carmo, 2014). Por esse motivo até o início da década de 2000, treinadores e atletas de *endurance* não costumavam fazer uso de treinos de força e potência como estratégia para a melhora da performance em provas de corrida de média e longa distância (Carmo, 2014; Balsalobre-Fernandez *et al.*, 2016).

Contudo, a partir dos estudos de Johnson *et al.* (1997) e de Paavolainen *et al.* (1999), observou-se que após algumas semanas de intervenção com treinamento de força e/ou potência, a EC dos atletas melhorou com relação ao grupo controle. Desde então, vários outros estudos têm demonstrado os benefícios do treino de força e potência para melhora da EC, indicando que algumas semanas de intervenção e certas metodologias são capazes de melhorar a EC sem que ocorra o efeito de interferência (Taipale *et al.*, 2013).

Os efeitos benéficos do treino de força e potência para a melhora da EC são atualmente bem descritos pela literatura. Sabe-se que essas metodologias de treinamento tornam mais eficientes o recrutamento das unidades motoras, tornando mais coordenado o padrão de contração muscular entre agonistas e antagonistas (Markovic and Mikulic, 2010; Carmo, 2014; Damasceno *et al.*, 2015). O efeito dessas adaptações para o desempenho de um atleta de corrida consiste na melhor utilização do CAE, com consequente diminuição da ativação muscular durante a fase propulsiva, tornando a corrida mais econômica (Spurrs *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003; Barnes, Hopkins, Mcguigan, Northuis, *et al.*, 2013; Carmo, 2014).

Pelos conhecimentos abordados nos tópicos acima, que correlacionam metodologias de treinamento para melhora da EC, observa-se que o treinamento de força e potência são as abordagens com maior respaldo científico para melhoria desta capacidade, mostrando-se até o momento como as mais eficazes. Dado a importância do treinamento de força e potência para a melhora da EC, mais detalhes sobre essas metodologias serão abordados a seguir no decorrer deste texto.

TREINAMENTO DE FORÇA E POTÊNCIA E A MELHORA NA ECONOMIA DE CORRIDA

Em linhas gerais o treinamento de força e potência proporciona melhora na economia de corrida devido a respostas esses tipos de treinamento que causam melhor utilização do CAE, aumento da densidade das fibras musculares, conseqüentemente menor ativação das unidades motoras para a produção de um determinado nível de força, mais eficiência biomecânica e nos padrões de recrutamento muscular, resultando em um movimento mais eficiente para uma dada velocidade (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Carmo, 2014; Barnes and Kilding, 2015; Balsalobre-Fernandez *et al.*, 2016).

CICLO ALONGAMENTO ENCURTAMENTO DA MUSCULATURA

A classificação das ações musculares em contração isométrica, excêntrica ou concêntrica nem sempre corresponde a real natureza de um dado movimento. Um exercício não envolve uma forma isolada dessas ações (Komi, 2006). Uma melhor aproximação da natureza da função muscular pode ser analisada pelo CAE, isso porque em muitas situações de interesse a ação concêntrica (encurtamento) é precedida de uma ação excêntrica (alongamento). Esse modelo de ação muscular define que os músculos envolvidos em um movimento são primeiramente alongados e para subseqüentemente serem rapidamente encurtados (Komi, 2006; Carmo, 2014).

Esse mecanismo se traduz na eficiência do músculo em armazenar e devolver a energia elástica proveniente da contração muscular excêntrica que precede a ação muscular concêntrica (Turner *et al.*, 2003). Em síntese, o alongamento, ou pré estiramento, aumenta a força máxima e o trabalho realizado pelo músculo na fase concêntrica de sua ação. O CAE, ou seja, a ação excêntrica precedente da ação concêntrica, desempenha outras funções além do armazenamento e reutilização da energia elástica da musculatura, apresentando outros mecanismos importantes para um movimento mais econômico. Esses mecanismos são maior taxa de desenvolvimento de força, potencialização dos elementos contráteis, melhor interação entre componentes elásticos e contráteis da musculatura e maior atuação dos reflexos motores para o movimento (Markovic and Mikulic, 2010).

Desta maneira CAE é de suma importância para uma corrida mais econômica, se traduz na melhor utilização da energia elástica gerada na fase de contato com o solo durante a fase de impulsão da corrida, reduzindo a demanda metabólica do atleta. Carmo (2014), aponta que o mal aproveitamento dessa energia pode aumentar o gasto energético da corrida em até 40%.

Usualmente utiliza-se o treinamento de explosão (TE_x) e o treinamento pliométrico (TP) para melhora da utilização do CAE, isso porque essas metodologias de treinamento visam o desenvolvimento da potência muscular e fazem uso de exercícios cujo padrão de movimento tem ação excêntrica exacerbada (exemplo de saltos em profundidade, em agachamento, com contra movimento e etc), o que permite o aumento da capacidade do CAE (Barnes and Kilding, 2015).

STIFFNESS MUSCULOTENDÍNEO

A palavra *stiffness* é traduzida do inglês como rigidez. Essa propriedade musculotendínea representa a rigidez com que essas estruturas corporais podem apresentar com relação ao movimento (Carmo, 2014). Na prática o *stiffness*, ou o grau de rigidez da estrutura musculotendínea, significa a capacidade dessas estruturas de armazenar e liberar energia elástica (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Assumpcao Cde *et al.*, 2013; Carmo, 2014). Uma vez que as estruturas musculotendíneas podem ser analisadas como um elástico, quanto maior o *stiffness*, maior é a sua capacidade de acumular a energia elástica. Como mencionado no item anterior desse texto, a capacidade das estruturas contráteis de armazenar e devolver a energia elástica afetam diretamente o aproveitamento do CAE.

Durante a corrida o *stiffness* dos músculos dos membros inferiores são modulados pela ativação neuromuscular. As adaptações neuromusculares ao treinamento são responsáveis pelo aumento da rigidez do sistema musculotendíneo (Markovic and Mikulic, 2010). De fato, muitos autores correlacionam a melhora na EC devido ao aumento do *stiffness* (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Markovic and Mikulic, 2010; Assumpcao Cde *et al.*, 2013). Uma maior duração da coativação da musculatura bi articular da perna pode ser associada a uma melhor EC. Essa coativação muscular modula o *stiffness* da perna e aumentando a EC através da utilização de energia elástica

armazenada sem custo metabólico adicional (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Markovic and Mikulic, 2010). Outro aspecto importante é a fase de aterrissagem da corrida, na qual um maior *stiffness* proporciona melhor resposta às forças de reação do solo, evita a falha muscular local em momentos de maior desgaste, otimizando os reflexos de estiramento que podem causar despendido desnecessário de energia (Saunders, Pyne, *et al.*, 2004; Markovic and Mikulic, 2010).

METODOLOGIA

Atualmente na literatura encontram-se bastantes trabalhos científicos onde se avalia os benefícios do treinamento de força e potência para melhora da EC de corredores. Esses trabalhos apresentam grande diversidade entre a escolha do tipo de treinamento, força máxima (TFM) – alta intensidade e baixo volume; treinamento de explosão (TEx) - exercícios de musculação para membros inferiores com até 30-40% da carga e movimentos rápidos; treinamento pliométrico (TP). Além do tipo de treinamento, variam quanto o tempo e frequência de intervenção, quanto a população (moderados e recreacionais, bem treinados e universitários ou de elite), modalidade (corrida de média e longa distância, cross country) e gênero.

Tendo em vista a essa multiplicidade de informações, o objetivo da pesquisa é revisar os principais conceitos das influencias do treinamento de força e potência na melhora EC e realizar metanálises que possam averiguar o que todos esses estudos mostram em termos quantitativos da melhora na EC com o uso do treinamento de força potência, dentre essas metanálise objetiva-se confrontar qual metodologia é mais apropriada TFM, TEx e/ou TP, averiguar se o tempo e frequência de intervenção pode influenciar a melhora na EC e se alguma população em especial responde melhor ao treinamento de força e potência, ou seja se indivíduos não treinados, moderadamente ou bem treinados e de alto desempenho. A maioria dos estudos são realizados com população mista, não permitindo avaliar a diferença da utilização dessas metodologias entre os gêneros.

A busca pelos artigos foi feita pela base de dados PubMed, no campo busca utilizou-se “*running economy*”, como critério de refinamento foi selecionado *species: humans, age: adult: 19+ years / Young Adult: 19-24 years / Adult: 19-44 years*. Dessa busca foram encontrados 589 resultados. A partir disso, selecionou-se os artigos que tratavam de experimentos longitudinais (mínimo 4 semanas de intervenção) com um ou mais metodologias de treinamento força (TFM, TEx e/ou TP). Por fim selecionou-se os estudos com pré e pós testes, do total 14 estudos atenderam e foram selecionados para revisão e análise. Destes 3 foram excluídos da revisão e metanálise os trabalhos que não forneceram de maneira clara (ou tabela ou gráfico) os valores de VO_2 submáximos pré e pós intervenção, ou cuja a unidade de medida de VO_2 não estava em $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

Ao final foi adicionado para revisão e análise uma tese de doutorado (Carmo, 2014) que mostra um estudo pertinente correlacionado ao tema, cujo os resultados até o momento não haviam sido publicados em revistas científicas da área. O item a seguir apresenta os estudos selecionados em formas de tabelas com os tipos de metodologias de treinamento adotadas. Após apresenta-se o detalhamento dos estudos, metanálise e discussão.

RESULTADOS

Os resultados da pesquisa estão agrupados de acordo com as metodologias de treinamento estudadas, isto é, treinamento de potência (explosão e pliometria), treinamento de força máxima e comparação entre essas metodologias. A seguir apresenta-se o resumo (em tabela e pequena síntese) dos 12 estudos de acordo com o interesse do presente trabalho, isto é, os efeitos do treinamento de força e potência na melhora da EC.

TREINAMENTO DE POTÊNCIA

Muitos estudos que utilizaram metodologias de treinamento que envolvem fase excêntrica do CAE sobrecarregada obtiveram significativa redução da EC, como já discutido essas metodologias são usualmente conhecidas como treinamento de explosão (TEX) e treinamento pliométrico (TP), ou pliometria.

TABELA 1 - TREINAMENTO DE POTÊNCIA

Autores	Sujeitos	Duração (Semanas)	Grupos	Treinamento	Varição da EC
Paavolainen et al. (1999)	18 atletas de elite em cross country	9	Explosão + Pliometria (n=10)	<i>Endurance</i> – 3 x Semana Treino explosão à 40%RM + Pliometria – 2 x Semana	-8,1% – 15km/h
			Controle (n=8)	<i>Endurance</i> – 3 x Semana Circuito – 2 x Semana	1,5% – 15km/h
Spurrs et al. (2003)	17 corredores bem treinados de longa distância	6	Pliometria (n=8)	<i>Endurance</i> – 60-80km Semana Pliometria – 2-3 x Semana	-6,7% – 12km/h -6,4% – 14km/h -4,1% – 16km/h
			Controle (n=9)	<i>Endurance</i> – 60-80km Semana	0,5% – 12km/h -0,5% – 14km/h 0,5% – 16km/h
Saunders et al. (2006)	15 corredores bem treinados de longa distância	9	Força + Pliometria (n=7)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal Treino Força 1rep 60%RM + Pliometria – 3 x Semana	-4,1% – 18km/h
			Controle (n=8)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal	0,7% – 18km/h
Mikkola et al. (2007)	25 jovens corredores de longa distância	8	Explosão + Pliometria (n=13)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal Treino Explosão carga baixa + Pliometria – 3 x Semana	-(2,7 - 4,4)% – 14km/h
			Controle (n=13)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal	2,7 – 6,4% – 14km/h
Carmo (2014)	28 atletas de corrida	8	Pliometria (n=15)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal Treino Pliométrico – 2 x Semana	-3,6% – 10km/h -4,9% – 12km/h
			Controle (n=13)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal	-1,1% – 10km/h 0,9% – 12km/h

Resultados negativos da variação da EC indicam melhora, mostrado variação na EC apenas nas velocidades com resultados significativos

Paavolainen *et al.* (1999) fizeram um estudo de 9 semanas de treinamento com 18 atletas elite (modalidade cross country). Os voluntários da pesquisa foram divididos em dois grupos, grupo experimental (n=10) e controle (n=8). Ambos os grupos receberam o mesmo protocolo de treinamento de *endurance* e treino circuitado, também treinaram o mesmo volume de treinamento (horas x semanas), contudo no grupo experimental 32% deste volume foi dedicado ao treinamento de potência, com TP (saltos variados, com e sem carga, sprint) e TEx para membro inferior com carga de 40%RM com execução rápida. Ao fim do experimento os pesquisadores detectaram melhora de 8,1% da EC.

Na pesquisa de Spurr *et al.* (2003), 17 corredores bem treinados de longa distância (carga semanal de 60-80km, em média 10 anos de treinamento) foram separados em grupo experimental (n=8) e controle (n=9), durante 6 semanas mantiveram sua rotina normal de treinamento em corrida, contudo o grupo experimental realizou de 2-3 sessões de TP por semana, com exercícios de salto e saltito em várias direções e profundidades. A intervenção proporcionou uma melhora de 67,%, 6,4% e 4,1%, na EC para as velocidades de 12km/h, 14 km/h, 16 km/h, respectivamente.

Saunders *et al.* (2006), realizaram sua pesquisa com 15 voluntários bem treinados em média e longa distância, 7 destes foram destacados para o grupo que fez o TP, contudo os 15 atletas foram orientados a manter seus treinamentos de corrida conforme estavam habituados a fazer. Foram 9 semanas de TP com 3 sessões por semana de treinos que variaram de exercícios de força com alta intensidade e baixo volume, e exercícios com alto volume e baixa intensidades, além da pliometria que foi composta de saltos variados. Nesse estudo houve melhora significativa de 4,1% na EC para velocidade de 18km/h, ao passo que o grupo controle não houve praticamente melhora alguma (nas velocidades de 14 e 16km/h os autores não apontam melhoras significativas entre o grupo experimental e controle).

Por 8 semanas de treinamento, Mikkola *et al.* (2007), conduziram um experimento com 25 jovens corredores (ambos os sexos, com ao menos 2 anos de treinamento) de longa distância, 13 desses jovens fizeram parte do grupo experimental e 12 fizeram parte do grupo controle. O volume total de treino de ambos os grupos foi mantido constantes, contudo no grupo experimental 19% do volume total foi destinado ao TEX e o restante do volume com treino de corrida. Os treinos de explosão ocorriam 3 vezes por semana e era composto por sprint, saltos e exercícios de força para membros inferiores com baixa carga. Averiguou-se ao final do estudo que a melhora da EC para várias velocidades, 2-4%, 1-5% e 3-4% para velocidades de 12, 13 e 14km/h respectivamente. O grupo controle não apresentou melhora da EC.

Recentemente em sua tese de doutorado, Carmo (2014), fez um estudo para avaliar se melhoras na EC poderiam trazer alterações na percepção subjetiva de esforço durante uma corrida de 10km em atletas bem treinados (volume maior que 40km semanais e ao menos dois anos de treino) e conseqüentemente alterar as estratégias de prova. Para isso 28 atletas foram divididos em grupo controle (n=13) e TP (n=15). Durante 8 semanas

todos os indivíduos foram orientados à manter suas rotinas de treino *endurance*, contudo o grupo TP realizou duas sessões de treinamento pliométrico. Foi detectado que para as velocidades de 10km/h e 12km/h a EC melhorou 3,6% e 4,9% respectivamente.

Nos cinco experimentos revisados, onde os cientistas estudaram somente o efeito do treinamento de potência (TEx e/ou TP), observou-se a melhora da EC. Como discutido nos tópicos sobre as influências desses treinamentos sobre a EC, esses resultados foram acompanhados das melhoras dos marcadores de força, e/ou resposta neuromuscular, e/ou *stiffness*.

Com relação a força dinâmica e isométrica máxima apenas o estudo de Carmo (2014) não apresentou aumento pré e pós intervenção, todos os outros apresentaram aumento significativo. O que nos leva a refletir sobre possíveis inconsistências durante alguma fase do processo, uma vez que o grupo que treinou potência apresentou diminuição dos valores.

Os testes de resposta neuromuscular, seja por sprint, saltos ou taxa de desenvolvimento de força, em todos experimentos o grupo que treinou potência apresentou melhorias. Bem como os testes para *stiffness*. Sendo assim estão dentro do esperado, tendo em vista que os atletas que treinaram potência obtiveram melhora na EC.

Uma possível hipótese da interferência dos protocolos de treino de *endurance* na melhora da EC, a princípio é descartada, uma vez que a maioria na maioria dos experimentos os atletas já estavam acostumados com esse tipo de treinamento e não ficaram sujeitos a grandes alterações em suas rotinas de treinamento. Para além os voluntários não apresentaram diminuição em marcadores de desempenho de *endurance* (VO_{2max} , [LL]) e foram bem distribuídos quanto a características de força/potência e *endurance*, o que permitiu um bom isolamento das variáveis e aumenta o peso afirmação de que os treinamentos foram os responsáveis pela melhora na EC.

TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA

O treino de força com cargas elevadas, costumam ser treinos com cargas próximas a carga máxima, poucas repetições e apresenta ser mais eficientes para aumento de força (Storen *et al.*, 2008). É sabido que o aumento da força possibilita maior eficiência biomecânica e no recrutamento muscular (Balsalobre-Fernandez *et al.*, 2016), essas adaptações neuromusculares podem levar a uma corrida mais econômica.

TABELA 2 - TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA

Autores	Sujeitos	Duração (Semanas)	Grupos	Treino	Varição da EC
Ferrauti et al. (2010)	22 corredores recreacionais	8	Força Máxima (n=11)	<i>Endurance</i> – 119-351 minutos semana Treino de Força Máxima 3-5RM – 2 x Semana	4,8% – 8,6km/h 2,1% – 10km/h
			Controle (n=11)	<i>Endurance</i> – 168-384 minutos semana	3,81% – 8,6km/h 4,38% – 10km/h
Damasceno et al. (2015)	18 corredores recreacionais	8	Força Máxima (n=8)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal Treino de Força Máxima com cargas de 10-3RM – 2 x Semana	-1,40% – 12km/h
			Controle (n=11)	<i>Endurance</i> – mantiveram rotina normal	-1,95% – 12km/h

Resultados negativos da variação da EC indicam melhora, mostrado variação na EC apenas nas velocidades com resultados significativos

Ferrauti *et al.* (2010) efetuaram um estudo com 22 corredores recreacional de ambos os sexos (tempo de treino 8.7 ± 7.9 anos). Foram divididos em dois grupos, durante 8 semanas o grupo controle (n=11) fez um total 168-384 minutos de treinos *endurance* por semana, o grupo experimental (n=11) fez 119-351 minutos de treinos de *endurance* e 2 duas sessões de treino de força por semana. Os treinos de força focaram o tronco, membros superiores e membros inferiores, na sessão de treino para tronco e membros superiores os treinos constituíam de 3 séries com 20-25 repetições. Na sessão de treino para membros inferiores, haviam 5 exercícios com carga máxima, 4 séries de 3-5 repetições. O experimento demonstrou que a EC para as velocidades de 8,6 e 10km/h não foi alterada.

Durante 8 semanas, 18 corredores recreacionais do sexo masculino, participaram do estudo de Damasceno *et al.* (2015). Desses 8 voluntários fizeram TFM, 10-3RM, para extensão dos joelhos, duas vezes por semana. Durante todo o experimento os atletas foram orientados a manter o mesmo treinamento de corrida que estavam

fazendo antes do experimento começar. Esse experimento não detectou melhoras significativas na EC para o grupo que sofreu intervenção do treino de força.

Como era de esperar os voluntários que participaram dos grupos de TFM, obtiveram aumentos significativos nos marcadores para força e potência, neurais. Para além também melhoram os marcadores de capacidade anaeróbia, com relação aos grupos controle. Por fim não foi observado melhoras nos marcadores de desempenho aeróbicos para todos os grupos. As alterações destacadas não foram o suficiente para a promoção melhora significativa da EC com relação ao grupo controle.

No caso do experimento de Ferrauti *et al.* (2010) os dois grupos pioraram a EC, contudo o grupo que realizou a pesquisa encontrou diminuição no VO_{2pico} , para o grupo que TFM do período pré e pós, apesar dessa não ser estatisticamente significativa, é colocado na discussão do artigo como um apontamento de uma possível inferência positiva.

Especula-se algumas hipóteses pelas quais os achados não estarem de acordo com o esperado quanto a melhora na EC após um período de TFM. Uma razão provável deve-se a frequência semanal de 1 treino de membros inferiores e/ou baixo volume de repetições para essa frequência. Outra possibilidade pode ser atribuída a medição da EC em velocidades que não permitiram refletir melhoras na EC. Por fim aponta-se a heterogeneidade da amostra a qual o treinamento em *endurance* é de 8.7 ± 7.9 anos, o que pode ter escondido sujeitos que obtiveram melhoras em meio a média dos voluntários.

Damasceno *et al.* (2015), os dois grupos obtiveram melhora semelhantes na economia de energia, os autores apontam que o grupo TFM obteve melhora em todos os marcadores de aumento de força e potência, bem como era esperado. Semelhantemente ao estudo anterior, apesar da não melhora na EC não ser como esperado, as melhoras no sistema neuromuscular refletiram em um melhor resultado no teste de velocidade pico em esteira ergométrica. O fato de haver melhora na EC, mesmo que o grupo controle tenha melhorado de forma semelhante, torna os dados desta pesquisa mais fáceis de assimilar, uma vez que indica que ao menos o protocolo de treino de *endurance*, e/ou o perfil dos voluntários, não levaram a resultados inesperados.

Os autores sugerem que a intervenção do TFM provavelmente foi divergiu com relação a maioria dos outros estudos que envolvem TFM, salientam que adotaram maior intensidade, ou seja, cargas de treinamento mais elevadas e menor volume.

Conclui-se que o protocolo de TFM induziu adaptações neuromusculares, contudo não foi suficiente para que houvesse uma grande melhora na EC.

TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA VS. POTÊNCIA

Após os primeiros achados do final da década de 1990 e começo da de 2000, sobre os efeitos do treinamento de potência (TEX e TP), pesquisadores passaram a pesquisar o TFM, conseqüentemente as duas metodologias tornaram-se alvo de comparações, uma vez que tanto em teoria como na prática mostraram serem eficientes para tornar a corrida de um atleta mais econômica.

TABELA 3 - TREINAMENTO DE FORÇA MÁXIMA VS. POTÊNCIA

Autores	Sujeitos	Duração (Semanas)	Grupos	Treinamento	Varição da EC
Guglielmo et al. (2009)	16 atletas bem treinados em corrida	4	Força Máxima (n=7)	<i>Endurance</i> padronizado 3 séries de 6RM – 2 x Semana	-6,2% – 14km/h
			Potência (n=9)	<i>Endurance</i> padronizado 3 séries de 12RM – 2 x Semana	-2,0% – 14km/h
Berryman et al. (2010)	28 atletas bem treinados em corrida	8	Força Máxima (n=12)	<i>Endurance</i> padronizado 3-6 séries de 8RM contração concêntrica – 1 x Semana	-4,0% – 12km/h
			Potência (n=11)	<i>Endurance</i> padronizado Saltos altura ideal de queda – 1 x Semana	-7,0% – 12km/h
			Controle (n=5)	<i>Endurance</i> padronizado	-0,2% – 12km/h
Taipale et al. (2010)	28 atletas recreacionais de corridas	28	Força Máxima (n=11)	· Preparatória 6 semanas: força + <i>endurance</i> padronizado · Específico 8 Semanas: 3 séries de 4-6 repetições 80-85%RM – 2 x Semana · Destreino 14 semanas: Treino semelhante – volume 1 x Semana	-6,9% – 10km/h
			Potência (n=10)	· Preparatória 6 semanas: força + <i>endurance</i> padronizado · Específico 8 Semanas: 3 séries 6 repetições 30-40%RM + Saltos – 2 x Semana · Destreino 14 semanas: Treino semelhante – volume 1 x Semana	-4,8% – 10km/h
			Controle (n=7)	· Preparatória 6 semanas: força + <i>endurance</i> padronizado · Específico 8 Semanas: 3 séries de circuito – 2 x Semana · Destreino 14 semanas: Treino semelhante – volume 1 x Semana	-8,8% – 10km/h
Barnes et al. (2013)	42 atletas universitários de cross country	9	Força Máxima (n=22)	<i>Endurance</i> padronizado 2-4 séries 6-15RM – 2 x Semana	-2,5% – 14km/h
			Força Máxima + Pliometria (n=20)	<i>Endurance</i> padronizado Exercícios iguais, porém, 1-3 séries 6-20RM + Pliometria – 2 x Semana	-0,6% – 14km/h
Sedano et al. (2013)	18 corredores bem treinados	12	Força Máxima + Potência (n=6)	<i>Endurance</i> – mantiveram treino usual 3 séries de 7 repetições 70%RM + Pliometria – 2 x Semana	-3,3% – 12km/h -2,7% – 16km/h
			Resistência de Força (n=6)	<i>Endurance</i> – mantiveram treino usual 3 séries 20 repetições 40%RM – 2 x Semana	-1,7% – 12km/h -1,5% – 16km/h
			Controle (n=6)	<i>Endurance</i> – mantiveram treino usual Exercícios com elásticos 3 séries 25 repetições – 2 x Semana	-0,01% – 12km/h -0,2% – 16km/h

Resultados negativos da variação da EC indicam melhora, mostrado variação na EC apenas nas velocidades com resultados significativos

Com esse intuito Guglielmo *et al.* (2009) realizaram um estudo com 16 atletas bem treinados em corrida (ao menos 5 anos de treinamento), durante 4 semanas de treinamento. 9 foram alocados para o grupo TEX e 7 para o grupo TFM. Para além do treino de *endurance* comum a ambos os grupos, ambos os grupos realizaram os mesmos exercícios em sala de musculação, duas vezes por semana, com diferentes progressões de

carga. O grupo TFM realizou 3 séries de 6RM nas duas primeiras semanas, na terceira e quarta semana a carga foi elevada e as repetições baixadas para 5 ou 4. O grupo TEX treinou 3 séries de 12 repetições em velocidade durante as duas primeiras semanas e 4-5 séries nas semanas restantes. Como resultado a pesquisa achou melhora significativa de 6,2% na EC para o grupo TFM e não achou ganhos significativos na EC (1,9%) para o TEX.

Para averiguar se treino pliométrico e TFM, Berryman *et al.* (2010), dividiu um grupo de 28 atletas bem treinados (nível estadual, competem em distancias de 5km a maratona, treinam 3-7 vezes por semana), em três grupos, controle (n=5), grupo força (GF, n=12) e grupo pliometria (GP, n=11), para 8 semanas de treinamento. Todos os grupos realizaram o mesmo treino de *endurance*, o GF e GP realizaram 1 treino específico por semana de 3-6 séries de 8 repetições, o GF treinou apenas a contração concêntrica de meio agachamento em barra guiada e GP realizou saltos em profundidade a partir de altura de ideal de queda pré-estipuladas. A melhora de EC foi significativa para ambos os grupos com relação ao controle, sendo que o GF melhorou 4,0% e o GP 7,0%.

Três grupos, controle (n=7), TFM (n=11) e TEX (n=10), participaram do estudo de 28 semanas de Taipale *et al.* (2010), que objetivou averiguar as diferenças entre a periodização de treino de força máxima e explosão em atletas recreacionais de corridas. O estudo foi dividido em 3 partes, em todas as partes realizaram o mesmo treino de *endurance*. Na primeira parte, fase de preparação, durante 6 semanas (ao todo 9 sessões), todos os grupos realizaram do mesmo treino de força e pliometria, composto de exercícios em sala de musculação de flexo extensão de quadril e joelhos, 2-3 séries de 10-15 repetições a 70%RM, mais saltos. Na segunda fase os grupos fizeram 2 treinos por semana, durante 8 semanas, o TFM realizou 3 séries de 4-6 repetições 80-85%RM para quadríceps e 2 séries 12-15 repetições 50-60%RM para panturrilha; o TEX realizou 3 séries de 6 repetições explosivas com 30-40%RM de agachamento e leg press, juntamente com 2-3 séries de 5-10 repetições, com ou sem carga, de 3 diferentes tipos de saltos. O grupo controle realizou 3 séries de circuito. Na terceira fase do estudo, 14 semanas o volume dos treinos de força baixou para 1 vez a semana e o volume de treino de *endurance* aumentou. Apesar de haver mudanças de exercícios na terceira fase, o protocolo de treino ficou muito semelhante entre os grupos com relação a segunda e terceira fase respectivamente. O estudo resultou melhora significativa da EC a 10km/h

entre os dois grupos -6,9% e -4,8% (dados estipulados a partir do gráfico presente no artigo), os autores mencionam que para a velocidade de 12km/h também houve melhoras significativas, contudo os dados não estão presentes no artigo.

Barnes, Hopkins, Mcguigan, Northuis, *et al.* (2013), fizeram seu experimento com 42 atletas universitários de cross country, de ambos gêneros. O estudo foi realizado durante 13 semanas do período competitivo, sendo que o treinamento começou na 4 semana e teve duração de 9 semanas. Esses atletas foram divididos em dois grupos, TFM (GFM, n= 22) e grupo pliometria mais TFM (GPFM, n=20). Ambos os grupos fizeram duas sessões de treino por semana, exceto em 3 semanas nas quais haviam competições. Ambos os grupos fizeram o mesmo treino de *endurance*. Os treinos com cargas elevadas foram focados em membro inferiores, ambos os grupos fizeram as mesmas sequencias de exercícios (6 exercícios por sessão), diferenciando apenas no volume de treino, mas não na intensidade. O grupo GFM treinou ao longo das semanas de 2-4 séries de 6-15 repetições, ao passo que o grupo GPFM treinou de 1-3 séries de 6-20, sendo que os exercícios de pliometria eram feitos na mesma serie dos exercícios de força e apresentavam biomecânica parecida ao exercício de força da série (ex: 3 séries de 8 repetições de agachamento + 8 saltos em plataforma). A melhora na EC à 14km/h do GFM foi de 1,7% e 3,4%, homens e mulheres respectivamente, para o grupo GPFM a melhora foi respectivamente de 0,2% e 1,0%.

Sedano *et al.* (2013), avaliaram os efeitos de 12 semanas de treinamento em 18 homens corredores bem treinados (3-5km). Os grupos foram divididos em controle, força (GF) e resistência de força (GRF). Nos três grupos haviam 6 voluntários e realizaram 2 treinos específicos por semana e mantiveram o treino usual de *endurance*. O grupo controle fez treinos com elásticos, 4 exercícios para membros inferiores em circuito, 3 séries de 25 repetições. O GF fez 4 exercícios de musculação para membros inferiores em 3 séries de 7 repetições com carga de 70%RM, juntamente com exercícios de pliometria. O GRF de força treinou 3 séries de 20 repetições com 40%RM. Houve melhora significativa na EC para os dois grupos experimentais para a velocidade de 12km/h, 1,7% GF e 3,3% GRF. Para a velocidade de 14km/h não houve melhoras significativas. Para 16km/h somente o GF melhorou a EC em 2,7%.

Como era de se esperar todos os estudos que avaliaram simultaneamente os efeitos do TFM e TP, os indivíduos que fizeram treinamento em uma dessas

metodologias, apresentaram melhora significativa nos valores de força máxima, seja isométrica ou dinâmica, melhoras em marcadores de recrutamento neuromuscular como saltos, taxa de desenvolvimento de força, atividade eletromiográficas e etc. Todos os experimentos mostraram que TP ou TFM melhoraram a EC dos sujeitos avaliados e obtiveram melhor resposta do que o grupo controle.

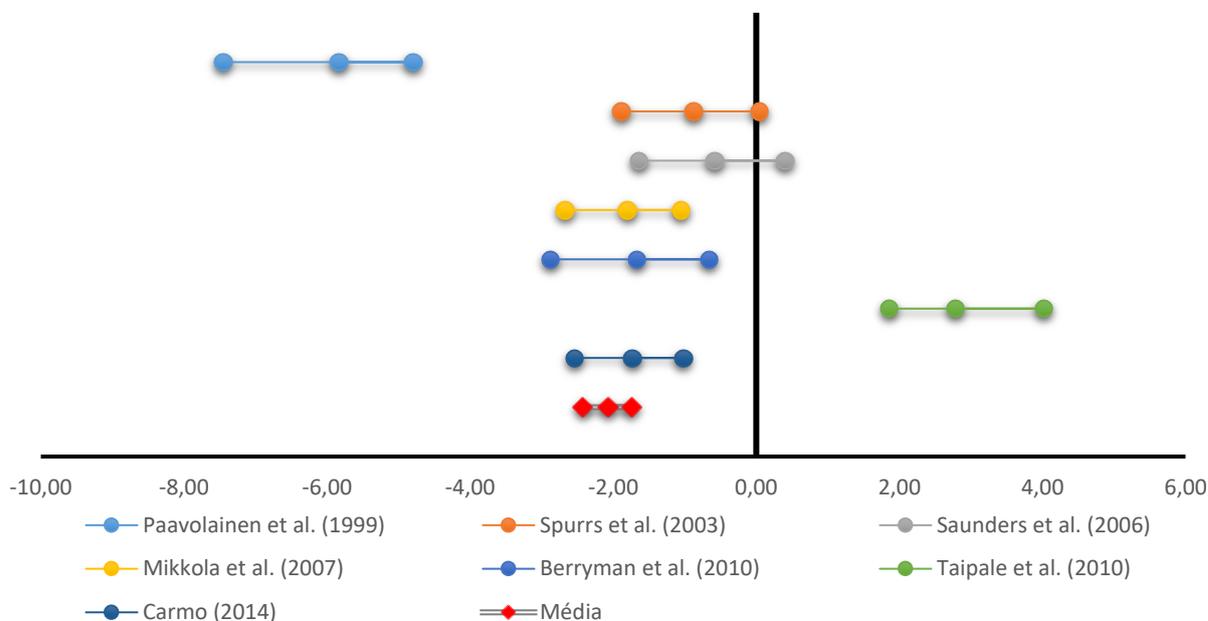
O único experimento que não obteve comportamento esperado foi o estudo de Taipale *et al.* (2010), cujo o grupo controle obteve maior melhora na EC. O peculiar desse experimento foi a periodização ao qual os cientistas realizaram, com ciclo de balizamento no qual todos os grupos fizeram o mesmo treino de força, para então cada grupo treinar a especificidade, além de ser da duração de 28 semanas. O aumento de força e explosão durante a fase preparatória e uma provável manutenção desta melhora pelo treino circuitado, pode explicar fato.

METANÁLISE

A partir dos 12 trabalhos selecionados, buscou utilizar os resultados numéricos para análise destes resultados de acordo com o tamanho do efeito de cada um deles. Para tal utilizou-se a estimativa de *g de Hedges*, de acordo com os parâmetros apresentados por Santo and Daniel (2015). Para o cálculo do tamanho do efeito utilizou-se os valores da diferença entre VO₂ submáximos pós e pré intervenção de cada respectivo estudo, os intervalos de confiança foram calculados à 95% ($\pm 1,96$ do desvio padrão). Nos experimentos com mais de uma velocidade analisada, foi utilizado o resultado com menor valor de *p*.

Os gráficos a seguir apresentam os estudos eleitos e as respectivas magnitude da diferença de VO₂ submáximos pré e pós intervenção de acordo com os critérios utilizados na revisão (TP, TMF e TMF vs TP) e segundo análise de tamanho do efeito descrito acima.

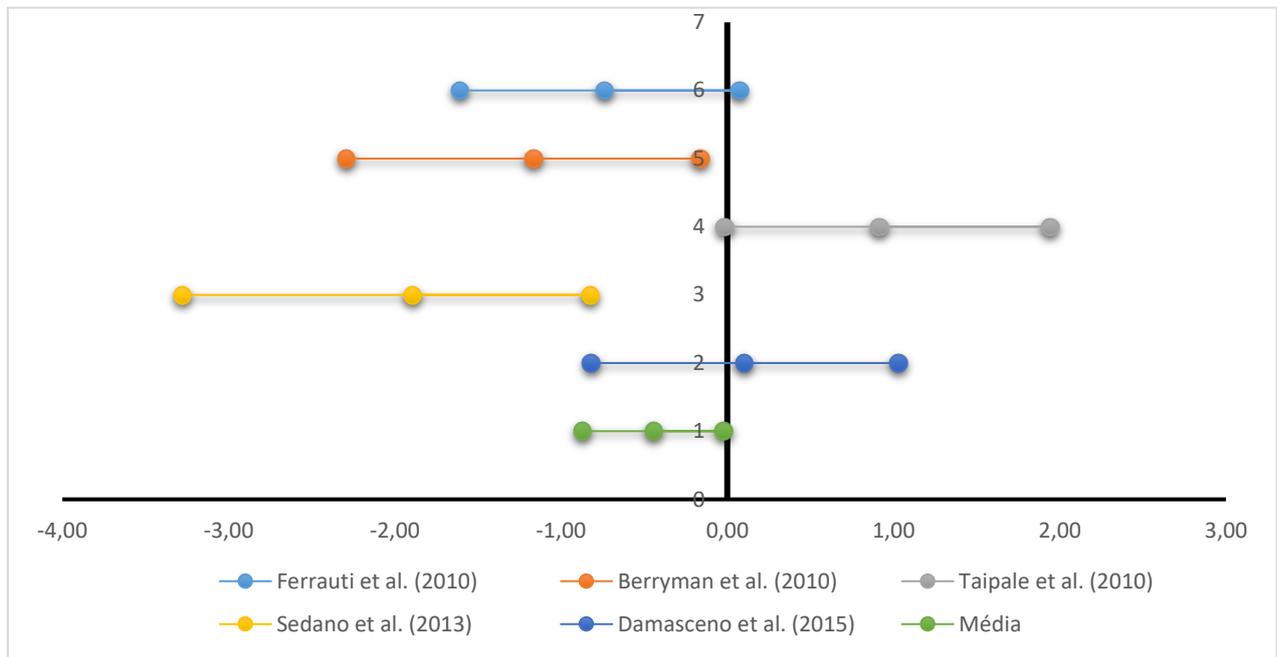
Gráfico 1 - TREINO DE POTENCIA



(Tamanho do Efeito - Magnitude da Diferença [IC95% - $M \pm 1,96 \cdot DP$])

O gráfico 1 mostra o tamanho do efeito, a partir da magnitude da diferença de VO₂ submáximos pós e pré (IC95% à 1,96 do desvio padrão) entre os grupos que fizeram o treino de potência (isto é, TEx e/ou TP). Perante os resultados obtidos pelos estudos analisados o tamanho médio do efeito de -1,74 [-2,41 ; -2,07], revelando o que as tabelas 1 e 3, já pareciam prever, sobre um grande efeito treinamento de potência na melhora da EC. O único estudo cujo os resultados não mostra essa tendência é o Taipale *et al.* (2010), que como já averiguado o grupo controle obteve melhor EC após o estudo.

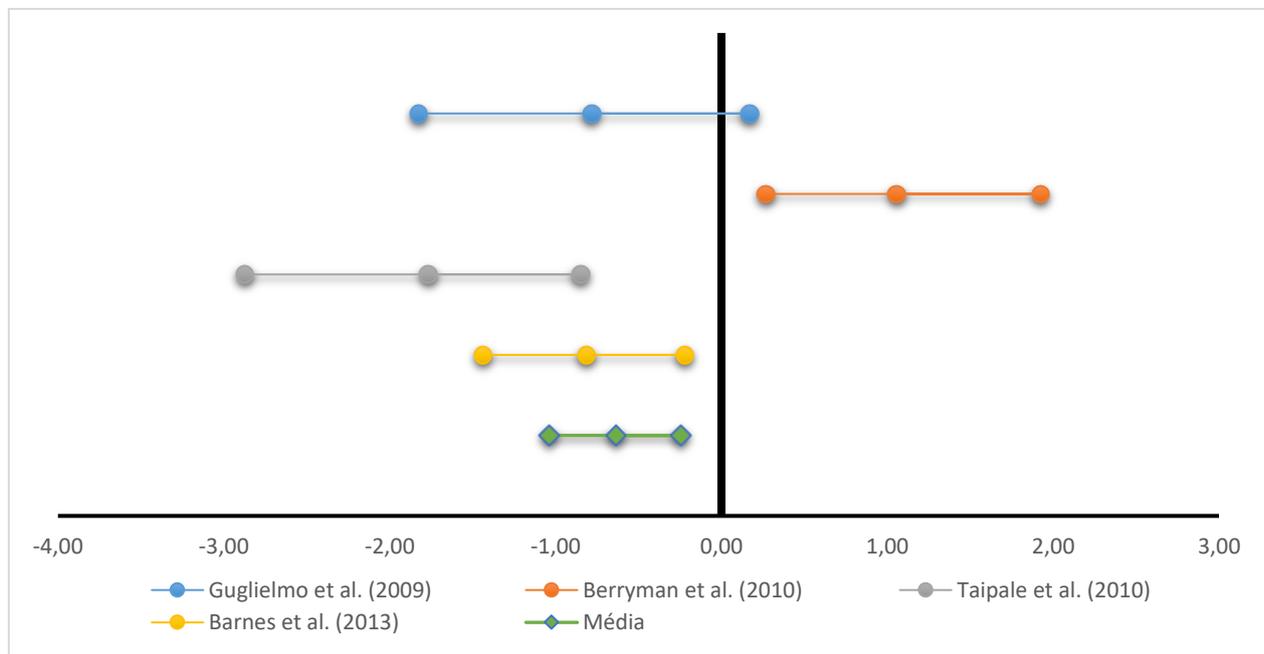
Gráfico 2 - TREINO DE FORÇA MÁXIMA



(Tamanho do Efeito - Magnitude da Diferença [IC95% - $M \pm 1,96 \cdot DP$])

Seguindo os mesmos critérios do gráfico 1, o gráfico 2, mostra os resultados obtidos com relação a magnitude da diferença do TFM com o grupo controle, para os estudos analisados. Mais uma vez o estudo de Taipale *et al.* (2010) aparece como fora do padrão dos outros estudos. No caso da comparação com o TFM, temos que em média o tamanho do efeito de -0,44 [-0,82 ; -0,02], para a magnitude da diferença do VO₂ submáximos pós e pré. Sugerindo um médio efeito para essa metodologia de treinamento.

Gráfico 3 - TREINO DE FORÇA MÁXIMA X TREINO DE POTÊNCIA



(Tamanho do Efeito - Magnitude da Diferença [IC95% - $M \pm 1,96 \cdot DP$])

O gráfico 3 apresenta a comparação da magnitude da diferença do VO_2 submáximos pós e pré dos estudos que fizeram analisaram o efeito do TFM e de potência. Como pode-se observar esses estudos mostram tamanho do efeito médio de -0,64 [-1,04 ; -0,25]. O que indica um médio efeito do TFM com relação ao treino de potência para esses estudos.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou as pesquisas mais recentes da área do treinamento esportivo que correlacionassem EC (em modalidades de *endurance*) e treinamentos de força e/ou potência. Foi mostrado uma grande variabilidade de metodologias de treinamento dessas capacidades em atleta de *endurance*, em sua maioria essas intervenções resultaram na melhora da EC em comparação aos respectivos grupos controle.

Os resultados da tabela 1, indicam que os TEx e TP podem melhorar a EC de -2,7 a -8,1% (lembrando que o sinal negativo indica que houve queda no consumo de O₂, com consequente corrida mais econômica). Essa tendência também é observada no gráfico 1, cujo o valor médio do tamanho do aponta para um efeito grande na magnitude da diferença (condição pós menos pré treinamento) entre os treinos de potência e os grupos controle.

Não diferente disso os experimentos que realizaram TFM, mostraram que essa abordagem pode promover a melhora na EC. Apesar dos estudos da tabela 2 não demonstrarem isso, ao observar a tabela 3, vemos que a melhora na EC com relação a TFM foi de -2,5 a -6,9%. Observando o gráfico 2, podemos confirmar esse tipo de análise, uma vez que foi averiguado um efeito médio para esse tipo de treino com relação ao controle.

As adaptações ao treino de força e potência que culminam na melhora da EC, que foram supra citados nesse texto, tais como aumento de força, melhora da ativação neuromuscular, do CEA, aumento do *stiffness*, diminuição do tempo de contato com o solo (Yamamoto *et al.*, 2008; Markovic and Mikulic, 2010; Beattie *et al.*, 2014; Barnes and Kilding, 2015), tiveram melhora em todos os estudos, mesmo nos três estudos que isso não representou melhora na EC.

Ao que tudo indica os TEx e TP, são as metodologias de maior capacidade para promoção da melhora da EC, aja visto os trabalhos de (Paavolainen *et al.*, 1999; Mikkola *et al.*, 2007; Berryman *et al.*, 2010) e a melhora percentual dessa variável. Apenas no Berryman *et al.* (2010) os treinos de potência foram feitos exclusivamente com exercícios pliométricos, sendo que nas duas outras pesquisas os treinos foram compostos por exercícios de TP e TEx. Nessas pesquisas os autores relatam as adaptações ao treino

de potência foram expressivas aja visto que os voluntários não haviam experiência alguma nesse tipo de treino.

Por outro lado, o gráfico 3 mostrar uma tendência para maior efeito do TFM em comparação aos treinos de potência, o que a princípio pode entrar em contradição ao que foi discutido no parágrafo anterior. Essa ambiguidade pode ser desfeita ao compara o gráfico 1 e o gráfico 2, uma vez que o treino de potência na média apresentou grande tamanho do efeito e o TFM efeito médio. Desta forma, os resultados do gráfico 3 devem ser analisados com cautela.

No gráfico 3 estão presente os estudos de Guglielmo et al. (2009), Berryman et al. (2010), Taipale et al. (2010) e Barnes et al. (2013). No trabalho de Guglielmo et al. (2009) ambos os grupos fizeram o mesmo tipo e número de exercícios, mudando apenas o volume e intensidade, não havendo exercícios pliométricos.

Os dados de Berryman et al. (2010) são os únicos que estão com a tendência mostrada pelos gráficos 1 e 2, contudo é importante ponderar que no TFM foram utilizadas apenas contrações concêntricas, o que nos traz dúvidas sobre quanto a melhora do CEA desse grupo.

O trabalho Taipale et al. (2010) teve duração total de 28 semanas, todos os voluntários participaram de 6 semanas de adaptação e realizaram o mesmo treino de força, após esse período começaram os treinos especializados, sendo que nas últimas 14 semanas houve diminuição do volume semanal do treinamento. Observa-se que após essas 14 semanas o grupo que treinou potência diminuiu de forma mais brusca o valor de 1RM no leg press em comparação ao TFM, praticamente voltando os valores iniciais da pesquisa. Abaixo da tabela 3, quando foi apresentado o resultado desse estudo foi hipotetizado que a longa duração do experimento (28 semanas) poderia ter influenciado negativamente os resultados.

Ainda sobre o gráfico 3, na pesquisa de Barnes et al. (2013), um grupo treinou TFM e outro treinou TFM mais pliometria, o que resultou no intervalo de confiança do tamanho do efeito entre os estudos presentes nesse gráfico. Contudo ainda sim TFM isolado mostrou maior eficácia nesse estudo. Grupo que fez os dois treinos sofreu redução do valor do *stiffness*, contudo aumentou as outras variáveis de força e potência relacionadas a melhora na EC, de forma semelhante ao outro grupo. O que permite admitir que a queda do *stiffness* foi o fator determinante pela diferença no consumo de oxigênio

submáximo, o que permite hipotetizar que o volume de treino, isto é, TFM mais TP pode ser um fator negativo, principalmente ao se tratar de sujeitos não treinados em força e potência.

A maioria dos estudos foi de curta duração, com exceção do já mencionado trabalho de Taipale et al. (2010), o que permite especular que a curta duração do tempo de intervenção do treinamento de força e potência já suficiente para induzir melhora na EC. O único trabalho que apresentou piora, foi o Ferrauti et al. (2010), como já mencionado anteriormente, mas em todo caso não se deve atribuir a falta de efeito do TFM desse experimento ao tempo curto de intervenção. Por outro lado, dado as 14 semanas finais do treino Taipale et al. (2010), que como já debatido, pode ter influenciado negativamente dos ganhos das 14 semanas precedentes, é possível especular que assim como um curto período de treino é suficiente para promover melhoras na EC, mas por outro lado, um curto período de destreino pode fazer o efeito contrário.

Um estudo Kraemer *et al.* (2002) mostra que perda de potência e nas capacidades anaeróbicas adquiridas por homens treinados moderadamente em força após 6 semanas de destreino. Para além é sabido que 3 meses (aproximadamente 12 semanas) é o suficiente para um período de destreino levar a diminuição da força e da hipertrofia muscular (Andersen and Aagaard, 2000). Tendo em vista a importância da força e potência para uma corrida mais econômica, é plausível o que foi especulado sobre o trabalho de Taipale et al. (2010), uma vez considerado que as últimas 14 semanas os treinos pliométricos não foram eficazes para manter os ganhos de força. Contudo porem até o momento a literatura não apresentou nenhum estudo correlacionado treino e longo período de destreino (mais de 12 semanas) de força com a EC. O único estudo que correlaciona destreino de força e EC, foi o estudo de Sedano *et al.* (2013), contudo as 5 semanas de destreino do experimento não interferiu significativamente nos resultados.

Quanto a populações e gênero, não há indicativo que a melhora na EC pode ser maior ou pior para atletas com nível de treino moderado até elite. Contudo os estudos aqui incluídos não trataram de populações não treinadas em *endurance*, talvez porque muito provavelmente qualquer intervenção nessas populações resultariam na melhora da EC, para além existe a demanda de informar a atletas e treinadores de *endurance* sobre as melhores abordagens para melhora da EC para sujeitos treinados.

Quanto aos gêneros, apesar das pesquisas serem mistas ou com homens, o que pode se ressaltar que alguns estudos como o de (Barnes, Hopkins, Mcguigan, Northuis, *et al.*, 2013), as mulheres obtiveram maior ganho na EC e isso foi claramente correlacionado ao maior aumento da força e potência.

Quanto a frequência semanal de treino, os estudos aqui analisados foram 1-3 vezes por semana, apesar da maioria desses se concentrarem com 2 treinos por semana, a frequência semanal não pode ser apontada como fator limitador dos ganhos da EC, talvez uma baixa frequência semanal juntamente com baixo volume e intensidade pode ser um fator negativo, contudo no estudo com segunda melhor melhora na EC (Berryman *et al.*, 2010), a frequência de treino era semanal.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados aqui expressos de pesquisas que veem sendo realizadas desde 1999, que buscam entender os mecanismos do treino de força e potência na melhora da EC, esse trabalho propor-se a expressar os principais resultados definindo uma posição positiva quanto a capacidade dessas metodologias de treinamento para promover um menor consumo de oxigênio em atletas de média e longa distância de *endurance*. Dentre as formas de atingir essa melhora, aponta-se o treinamento pliométrico como mais eficaz. Contudo ao se prescrever exercícios com objetivo de melhorar o desempenho de atletas deve-se analisar cada caso individualmente e os artigos aqui levantados trazem um grande espectro de variabilidade entre os atletas, moderadamente treinados até atleta de elite, jovens e adultos com mais de 40 anos, pouca experiência ou nenhuma em treino de força e potência, de ambos os gêneros e de varias nacionalidades. Além disso os protocolos de treinamento diferem muito entre si, quanto a carga e volume de exercícios, no caso de exercícios de força e explosão, tanto quanto diferem nos exercícios pliométricos e respectivo volume e intensidade. Desta forma na pratica exercícios TFM podem ser melhores do que TEx ou que os TP.

REFERENCIAS

- ANDERSEN, J. L.; AAGAARD, P. Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. **Muscle Nerve**, v. 23, n. 7, p. 1095-104, Jul 2000. ISSN 0148-639X (Print) 0148-639X (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10883005> >.
- ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. **Acta Physiol Scand**, v. 92, n. 4, p. 537-45, Dec 1974. ISSN 0001-6772 (Print) 0001-6772 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4455009> >.
- ASSUMPCAO CDE, O. et al. Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. **ScientificWorldJournal**, v. 2013, p. 189149, 2013. ISSN 1537-744X (Electronic) 1537-744X (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23431253> >.
- BALSALOBRE-FERNANDEZ, C.; SANTOS-CONCEJERO, J.; GRIVAS, G. V. Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 8, p. 2361-8, Aug 2016. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26694507> >.
- BARNES, K. R. et al. Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 6, p. 639-47, Nov 2013. ISSN 1555-0265 (Print) 1555-0265 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23538293> >.
- BARNES, K. R. et al. Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 12, p. 2322-31, Dec 2013. ISSN 1530-0315 (Electronic) 0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23698241> >.
- BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to improve running economy. **Sports Med**, v. 45, n. 1, p. 37-56, Jan 2015. ISSN 1179-2035 (Electronic) 0112-1642 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25164465> >.
- BEATTIE, K. et al. The effect of strength training on performance in endurance athletes. **Sports Med**, v. 44, n. 6, p. 845-65, Jun 2014. ISSN 1179-2035 (Electronic) 0112-1642 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24532151> >.
- BEAUDOIN, C. M.; WHATLEY BLUM, J. Flexibility and running economy in female collegiate track athletes. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 45, n. 3, p. 295-300, Sep 2005. ISSN 0022-4707 (Print) 0022-4707 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16230980> >.
- BERRYMAN, N.; MAUREL, D.; BOSQUET, L. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 7, p. 1818-25, Jul 2010. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20543734> >.

BILLAT, V. L. et al. Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 1, p. 156-63, Jan 1999. ISSN 0195-9131 (Print)
0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9927024> >.

CARMO, E. C. **Efeito da economia de corrida sobre a estratégia de prova utilizada durante uma corrida de 10 km**. 2014. Tese (Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano). Escola de Educação Física e Esporte, University of São Paulo, São Paulo 2014

CRAIB, M. W. et al. The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 6, p. 737-43, Jun 1996. ISSN 0195-9131 (Print)
0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8784761> >.

DAMASCENO, M. V. et al. Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. **Eur J Appl Physiol**, v. 115, n. 7, p. 1513-22, Jul 2015. ISSN 1439-6327 (Electronic)
1439-6319 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25697149> >.

DENADAI, B. S. et al. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO₂ max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 31, n. 6, p. 737-43, Dec 2006. ISSN 1715-5312 (Print)
1715-5312 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17213889> >.

DESCHENES, M. R.; KRAEMER, W. J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S3-16, Nov 2002. ISSN 0894-9115 (Print)
0894-9115 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12409807> >.

FERRAUTI, A.; BERGERMANN, M.; FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 10, p. 2770-8, Oct 2010. ISSN 1533-4287 (Electronic)
1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20885197> >.

FOURE, A. et al. Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 3, p. 539-48, Mar 2011. ISSN 1439-6327 (Electronic)
1439-6319 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20931220> >.

FRANCH, J. et al. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 8, p. 1250-6, Aug 1998. ISSN 0195-9131 (Print)
0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9710865> >.

GLEIM, G. W.; STACHENFELD, N. S.; NICHOLAS, J. A. The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. **J Orthop Res**, v. 8, n. 6, p. 814-23, Nov 1990. ISSN 0736-0266 (Print)
0736-0266 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2213338> >.

GODGES, J. J. et al. The effects of two stretching procedures on hip range of motion and gait economy. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 10, n. 9, p. 350-7, 1989. ISSN 0190-6011 (Print)
0190-6011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18791317> >.

GODGES, J. J.; MACRAE, P. G.; ENGELKE, K. A. Effects of exercise on hip range of motion, trunk muscle performance, and gait economy. **Phys Ther**, v. 73, n. 7, p. 468-77, Jul 1993. ISSN 0031-9023 (Print)

0031-9023 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8316580> >.

GUGLIELMO, L. G.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of strength training on running economy. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 27-32, Jan 2009. ISSN 0172-4622 (Print)

0172-4622 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18975259> >.

HUNTER, G. R. et al. Tendon length and joint flexibility are related to running economy. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 8, p. 1492-9, Aug 2011. ISSN 1530-0315 (Electronic)

0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21266930> >.

JOHNSON, R. E. et al. Strength training in female distance runners: impact on running economy. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 11, n. 4, p. 224-229, 1997. ISSN 1064-8011.

JONES, A. M. Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. **Int J Sports Med**, v. 23, n. 1, p. 40-3, Jan 2002. ISSN 0172-4622 (Print)

0172-4622 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11774065> >.

KOMI, P. V. **Força e potência no esporte**. 2. ed. Artmed Editora, 2006. ISBN 8536314958.

KRAEMER, W. J. et al. Detraining produces minimal changes in physical performance and hormonal variables in recreationally strength-trained men. **J Strength Cond Res**, v. 16, n. 3, p. 373-82, Aug 2002. ISSN 1064-8011 (Print)

1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12173951> >.

LAFFITE, L. P. et al. The effects of interval training on oxygen pulse and performance in supra-threshold runs. **Arch Physiol Biochem**, v. 111, n. 3, p. 202-10, Jul 2003. ISSN 1381-3455 (Print)

1381-3455 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14972740> >.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Med**, v. 40, n. 10, p. 859-95, Oct 1 2010. ISSN 1179-2035 (Electronic)

0112-1642 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20836583> >.

MIKKOLA, J. et al. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 7, p. 602-11, Jul 2007. ISSN 0172-4622 (Print)

0172-4622 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17373596> >.

MOOSES, M. et al. Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners. **Acta Physiol Hung**, v. 100, n. 3, p. 340-6, Sep 2013. ISSN 0231-424X (Print)

0231-424X (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24058090> >.

NELSON, A. G. et al. Chronic stretching and running economy. **Scand J Med Sci Sports**, v. 11, n. 5, p. 260-5, Oct 2001. ISSN 0905-7188 (Print)
0905-7188 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11696209> >.

PAAVOLAINEN, L. et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **J Appl Physiol (1985)**, v. 86, n. 5, p. 1527-33, May 1999. ISSN 8750-7587 (Print)
0161-7567 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10233114> >.

SANTO, H. E.; DANIEL, F. B. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0, 05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v. 1, n. 1, p. 3-16, 2015. ISSN 2183-4938.

SAUNDERS, P. U. et al. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Med**, v. 34, n. 7, p. 465-85, 2004. ISSN 0112-1642 (Print)
0112-1642 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15233599> >.

SAUNDERS, P. U. et al. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. **J Appl Physiol (1985)**, v. 96, n. 3, p. 931-7, Mar 2004. ISSN 8750-7587 (Print)
0161-7567 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14607850> >.

SAUNDERS, P. U. et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 4, p. 947-54, Nov 2006. ISSN 1064-8011 (Print)
1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17149987> >.

SEDANO, S. et al. Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 9, p. 2433-43, Sep 2013. ISSN 1533-4287 (Electronic)
1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23287831> >.

SLAWINSKI, J. et al. Effect of supra-lactate threshold training on the relationship between mechanical stride descriptors and aerobic energy cost in trained runners. **Arch Physiol Biochem**, v. 109, n. 2, p. 110-6, Apr 2001. ISSN 1381-3455 (Print)
1381-3455 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11780771> >.

SMITH, T. P.; COOMBES, J. S.; GERAGHTY, D. P. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O_2 uptake and the time for which this can be maintained. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 337-43, May 2003. ISSN 1439-6319 (Print)
1439-6319 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12736843> >.

SPURRS, R. W.; MURPHY, A. J.; WATSFORD, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 1, p. 1-7, Mar 2003. ISSN 1439-6319 (Print)
1439-6319 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12627298> >.

STOREN, O. et al. Maximal strength training improves running economy in distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 6, p. 1087-92, Jun 2008. ISSN 0195-9131 (Print)
0195-9131 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18460997> >.

TAIPALE, R. S. et al. Strength training in endurance runners. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 7, p. 468-76, Jul 2010. ISSN 1439-3964 (Electronic) 0172-4622 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20432192> >.

TAIPALE, R. S. et al. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 2, p. 325-35, Feb 2013. ISSN 1439-6327 (Electronic) 1439-6319 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22711181> >.

TREHEARN, T. L.; BURESH, R. J. Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 1, p. 158-62, Jan 2009. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19050648> >.

TURNER, A. M.; OWINGS, M.; SCHWANE, J. A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **J Strength Cond Res**, v. 17, n. 1, p. 60-7, Feb 2003. ISSN 1064-8011 (Print) 1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12580657> >.

WU, S. S. et al. Factors influencing pacing in triathlon. **Open Access J Sports Med**, v. 5, p. 223-34, 2014. ISSN 1179-1543 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25258562> >.

YAMAMOTO, L. M. et al. The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 6, p. 2036-44, Nov 2008. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Available at: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18978605> >.