**VALÉRIA LEME GONÇALVES PANISSA**

# Efeito do tempo de intervalo entre o exercício aeróbio intermitente e o exercício de resistência de força: análise em indivíduos com diferentes históricos de treinamento

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Emerson Franchini

**São Paulo**
**2012**

Nome: PANISSA, Valéria Leme Gonçalves
Título: Efeito do tempo de intervalo entre o exercício aeróbio intermitente e o exercício de resistência de força: análise em indivíduos com diferentes históricos de treinamento.

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

*Dedico este trabalho a minha mãe Doralice, meu exemplo de vida: uma mulher de aço e de flores.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que com seu imenso amor de Pai, me encheu de força, aplanou minha estrada e me concedeu muito mais do que pedi ou mereci; a cada nova experiência eu te glorifico mais;

Agradeço ao meu marido Felipe pela paciência, e encorajamento durante todo esse período, e por me permitir experimentar e participar de um amor sem o qual minha vida ficaria destituída de sentido;

Agradeço ao meu filho Guilherme, aos meus sobrinhos Thales e Miguel e ao meu irmão Aldinho pelos olhares e sorrisos encantadores que quebraram pedras e plantaram flores;

Agradeço a todos os meus familiares especialmente as minhas avós; e aos familiares do meu marido pelo apoio e incentivo, e principalmente pelo tempo dispensado aos cuidados do meu filho para que eu me dedicasse a esse projeto;

Agradeço a Úrsula Ferreira Julio que esteve ao meu lado me ajudando durante todo esse processo, pela amizade verdadeira de valor incalculável que foi sombra ao meio dia em muitos momentos importantes; espero um dia poder retribuir com algo e não só com palavras de agradecimento; agradeço também pelos inúmeros momentos de descontração e pelas gargalhadas sem fim;

Agradeço aos amigos e colaboradores desse projeto Claudio Machado, Felipe Hardt e Leonardo Vidal, pela prontidão e ajuda nas coletas de dados mesmo nos dias e horários mais inconvenientes, e pelos bons momentos vividos durante todo esse período;

Agradeço a todos os voluntários que participaram desse projeto pela disponibilidade, empenho e dedicação;

Agradeço aos Professores Valmor Alberto Augusto Tricoli e Carlos Ugrinowitsch por terem concedido o Laboratório de Força para que esse projeto fosse realizado;

Agradeço a FAPESP e ao CNPQ pelo apoio e incentivo a pesquisa;

Por fim, agradeço ao meu orientador Emerson Franchini que me deu a oportunidade de caminhar por essa estrada que apesar de laboriosa, foi muito enriquecedora e que com toda certeza deu outro sentido para minha vida profissional. Agradeço também pela confiança, e estímulo incessante a novas experiências e aprendizados e pela disposição em me orientar e transmitir todo seu conhecimento.

## RESUMO

PANISSA, V. L. G. **Efeito do tempo de intervalo entre o exercício aeróbio intermitente e o exercício de resistência de força: análise em indivíduos com diferentes históricos de treinamento.** 2012. 74 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2012.

A associação de exercícios aeróbios e de força em um programa de treinamento é denominada treinamento concorrente (TC). Apesar de muitos atletas utilizarem esse tipo de treinamento, há indícios de que essa combinação possa ocasionar prejuízo no desenvolvimento força. Uma das hipóteses para explicar esse fenômeno é a hipótese aguda, que atribui o prejuízo nos ganhos de força a uma redução no desempenho da força em sessões agudas, embora estudos com participantes com diferentes históricos de treinamento tenham apresentado resultados distintos. Assim, o presente estudo teve por objetivo analisar o efeito do tempo de intervalo entre uma atividade aeróbia de alta intensidade sobre a capacidade de produzir força, em indivíduos com diferentes estados de treinamento. Para tal, os participantes (n=27) foram divididos em três grupos quanto aos seus históricos de treinamento (aeróbio, força e concorrente) e submetidos a oito sessões para: (1) determinação da velocidade pico ($V_{pico}$) durante teste progressivo até a exaustão; (2) teste de uma repetição máxima (1RM) no meio agachamento*;* (3-8) sessões experimentais determinadas aleatoriamente, sendo uma sessão destinada à realização de um exercício de resistência de força (RF) a 80% de 1RM no qual foi computado o número máximo de repetições realizadas (NMR), o volume total absoluto e relativo realizados; cinco sessões compostas de exercício aeróbio intermitente (100% da $V_{pico}$ – 1 min/1min) totalizando 5 km, seguido do exercício de resistência de força variando o tempo de intervalo entre as atividades (30, 60 minutos, 4, 8, e 24 horas). A comparação do NMR e do volume total absoluto e relativo ao peso corporal realizado foi feita através da ANOVA a dois fatores (grupo e tempo) com medidas repetidas no segundo fator. Quando observada diferença significante ($p<0,05$), foi realizado o *post-hoc* de Bonferroni. Não houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo para as variáveis analisadas, no entanto houve efeito do fator grupo para o NMR sendo que o grupo aeróbio realizou NMR superior ao grupo força ($p = 0,002$) ao passo que para o volume total absoluto e relativo não houve efeito deste fator. Para o fator intervalo houve efeito para todas as variáveis, existindo queda do NMR ($p = 0,002$) e do volume relativo ($p <0,001$) somente após o intervalo de 30 minutos, ao passo que para o volume absoluto houve queda após 30 ($p < 0,001$) e 60 minutos de intervalo ($p = 0,026$). Portanto pode-se concluir que a queda no desempenho da atividade de RF ocorreu com mesma magnitude e duração para os grupos analisados (aeróbio, força e concorrente) perdurando por até 60 minutos de intervalo, ao passo que após os intervalos de 4, 8 e 24 horas não foi verificada queda do desempenho.

**Palavras-chave:** treinamento concorrente, número de repetições, volume de treino

## ABSTRACT

PANISSA, V. L. G. **Effects of interval time between intermittent aerobic and endurance strength exercises on strength performance: analysis in subjects with different training background**. 2012. 74 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2012.

Many sports require the inclusion of both aerobic and strength exercises in the same training session during certain phases of the training periodization, and the combined use of these two types of exercises has been defined as concurrent training (CT). Although the use of CT is important for athletes of various sports, there are indications that this type of training could decrease strength gains. The acute hypothesis attempts to explain this phenomenon by attributing impairments in strength gains to a drop in performance during acute sessions when the aerobic activity is performed before the strength activity; however, participants with different training backgrounds have experienced different results. Thus, this study aimed to analyze the effect of the time interval between high-intensity aerobic activities on strength performance in individuals with different training backgrounds. Participants (n = 27) were divided into three groups according to their training backgrounds (aerobic, strength or concurrent) and were then submitted to the following eight performance sessions: (1) determination of the peak velocity ($V_{peak}$) during the progressive test to exhaustion; (2) evaluation of the one-repetition maximum (1RM) for the half-squat; and (3-8) randomly assigned experimental sessions consisting of either a strength exercise (SE) at 80% of the 1RM, in which the maximum number of repetitions performed (MNR) and the absolute total volume relative to body weight were computed, or five sessions consisting of intermittent aerobic exercise (100% of $V_{peak}$ - 1 min:1 min) totaling 5 km, followed by a SE with varying time intervals between activities (30 or 60 minutes or 4, 8, or 24 hours). Comparisons between the MNR and the absolute or relative total volume were made using an ANOVA method for two factors (group and time) with repeated measures in the second factor. When significant differences were detected ($p < 0.05$), a post-hoc Bonferroni test was used. There were no interaction effects between the group and interval recovery factors for any of the variables analyzed. However, there was an effect of the group factor, as the aerobic group demonstrated a superior MNR capability compared to the strength group ($p = 0.002$), although there was no effect related to group factors for the total absolute or relative volume measurements. There was an effect of the interval recovery for all of the variables, as there was a decrease in the MNR and the relative volume after 30 min intervals ($p = 0.002$ and $p < 0.001$, respectively), and there was a decrease for the total absolute volume after 30 ($p < 0.001$) and 60 minute intervals ($p = 0.026$). Thus, it was concluded that the drop in performance related to the SE activity occurred with the same magnitude and duration for each of the analyzed groups (aerobic, strength and concurrent). Moreover, this effect on performance lasted for up to 60 minutes between activities, whereas this effect was not observed after intervals of 4, 8 or 24 hours.

**Key-words: concurrent training, number of repetitions, training volume**

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Efeitos agudos de diferentes protocolos de treino aeróbio sobre a força muscular..... 21

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismos de adaptações fisiológicas ao exercício aeróbio e de força de acordo com a intensidade realizada..... 27
Figura 2 – Representação esquemática do delineamento do estudo..... 41
Figura 3 – Análise de concordância por meio da plotagem de Bland-Altman para os testes de 1RM..... 43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Idade, massa corporal, estatura, força máxima absoluta e relativa e indicativos de potência aeróbia (em média e desvio padrão) em indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 46

Tabela 2 – Número máximo de repetições, volume total absoluto e relativo realizados (em média e desvio padrão) durante quatro séries de meio-agachamento a 80% de 1RM por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 47

Tabela 3 – Número máximo de repetições (em média e desvio padrão realizados em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso depois de execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 48

Tabela 4 – Volume total absoluto (em toneladas; número de repetições multiplicado pela carga levantada em cada repetição; em média e desvio padrão) realizado em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso depois da execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 49

Tabela 5 – Volume total relativo (em quilogramas; número de repetições multiplicado pela carga levantada em cada repetição, dividido pela massa corporal do executante; em média e desvio) realizado em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso após execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 50

Tabela 6 – Decréscimo da produção de força (em termos percentuais em relação à situação controle; em média e desvio padrão) em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso depois de execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos

treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC)..... 51

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 13**
**2 OBJETIVO ..... 16**
2.1 Geral ..... 16
2.2 Específico ..... 16
**3 REVISÃO DE LITERATURA ..... 17**
3.1 Retrospectiva Histórica do Treinamento Concorrente ..... 17
3.2 Hipótese Aguda ..... 18
*3.2.1 Tipo de Exercício de Força* ..... 23
*3.2.2 Modo de exercício aeróbio* ..... 24
*3.2.3 Intensidade do Treinamento* ..... 26
*3.2.4 Intervalo de recuperação* ..... 28
*3.2.5 Estado e histórico de Treinamento* ..... 30
*3.2.6 Musculatura ativa* ..... 32
3.3 Mecanismos Potenciais ..... 33
*3.3.1 Acúmulo de lactato* ..... 34
*3.3.2 Disponibilidade de substrato energético* ..... 35
*3.3.3 Recrutamento de unidades motoras* ..... 37
**4. MATERIAIS E MÉTODOS ..... 38**
4.1 Tipo de Pesquisa ..... 38
4.2 Limitações do Estudo ..... 38
4.3 Participantes ..... 39
*4.3.1 Critérios de seleção dos participantes* ..... 39
*4.3.2 Descrição dos participantes* ..... 39
4.4 Delineamento ..... 40
4.4.1 Teste para determinação da velocidade pico e do consumo de oxigênio pico ..... 41
*4.4.2 Teste de uma repetição máxima* ..... 42
4.5 Protocolos Experimentais ..... 44
4.5.1 Exercício aeróbio intermitente ..... 44
*4.5.2 Exercício de resistência de força* ..... 44
4.6 Análise estatística ..... 45
**5 RESULTADOS ..... 46**

**6 DISCUSSÃO ..... 52**
6.1 Características da Amostra ..... 52
6.2 Histórico de treinamento..... 53
6.3 Magnitude e duração da interferência ..... 59
**REFERENCIAS..... 65**

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente sabe-se que para se obter melhores resultados durante as competições é necessário o desenvolvimento concomitante de diversas capacidades físicas ao longo do período de treinamento. Dentre elas destacam-se a força e a aptidão aeróbia (REILLY; MORRIS; WHYTE, 2009). Exercícios de força são utilizados para aumentar a capacidade contrátil muscular esquelética (COSTILL et al., 1979), ao passo que os de caráter aeróbio melhoram principalmente a capacidade de transporte e utilização do oxigênio (HOLLOSZY; COYLE, 1984). Logo, atletas de diversas modalidades esportivas realizam em uma mesma fase do treinamento sessões com objetivo de desenvolvimento da aptidão aeróbia e de força para adquirir as adaptações específicas promovidas pelas duas formas de treinamento com o objetivo de maximizar o desempenho durante as competições (BAKER, 2001; BALABINIS et al., 2003). Indivíduos que buscam manutenção da saúde fazem uso desse tipo de treinamento com objetivo de reduzir a gordura corporal e aumentar a massa muscular (HASKELL, 2011).

A associação de exercícios aeróbios e de força é conhecida como treinamento concorrente (TC). Essa nomenclatura deve-se às adaptações antagônicas que esses dois tipos de exercícios executados isoladamente podem promover no organismo (BELL et al., 2000; HAKKINEN et al., 2003; HICKSON et al., 1980). Em função dessas diferentes adaptações, há um grande interesse por parte dos pesquisadores com relação à interferência que uma atividade pode exercer sobre a outra (DOCHERT; SPORER, 2000; HICKSON et al., 1980; LEVERITT et al., 1999; SOUZA et al., 2007), pois já foi demonstrado que a atividade aeróbia pode afetar o desempenho (BENTLEY et al., 2000; LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; SPORER; WENGER, 2003; SOUZA et al., 2007) e o desenvolvimento da força (BELL et al., 2000; HICKSON et al., 1980; HAKKINEN et al., 2003; KRAEMER et al., 1995).

As causas do comprometimento dos ganhos de força ainda não estão bem estabelecidas, entretanto, alguns estudos evidenciaram que um processo agudo possa ser o responsável por essa resposta (CRAIG et al., 1991; SALE et

al., 1990). A hipótese aguda sugere que há uma redução no desempenho (queda do número de repetições, volume de treino ou torque) da atividade de força em cada sessão de treinamento, ocasionada por um distúrbio na homeostase originado na atividade aeróbia. A redução do volume de treino realizado em cada sessão comparada com uma situação na qual o indivíduo treinaria força isoladamente (sem prejuízo no desempenho) explicaria o comprometimento dos ganhos de força em longo prazo.

Portanto, sabe-se que a utilização do TC pode ocasionar diminuição dos ganhos de força em longo prazo, comparado com a realização do treinamento de força isolado (HICKSON et al. 1980), e que essa diminuição pode ser decorrente de uma interferência aguda, pois a quantidade de trabalho que pode ser realizada em cada sessão é reduzida (CRAIG et al., 1991). Contudo, existem indícios de que o tempo de intervalo entre as atividades pode minimizar os efeitos da interferência (SPORER; WENGER, 2003), proporcionando estímulo com melhor qualidade para o exercício de força, assumindo que nessa situação o intervalo de recuperação entre as atividades tenha sido suficiente para não ocasionar queda de desempenho. Além disso, a literatura tem mostrado que em indivíduos com diferentes históricos de treinamento (treinados aerobiamente, em força e fisicamente ativos) a magnitude da interferência na atividade de força realizada imediatamente após exercício aeróbio pode ser diferente (DENADAI; CORVINO; GRECO, 2010).

Por conseguinte é possível que indivíduos com diferentes históricos de treinamento apresentem diferentes respostas, não somente em virtude da magnitude como também na duração da interferência aguda realizada após uma sessão de exercício aeróbio. Deste modo, seria conveniente a definição de um tempo de intervalo ótimo entre as atividades para minimizar ou anular o efeito da interferência na força de acordo com o histórico de treinamento dos indivíduos. Adicionalmente, a análise do grau de interferência em atletas com diferentes históricos de treinamento ajuda a entender se o fenômeno não é dependente do tipo de ajuste crônico proveniente do processo com o qual atletas estão envolvidos.

Apesar de alguns estudos terem demonstrado que, de maneira crônica, indivíduos treinados aerobiamente e aqueles engajados em treinamento concorrente por longo período, apresentaram resultados positivos no

aperfeiçoamento da força e da aptidão aeróbia (BAKER et al., 2001; BALABINIS et al., 2003; HUNTER; DEMMENT; MILER, 1987), este estudo tem como hipótese que a interferência será menor no grupo treinado aerobiamente, seguida pelo grupo treinado concorrentemente e pelo grupo treinado em força. Isso se deve ao fato de que o exercício aeróbio resultaria em maior distúrbio da homeostase no grupo menos familiarizado com esse tipo de atividade (i.e., grupo treinado em força), passando pelo grupo treinado concorrentemente e, por último, no grupo mais familiarizado com este tipo de atividade (i.e., grupo treinado aerobiamente).

# 2 OBJETIVO

## 2.1 Geral

Verificar o desempenho em uma atividade de força, quando precedida por uma atividade aeróbia intermitente de alta intensidade.

## 2.2 Específico

- Verificar a duração e a magnitude da interferência aguda, utilizando diferentes intervalos de recuperação (30, 60 minutos, 4, 8, e 24 horas).
- Verificar se a interferência aguda ocorre na mesma magnitude e duração em indivíduos com diferentes históricos de treinamento (treinados em força, aerobiamente e concorrentemente).

# 3 REVISÃO DE LITERATURA

## 3.1 Retrospectiva Histórica do Treinamento Concorrente

O primeiro estudo a evidenciar o fenômeno da interferência foi o de Hickson et al. (1980). Naquela ocasião, eles submeteram três grupos experimentais, os quais realizaram o treinamento de força dinâmica (exercícios a 80% de uma repetição máxima), o treinamento aeróbio (contínuo e intermitente alternados), bem como a combinação do treinamento aeróbio e de força. Todos os grupos treinaram seis dias por semana durante dez semanas. Foi constatado que o grupo submetido ao TC teve uma diminuição da força nas últimas duas semanas quando comparado ao grupo que treinou força isoladamente, ao passo que os grupos que treinaram aerobiamente obtiveram ganhos similares no consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). Portanto, esse estudo demonstrou que a utilização do TC pode comprometer os ganhos de força.

Depois do estudo de Hickson et al. (1980), outros foram publicados tanto confirmando esses achados (BELL et al., 2000; KRAEMER et al., 1995) quanto refutando (McCARTHY; POZNIAK; AGRE, 2002; NELSON et al., 1990). A discrepância nos resultados pode ser devido à grande diversidade de protocolos de treinamento, os quais variavam em intensidade, duração, e tempo de intervalo entre as atividades. Além disso, a utilização de sujeitos com diferentes níveis de treinamento também pode ter influenciado os resultados.

Desde a descoberta do fenômeno da interferência, diversos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de identificar os mecanismos responsáveis pelo surgimento da interferência (BELL et al., 2000; BENTLEY et al., 2000; KRAEMER et al., 1995; HAKKINEN et al., 2003; NELSON et al., 1990).

Duas hipóteses têm sido destacadas entre os estudos direcionados à análise dos efeitos do TC: (a) hipótese crônica, que é justificada pelos diferentes ajustes promovidos pelo treinamento de força comparativamente àqueles causados pelo treinamento aeróbio, gerando um ambiente adaptativo conflituoso no músculo esquelético. Isso decorreria do fato do treinamento de

força ocasionar aumento da capacidade contrátil e do tamanho da fibra muscular, diminuir a densidade mitocondrial e capilar e a atividade das enzimas oxidativas. Em contrapartida, o treinamento aeróbio aumenta a densidade mitocondrial e capilar, a atividade e a concentração das enzimas oxidativas, estabiliza ou reduz o tamanho das fibras, aumenta o $VO_{2máx}$ sem modificações ou diminuição na força (LEVERITT et al., 1999); (b) hipótese aguda, que atribui o comprometimento dos ganhos de força em longo prazo a uma redução no desempenho agudo em uma sessão de força quando precedida por uma atividade aeróbia. Essa última hipótese tem recebido bastante atenção recentemente por parte dos pesquisadores (DENADAI; CORVINO; GRECO, 2010; RUAS et al., 2007; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003).

## 3.2 Hipótese Aguda

A hipótese aguda é fundamentada na existência de uma “fadiga residual” gerada pela atividade precedente, a qual causaria prejuízo no desempenho da atividade subsequente (LEVERITT et al., 1999). Muitos estudos têm utilizado o termo “fadiga residual” para se referir aos efeitos prejudiciais na produção de força originados na atividade aeróbia (CRAIG et al., 1991; GOMES; AOKI, 2003; LEVERITT et al., 1999; SALE et al., 1990). No entanto esse termo pode ser inapropriado porque o conceito de fadiga é muito mais complexo, com vários processos subjacentes que ocorrem durante o exercício e que culminam em queda do desempenho (KNICKER et al., 2011).

Sendo assim, no presente trabalho a interferência aguda será considerada uma redução no desempenho agudo na tarefa de força após a realização de uma tarefa aeróbia provavelmente devido a um distúrbio da homeostase corporal (ex. acúmulo de metabólitos resultantes da quebra de ATP, alterações na temperatura, pH, fluxo sanguíneo e nas concentrações de íons como cálcio, sódio e potássio) decorrente de um intervalo de recuperação insuficiente entre as atividades. Logo, o indivíduo iniciaria a atividade de força em um estado no qual o organismo não estaria totalmente recuperado, diminuindo assim a qualidade do estímulo para a sessão de força e, consequentemente, o volume de treino realizado. Ao longo do tempo o volume

de trabalho realizado seria menor na condição concorrente, comparado ao desenvolvimento da força isolada em um estado em que não houvesse distúrbio da homeostase gerado pela atividade anterior.

O primeiro estudo a sugerir os efeitos agudos como responsáveis pelo prejuízo na força foi o de Craig et al. (1991). Estes autores submeteram 36 homens, divididos em três grupos: grupo levantamento, que realizou somente exercícios de força (3 séries de 6 a 8 repetições a 75% 1RM, 8 exercícios); grupo corrida, que realizou somente esta atividade (75% da frequência cardíaca máxima, 30 a 35 minutos); e grupo combinado, que treinou ambos. Todos os grupos realizaram o treinamento durante 10 semanas, três vezes por semana. Eles observaram que houve redução nos ganhos de força no grupo combinado comparado ao grupo levantamento e esse prejuízo foi atribuído a uma possível queda de desempenho ocasionada pela corrida realizada antes do treinamento de força, embora eles não tenham feito nenhum controle com relação ao volume de trabalho realizado nos grupos em cada sessão.

A maioria dos estudos que analisou os efeitos do TC de maneira crônica não controlou o volume de treinamento realizado em cada sessão diária, tornando difícil saber se quando há diminuição do volume de trabalho em cada sessão há também inibição dos ganhos de força. Esta suposição é bastante plausível e existem vários estudos que relatam interferência em longo prazo, os quais utilizaram em seus respectivos programas de treinamento a ordem aeróbio seguido de força (CRAIG et al., 19991; HUNTER; DEMENT; MILER, 1987; KRAEMER et al., 1995; LEVERITT et al., 1999; LEVERITT et al., 2003).

Sale et al. (1990) demonstraram claramente em seu estudo essa relação. Eles submeteram 16 sujeitos fisicamente ativos a um treinamento concorrente composto por treinamento de força envolvendo de seis a oito séries a 15-20RM no *leg press* e treinamento aeróbio envolvendo seis a oito tiros de três minutos por três de recuperação na bicicleta a 90-100% $VO_{2máx}$. Os participantes foram divididos em dois grupos: A2d, que realizava ambos os treinamentos no mesmo dia, duas vezes por semana, sendo que na primeira sessão da semana a ordem era força depois aeróbio e na segunda sessão o inverso; grupo B4d, que realizava o treinamento em dias alternados, quatro vezes por semana, sendo que na primeira semana o treinamento de força ocorreu na segunda e na quinta e o aeróbio na terça e sexta, ao passo que na

segunda semana foi feito o contrário. Ao final de dez semanas os autores relataram maiores aumentos nos ganhos de força máxima, hipertrofia e resistência de força para o grupo B4d (25, 34 e 64%, respectivamente), que treinou em dias alternados comparado ao A2d (13, 31 e 39%, respectivamente), que treinou no mesmo dia, embora as diferenças da hipertrofia e da resistência de força não tenham sido estatisticamente significantes. Essa diferença na resistência de força foi atribuída à diminuição do volume de treino realizado pelo grupo A2d, pois o grupo B4d teve a média de volume total de treino (número de repetições multiplicado pela carga levantada) e o número de repetições (10,3% e 2,4%, respectivamente) maiores que o grupo A2d. Adicionalmente, esse estudo traz um dado bastante relevante sobre a interferência aguda, uma vez que quando os sujeitos do grupo A2d realizavam a ordem aeróbio-força eles tinham uma diminuição do volume total de treino e do número de repetições de 4% em relação à ordem contrária, embora essas diferenças não tenham sido significantes. Todavia, esse estudo não tinha grupo controle para uma possível comparação com o treinamento da força isolada, no entanto é o único estudo que controlou o volume agudo realizado nas sessões de treinamento. Com base neste estudo conclui-se que a interferência aguda pode ser um dos responsáveis pela diminuição dos ganhos de força ao longo do treinamento.

Os estudos que analisaram os efeitos do TC agudamente demonstraram prejuízo no desempenho da força testada de modo isocinético (ABERNETHY, 1993; DENADAI et al., 2007; OLIVEIRA et al, 2009; SKOF; STROJNIK, 2005), isotônico (BENTLEY, 2000; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003) ou ambos (LEVERITT; ABERNETHY, 1999a) (Quadro 1).

De uma maneira geral, todos os estudos que analisaram os efeitos agudos relataram interferência no desempenho da força realizada imediatamente após exercício aeróbio (ABERNETHY, 1993; BENTLEY et al., 2000; LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003). Porém, embora a maioria dos estudos comprove o efeito da interferência, alguns demonstraram que, em determinadas situações, esse efeito pode ser atenuado (OLIVEIRA et al., 2009; RUAS et al., 2007; SOUZA et al., 2007).

Contínua

| ***Autores*** | ***Protocolo Aeróbio*** | ***Protocolo Força*** | ***Característica dos participantes*** | ***Achados*** |
|---|---|---|---|---|
| Abernethy (1993) | Cicloergômetro de perna<br>Contínuo – 150 min a 35% $VO_{2pico}$<br>Intermitente – 5 x 5min : 5min (40, 60, 80, 100, e 100% $VO_{2pico}$) | 5 séries - 5 rep de extensão joelho no aparelho isocinético | 9 homens e 5 mulheres<br>Fisicamente ativos, sedentários e com experiência em TF | ↓ da força mesma magnitude após exercício contínuo e intermitente (-4%) |
| Aoki et al. (2003) | Esteira<br>Contínuo a 70% $VO_{2pico}$<br>45 minutos | 1RM *leg press*<br>2 X 70% 1RM *leg press* | Seis universitárias com experiência em TF | ↓ força no teste 70% 1RM (-40%) |
| Bentley et al. (2000) | Cicloergômetro de perna<br>30 minutos a 80% do $VO_{2máx}$ +<br>4 x 1min :1 min a 120% $VO_{2máx}$ | Contração voluntária máxima – extensão de joelho | 10 homens<br>9 triatletas e 1 ciclista | ↓ geração de força logo após<br>(-12%) e com intervalo de 6 horas (-6%). |
| Leveritt; Abernethy (1999a) | Cicloergômetro de perna<br>Intermitente 5 x 5min : 5min (40, 60, 80, 100, e 100% $VO_2$ pico) | 3 x 80% 1RM agachamento<br>5 series - 5 rep. extensão joelho isocinético | 5 homens e 1 mulher Fisicamente ativos | ↓ força extensão de joelho no aparelho isocinético<br>↓ força agachamento (-26%) |
| Leveritt et al. (2000) | Cicloergômetro de perna<br>Contínuo a 70-110% da potência crítica<br>50 minutos | Isométrico, isocinético, isotônico (80% torque máximo) extensão de joelho | 8 homens<br>Mínimo de 12 meses de experiência com TF | Não houve interferência |
| Ruas et al. (2007) | Cicloergômetro de perna<br>Contínuo na intensidade Lan<br>50 rpm versus 100 rpm<br>30 min | 3 x 10 RM *leg press* | 10 homens<br>6 meses de experiência com TF | 100 rpm - força (-27%)<br>50 rpm – não houve ↓ |

Conclusão

| ***Autores*** | ***Protocolo Aeróbio*** | ***Protocolo Força*** | ***Característica dos participantes*** | ***Achados*** |
|---|---|---|---|---|
| Souza et al. (2007) | Esteira<br>Contínuo 90% Lan<br>versus<br>Intermitente – 1min : 1min (100% $VO_{2máx}$)<br>5 km | 1RM e 1 série 80% 1RM no l*eg press* e supino | 8 homens com experiência de 4 anos em TF e esportes a nível recreacional | Contínuo – não ocasionou interferência nos testes 1RM e 80%RM *leg-press* e supino<br>Intermitente - ↓ força no teste de 80%RM no *leg press* (-27%) |
| Sporer; Wenger (2003) | Cicloergômetro de perna<br>Contínuo a 70% do $VO_{2máx}$ versus<br>Intermitente – 6 x 3min : 3min a 95-100% do $VO_{2máx}$ por 36 minutos | 4 séries a 75% 1RM<br>Supino e<br>*Leg press* | 16 homens<br>Jogadores de rúgbi, hóquei, futebol, tenistas, remadores, ciclistas de *mountain bike*, praticantes de *jogging* | Ambos resultaram em ↓ força no *leg press* após 4 e 8 horas. Sendo que após 4 horas (25%) a ↓ foi maior que após 8 horas (9%) |

Quadro 1- Efeitos agudos de diferentes protocolos de treino aeróbio sobre a força muscular

Nota: $VO_{2pico}$ = pico do consumo de oxigênio; $VO_{2max}$ = consumo máximo de oxigênio; min: minutos; RM = repetição máxima; rpm = rotações por minuto; Lan= limiar anaeróbio ↓ = diminuição; TF = treinamento de força; min = minutos; rep = repetições.

Por exemplo, no estudo de Ruas et al. (2007) foi verificado que a cadência da pedalada é uma variável que, quando manipulada, afeta o efeito da interferência. Nesse estudo, dez indivíduos realizaram três séries de repetições máximas no *leg press* com carga correspondente a 10RM na condição controle, sendo que na condição experimental eles realizaram dois exercícios aeróbios na intensidade do limiar anaeróbio com 30 minutos de duração nas cadências de 50 e 100 rotações por minuto (R50 e R100), seguidos do exercício de força, em dias separados. O desempenho na tarefa de força foi reduzido na condição R100 quando comparado com as condições R50 e controle, nas quais os indivíduos tiveram desempenho equivalente, sugerindo assim a utilização de baixas cadências para atenuar a interferência.

Outros estudos também manipularam algumas variáveis, como a intensidade (SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003) e o tipo do treino aeróbio e de força (GERGLEY et al., 2009; LEVERITT; ABERNETHY, 1999a), assim como o intervalo de recuperação entre as atividades (LEVERITT; MacLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000; SPORER; WENGER, 2003) e a musculatura ativa (RADDI et al., 2008; SOUZA et al., 2007), com intuito de verificar a magnitude da interferência. Adicionalmente, o histórico de treinamento dos sujeitos também é um fator que tem sido considerado (BALABINIS et al., 2003; HUNTER, DEMMENT; MILER, 1987; LEVERITT; MacLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000).

### *3.2.1 Tipo de Exercício de Força*

Leveritt e Abernethy (1999a) demonstraram em seu estudo que é necessário ter cautela ao analisar a interferência na produção de força em função da sensibilidade dos diferentes testes que são comumente utilizados na literatura científica, pois eles comprovaram de maneira aguda que a redução da força testada de maneira isotônica (3 séries de repetições até a exaustão a 80% 1RM) foi maior quando comparada com a força testada de maneira isocinética (5 séries de 5 repetições em diferentes velocidades).

Outro estudo que faz essa ressalva é o de Leveritt et al. (2003), no qual 26 universitários fisicamente ativos foram divididos em três grupos (aeróbio, força e concorrente). A sessão de força foi composta de exercícios para membros

superiores e inferiores (4 séries de 4-8RM), ao passo que na sessão aeróbia os indivíduos realizaram treinamento intervalado (40-100% $VO_{2máx}$) durante seis semanas. Após o período de treinamento, a força foi avaliada de três maneiras: isométrica (extensão de joelho), isocinética (extensão de joelho) e isotônica (1RM no meio-agachamento). O grupo que treinou de forma concorrente teve menores ganhos de força quando comparado ao grupo que treinou somente força, porém a força foi afetada somente no teste isotônico, ou seja, para os outros tipos de teste não houve diferença significante entre as condições experimentais. Portanto, os dados dos estudos de Leveritt e Abernethy (1999a) e Leveritt et al. (2003) sugerem que exercícios isotônicos são mais suscetíveis aos efeitos da interferência.

No estudo de Denadai et al. (2007), corredores bem treinados de média e longa distância realizaram uma corrida na velocidade do limiar anaeróbio até exaustão voluntária seguido de contrações máximas de extensão de joelho em aparelho isocinético (60 e 180 graus por segundo) em condições concêntricas e excêntricas. Houve diminuição significante da força na ação concêntrica somente a 60 graus/s, enquanto na condição excêntrica a redução ocorreu nas duas velocidades. Além disso, a diminuição da força foi maior durante a ação excêntrica (7%) do que na concêntrica (3%) em 180 graus/s, demonstrando que a redução do pico de torque depende do tipo de ação muscular e da velocidade angular.

Por isso, ao analisar os efeitos da interferência, deve-se considerar que diferentes tipos de testes podem gerar respostas distintas na produção de força e resultar em interpretações diferentes.

### *3.2.2 Modo de exercício aeróbio*

Outro fator que deve ser considerado ao analisar os efeitos do TC é o modo do exercício aeróbio, pois o padrão de movimento da corrida é diferente da pedalada e, consequentemente, envolve diferentes tipos de ação, e respostas fisiológicas para manutenção do desempenho, as quais poderiam gerar respostas distintas na produção força realizada subsequentemente (MILLET; LEPERS, 2004)

Até o presente momento não foi encontrado nenhum estudo comparando o efeito do modo de exercício aeróbio na resposta da força de forma aguda. Porém,

Gergley et al. (2009) compararam o efeito de interferência na força de forma crônica utilizando bicicleta e esteira por nove semanas. Para isso, 30 indivíduos fisicamente ativos (homens e mulheres) foram divididos em três grupos, sendo que um grupo treinou somente força, o outro realizou exercício aeróbio na esteira seguido do exercício de força e um terceiro grupo treinou aerobiamente na bicicleta também seguido de um exercício de força; o treino de força foi composto por três exercícios para membros inferiores (*leg press*, extensão e flexão de joelho), iniciando com três séries de 12RM (3 semanas), partindo para 10 RM (3 semanas) e 8RM (3 semanas), e o exercício aeróbio para ambos os tipos iniciou com 20 minutos (3 semanas), partindo para 30 minutos (3 semanas) e 40 minutos (3 semanas), a 65% da FC máxima. O principal achado desse estudo foi que o grupo que treinou na esteira teve maior atenuação dos ganhos de força em relação ao grupo que treinou na bicicleta, embora ambos tenham ganhado menos força que o grupo que treinou somente força.

Portanto, embora somente um estudo tenha sido encontrado analisando a influência do modo de exercício aeróbio, podemos concluir que a bicicleta teve menor impacto nos efeitos da interferência. A justificativa encontrada pelos autores do estudo para o achado, embora especulativa, é baseada no tipo de ação de cada tipo de exercício, pois no ciclismo existem mais ações concêntricas, ao passo que na corrida a participação de ações excêntricas é relevante e geram maior dano muscular. Entretanto, essa justificativa não é suportada pela literatura, porque quando uma sessão de exercício é realizada de maneira repetida, ao longo de um período de tempo o dano muscular torna-se mínimo devido a uma adaptação muscular em resposta à exposição constante a essa situação; fenômeno conhecido como efeito da carga repetida (CLARKSON; HUBAL, 2002). Nesse caso, o mecanismo que poderia explicar essas diferenças pode ir além do tipo de ação muscular, uma vez que existem outros mecanismos fisiológicos associados a diferenças entre correr e pedalar, como respostas ventilatórias, fluxo sanguíneo central e periférico, padrão de recrutamento das unidades motoras e fadiga neuromuscular (MILLET; VLECK; BENTLEY, 2009). Contudo, há necessidade de mais investigações, inclusive avaliando outros tipos de ergômetros comumente utilizados para execução do exercício aeróbio, como remo, *step* e elíptico.

*3.2.3 Intensidade do Treinamento*

Os mecanismos fisiológicos responsáveis pela manutenção de uma determinada atividade física podem variar de acordo com a intensidade do treinamento realizado (CHRISTMASS et al., 1999; TAN, 1999; TABATA et al., 1997). Consequentemente, a intensidade pode afetar a capacidade de um grupo muscular desenvolver tensão. Por isso, a manipulação dessa variável é de extrema importância ao analisar os efeitos do TC.

Considerando este aspecto, Docherty e Sporer (2000) criaram um modelo teórico da interferência com o intuito de explicar porque ao longo do tempo há o surgimento da interferência quando são executadas atividades de força e aeróbia concomitantemente. Esse modelo preconiza que a intensidade do exercício é um fator determinante para potencializar ou minimizar a interferência, ou seja, no caso de uma atividade aeróbia executada em intensidade moderada (abaixo do limiar anaeróbio), as adaptações fisiológicas ocorreriam mais no componente central (adaptação cardiovascular). Por outro lado, em exercícios de alta intensidade (próximos da intensidade associada ao $VO_{2máx}$) as adaptações periféricas predominariam. Por exemplo, em um estudo desenvolvido por Tremblay, Simoneau, Bouchard (1994), foi verificado que em um grupo de sedentários, após serem submetidos a 15 semanas de exercício intermitente de alta intensidade, foi constatado aumento da atividade de enzimas glicolíticas (fosfofrutoquinase e hexoquinase) e oxidativas (3-hidroaxil CoA desidrogenase) no músculo vasto lateral, ao passo que um outro grupo, que foi submetido a um programa de exercício contínuo de moderada intensidade, essas alterações não foram verificadas. Recentemente, Macpherson et al. (2011) submeteram sujeitos fisicamente ativos, divididos em dois grupos, a dois tipos de treinamento aeróbio (contínuo e intermitente de alta intensidade) por seis semanas, e verificaram que ambos os grupos aumentaram o $VO_{2máx}$ na mesma magnitude, porém somente o grupo que treinou continuamente teve aumento no débito cardíaco máximo. Aplicando o modelo ao treinamento de força, quando realizado em alta intensidade (1-5RM), resultaria em melhorias no componente central (adaptação neural), enquanto ao ser realizado em intensidades mais baixas (8-12RM) estaria relacionado às adaptações periféricas. Sendo assim, a interferência seria potencializada quando ambas as

atividades fossem executadas em intensidades dependentes do mecanismo periférico (Figura 1).

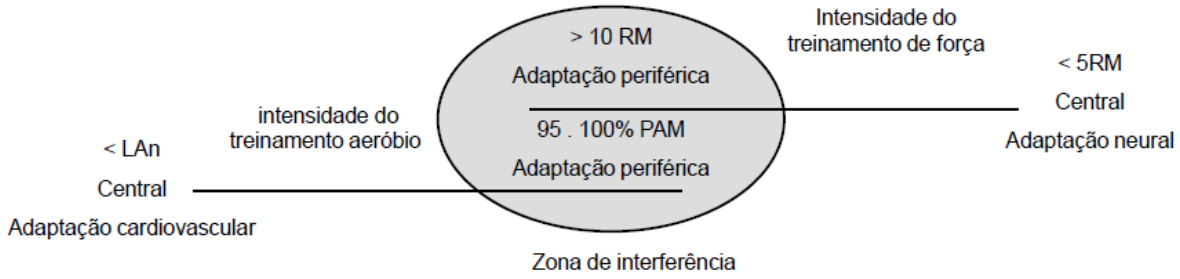


Figura 1 – Mecanismos de adaptações fisiológicas ao exercício aeróbio e de força de acordo com a intensidade realizada.

Nota: LAn = Limiar Anaeróbio; RM = Repetição Máxima; PAM = Potência Aeróbia Máxima. Na parte central (em cinza), quando ambas as atividades são realizadas em intensidades dependentes do mecanismo periférico o modelo preconiza que a interferência será maximizada (Adaptado de DOCHERTY; SPORER, 2000).

Embora o modelo tenha sido elaborado para explicar os ajustes crônicos, Souza et al. (2007) o testaram de forma aguda, analisando o impacto de dois protocolos de exercício aeróbio, um intermitente de alta intensidade e outro contínuo de intensidade moderada, sobre o desempenho em uma sessão de treinamento de resistência de força a 80% de 1RM e de um teste de força máxima (1RM). Foi verificado que apenas o exercício aeróbio intermitente influenciou negativamente o desempenho na sessão de resistência de força para os mesmos grupos musculares, que é justamente a combinação que potencializaria a interferência de acordo com o modelo, sugerindo que, de fato, a interferência foi decorrente da fadiga de ordem periférica, a qual foi ocasionada por essa atividade intensa prévia. Entretanto, houve uma tendência (embora não significante) na redução da força no teste de 1RM. Esse estudo corrobora com o modelo proposto, pois a interferência foi potencializada quando os indivíduos realizaram o aeróbio intermitente de alta intensidade seguido de um exercício de resistência de força.

Por outro lado, Sporer e Wenger (2003), ao utilizarem dois protocolos de exercício aeróbio, sendo um intermitente (6 repetições de 3 minutos de esforço a 95-100% da potência aeróbia máxima por 3 minutos de recuperação ativa a 40% da potência aeróbia máxima) e o outro contínuo (70% da potência aeróbia máxima durante 36 minutos), observaram diminuição significante de mesma magnitude, em

ambas as situações, na resistência de força em quatro séries a 75% de 1RM no *leg press*, refutando a ideia central do modelo proposto por Docherty e Sporer (2000).

Outro estudo que não confirma, de forma aguda, o modelo é o de Abernethy et al. (1993), o qual também comparou a resposta da força muscular após uma sessão de exercício contínuo (150 minutos a 35% $VO_{2pico}$) ou intermitente (5 repetições de 5 minutos de esforço por 5 minutos de recuperação a 40, 60, 80, 100, e 100% do $VO_2$pico) seguidos por um teste de força máxima (torque máximo) no aparelho isocinético em uma variedade de velocidades (0,52-5,20 rad/s). Como resultado central, foi observado que o prejuízo no desempenho da atividade de força foi similar após os dois protocolos de exercício aeróbio. Entretanto, os estudos que refutaram o modelo têm limitações que devem ser consideradas, pois Sporer e Wenger (2003) utilizaram 4 horas entre o exercício aeróbio e o de força e Abernethy et al. (1993) não equalizaram o volume de trabalho realizado nos dois tipos de treino, diferentemente de Souza et al. (2007), que realizaram os testes de força logo após o exercício aeróbio e equalizaram o volume da sessão de exercício aeróbio.

Podemos ainda encontrar na literatura estudos que não manipularam diretamente a intensidade do treinamento de força ou aeróbio, porém ao analisar as intensidades utilizadas e os resultados obtidos pode-se verificar que corroboram com o modelo (LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; PANISSA et al., 2009). Portanto, conclui-se que a intensidade do exercício aeróbio é uma variável que pode ser determinante na resposta da força, assim como proposto por Docherty e Sporer (2000).

### *3.2.4 Intervalo de recuperação*

Como já mencionado, a capacidade do músculo desenvolver tensão pode ser comprometida pela atividade aeróbia prévia (ABERNETHY, 1993; BENTLEY et al., 2000; LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003). Porém, parece que se houver um tempo de intervalo suficiente para recuperação entre as atividades a interferência pode ser eliminada (SPORER; WENGER, 2003) ou, ao menos, minimizada (SALE et al., 1990).

Bentley et al. (2000) observaram o efeito da duração de dois tempos de intervalo (10 minutos e 6 horas), utilizando um modelo de treinamento aeróbio no qual os indivíduos pedalaram por 30 minutos a 80% do $VO_{2máx}$ seguido por 4 repetições de 60 segundos de esforço por 60 segundos de recuperação a 120% do $VO_{2máx}$, e constataram que houve queda de 11,7% na força de contração voluntária máxima após 10 minutos e de 6,3% após 6 horas, embora estatisticamente a perda de força tenha sido de mesma magnitude.

Leveritt et al. (2000) também analisaram o efeito da duração de dois tempos de intervalo (8 e 32 horas) na força máxima e na resistência de força e não observaram queda no desempenho da força em nenhuma condição precedida de atividade aeróbia. No entanto, esse estudo não realizou o exercício de força imediatamente após o exercício aeróbio, tornando difícil quantificar o papel do intervalo de recuperação como atenuador do efeito da interferência, pois não se sabe ao menos se houve interferência logo após a atividade.

De forma distinta do estudo supracitado, Sporer e Wenger (2003) analisaram a resistência de força após três períodos de intervalo (4, 8, e 24 horas). A realização da atividade aeróbia prévia resultou em uma diminuição do volume no *leg press* com 4 e 8 horas de intervalo, sendo que com quatro horas a diminuição foi maior (25%) do que após oito horas (9%) de recuperação; após 24 horas de intervalo não foi encontrado efeito da interferência. Entretanto, Gomez et al. (2002) encontraram diminuição no trabalho total em um exercício de resistência de força (50 repetições) e no pico de força durante o salto vertical em corredores, imediatamente e 48 horas após 10 km de uma prova simulada de corrida.

De acordo com as evidências, a interferência pode perdurar por até oito horas (SPORER; WENGER, 2003), embora seja pequena (9%). Apesar do intervalo de recuperação relativamente longo eliminar a interferência aguda, é importante considerar outras variáveis, pois essa resposta ainda pode ser dependente do volume e intensidade da atividade aeróbia. A importância do intervalo de recuperação tem sido considerada pelos pesquisadores, levando a modificações nos programas de periodização de treinamento (BALABINIS et al., 2003; GARCIA-PALLARES et al., 2009). Por exemplo, Garcia-Pallares et al. (2009) obtiveram melhoras significantes na potência aeróbia, força máxima e potência muscular em atletas de caiaque altamente treinados, organizando as sessões de treino de maneira que a sessão de exercício força fosse realizada antes da aeróbia ou se

fosse realizada após atividade aeróbia que existisse um intervalo de 6-8 horas entre as sessões.

### *3.2.5 Estado e histórico de Treinamento*

Existem evidências que o estado inicial de treinamento dos participantes possa ser um fator relevante para ocasionar interferência (HUNTER; DEMMENT; MILER, 1987). No entanto, encontramos resultados controversos, pois já foi demonstrado efeito da interferência em indivíduos treinados (HENESSEY; WATSON, 1994; KRAEMER, 1995) e não treinados (CRAIG et al., 1991; DUDLEY; DJAMIL, 1987) e, curiosamente, há estudos relatando que não houve efeito da interferência em indivíduos treinados (LEVERITT; MacLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000) e não treinados (McCARTHY; POZNIAK; AGRE, 2002).

Contudo, torna-se difícil avaliar o grau de importância que o estado de treinamento dos indivíduos possa exercer sobre os efeitos do TC, pois há uma escassez de estudos que compararam a resposta da interferência utilizando o mesmo protocolo de treinamento para indivíduos com características diferentes. Hunter, Demment e Miler (1987) apresentaram uma informação mais concreta, embora de maneira crônica, pois eles dividiram seus participantes em três grupos: 1) grupo de destreinados, que realizou somente exercícios de força; 2) grupo de destreinados, que realizou TC; 3) grupo de atletas corredores, que realizou TC. Ao final de 12 semanas o grupo de corredores demonstrou aumentos similares na força e potência de pernas (inferida pelo desempenho no salto vertical) que o grupo que treinou somente força, ou seja, o grupo de corredores não foi afetado pelo TC, sendo que o grupo composto por indivíduos não treinados sofreu efeito da interferência na força e potência de membros inferiores.

Outro estudo que demonstra evidências que indivíduos treinados são menos suscetíveis aos efeitos da interferência é o de Balabinis et al. (2003), o qual utilizou jogadores de basquete profissionais para avaliar o efeito da interferência na força máxima, $VO_{2máx}$, capacidade anaeróbia (inferida pelo desempenho no teste de Wingate) e potência anaeróbia (inferida pelo desempenho no salto vertical) por sete semanas. Esses autores dividiram os atletas em quatro grupos: a) grupo que treinou

somente força (meio agachamento, supino, puxador costas e *leg press*), sendo que nas semanas 1, 2 e 3 o treino foi realizado para aumentar a força máxima, nas semanas 4 e 5 foi direcionado para o desenvolvimento de potência e nas semanas 6 e 7 foi trabalhado resistência de força; b) grupo que treinou somente aeróbio (periodizado, contínuo moderado e intermitente de alta intensidade); c) grupo concorrente, que realizou o mesmo treino que os grupos força e aeróbio, sendo que o aeróbio foi realizado previamente e sete horas após seu término foi executado o treino de força; d) grupo controle. Todos os grupos experimentais se exercitaram quatro vezes por semana. Ao final de sete semanas o grupo concorrente não teve prejuízo em nenhuma capacidade analisada e teve maiores ganhos de $VO_{2máx}$ comparado ao grupo que treinou somente aerobiamente (12,9% versus 6,8%, respectivamente) e teve também maiores ganhos na potência anaeróbia que o grupo força (6,2% versus 2,9%, respectivamente). Assim, os autores concluíram que o TC foi mais efetivo e atribuíram essas respostas ao delineamento do estudo, pois foram utilizados exercícios específicos que correspondiam às necessidades do esporte, houve intervalo de recuperação entre a sessão aeróbia e de força, e também em função do estado de treinamento dos participantes que eram atletas habituados a realizar esse tipo de treinamento.

Todos os estudos que analisaram os efeitos agudos relataram interferência no desempenho de força em alguma situação (ABERNETHY, 1993; BENTLEY et al., 2000; LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003), exceto o de Leveritt, Maclaughlin e Abernethy (2000), que não encontrou reduções significativas na produção de força após 50 minutos pedalando a 70-110% da potência crítica com intervalos de 8 e 32 horas. Justamente esse foi o único estudo que teve como sujeitos da pesquisa indivíduos com vasta experiência em treinamento de força (mínimo de 12 meses). Portanto, considerando essas informações, existe a possibilidade de que indivíduos treinados em força fossem menos suscetíveis aos efeitos da interferência.

Entretanto, não foi o que aconteceu no estudo publicado recentemente por Denadai, Corvino e Greco (2010), o qual comparou a interferência na produção de força (cinco contrações máximas concêntricas e excêntricas do quadríceps a 180 graus/s) em três grupos com diferentes históricos de treinamento (fisicamente ativos, treinados aerobiamente e treinados em força) após realizarem exercício aeróbio (corrida na velocidade correspondente a 95% do limiar anaeróbio resultando em

gasto calórico de 500 kcal). Houve redução no pico de torque durante ação excêntrica em todos os grupos, embora a perda de força tenha sido maior no grupo treinado em força (16,5%) comparado aos fisicamente ativos (6,5%) e treinados aerobiamente (7,2%). Outro dado importante apresentado pelo estudo foi que os indivíduos fisicamente ativos apresentaram resposta parecida àquela dos sujeitos treinados aerobiamente, embora tenham apresentado valores semelhantes aos treinados em força com relação à potência aeróbia ($VO_{2máx}$ 45,1 ±6,4 e 45,01 ± 5,0 ml/kg/min, respectivamente), indicando que essa variável não foi determinante na resposta da interferência.

Portanto, parece que indivíduos treinados aerobiamente são menos suscetíveis aos efeitos da interferência, e que atletas treinados em força são mais suscetíveis a esse efeito de forma aguda. Entretanto, ainda não está claro como se dá a interferência em atletas treinados de outros esportes, e porque a resposta pode ser diferente de acordo com o histórico ou estado de treinamento dos indivíduos, pois ainda não foi conduzido nenhum estudo analisando essas respostas.

### *3.2.6 Musculatura ativa*

Existe pelo menos um consenso entre os estudos sobre os efeitos do TC: independentemente do protocolo utilizado, a interferência ocorrerá somente nos músculos que estiverem atuando em ambas as atividades (HUNTER; DEMMENT; MILER, 1987; KRAMER et al., 1995; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003). Por exemplo, Souza et al. (2007) demonstraram que a inclusão de uma atividade aeróbia (corrida) antes da sessão de força não afetou negativamente a produção de força quando os indivíduos realizaram uma série de exercícios no supino reto, tanto a 80% quanto a 100% de 1RM. Entretanto, a força foi afetada durante a realização do exercício de agachamento com a carga a 80% de 1RM. Sporer e Wenger (2003) também observaram que, quando o treinamento aeróbio em cicloergômetro precedeu o de força, houve diminuição no volume de trabalho no exercício *leg press* e não houve prejuízo no volume de trabalho durante a realização do supino. Mais especificamente, existem evidências de que, quando ambas as atividades solicitam os membros inferiores, os músculos posteriores de coxa podem

ser mais afetados que a musculatura do quadríceps (GOMEZ et al., 2002). No entanto, também há evidências de que esses grupos musculares são afetados na mesma magnitude (OLIVEIRA et al., 2009). Sendo assim, é possível concluir que o prejuízo na produção de força está localizado nos grupos musculares envolvidos em ambas as atividades.

### 3.3 Mecanismos Potenciais

Como descrito anteriormente, a hipótese aguda atribui atenuação dos ganhos de força em longo prazo à interferência aguda na produção de força gerada em função de um intervalo de recuperação insuficiente entre as atividades, o que ocasionaria queda do desempenho na atividade de força.

Como a origem da interferência acontece na atividade aeróbia é importante apontar a magnitude e a duração das alterações na função neuromuscular após esse tipo de atividade. Alguns estudos têm utilizado a eletromiografia de superfície (EMG), a força de contração voluntária máxima (CVM) e até métodos com estimulação elétrica e contração interpolada para avaliar a função neuromuscular após uma atividade aeróbia.

Oliveira et al. (2009) submeteram 16 homens fisicamente ativos a uma atividade de corrida na velocidade do limiar de lactato até despenderem 500 kcal (35,07 ± 5,93 minutos) seguida de um teste em aparelho isocinético de flexão e extensão de joelho concêntrico e excêntrico (a 60 e 180 graus/s) com medidas de EMG e um teste isométrico de flexão de joelho para verificar a CVM com estimulação elétrica. Foi observada somente diferença significante no torque máximo durante a contração excêntrica a 180 graus/s, sem alterações na EMG e na CVM com estimulação elétrica.

Outros estudos também têm demonstrado diminuição da CVM após a realização de atividade aeróbia, entretanto a magnitude dessa diminuição apresenta variações entre os estudos. Lepers et al. (2008) relataram queda de 11% na CVM após 30 minutos no cicloergômetro, ao passo que Nunmela et al. (2008) relataram queda de 15% na CVM após simulação de uma prova de corrida de 5 km. Theruel e Lepers (2008) encontraram diminuição de 16% na CVM após 30 minutos de

exercício contínuo no cicloergômetro em intensidade equivalente a 70% da potência aeróbia máxima e queda de 26% após exercício intermitente (períodos de esforço de 10s, 15s e 20s a 200%, 150% e 100% da potência aeróbia máxima, intercalados com períodos de recuperação ativa a 50% da potência aeróbia máxima). Por sua vez, Zory et al. (2010) apresentam valor menor, de 9,6% após 30 minutos pedalando a 30% da potência aeróbia máxima.

A partir desses resultados podemos observar que após uma sessão de exercício aeróbio a capacidade de produção de força está diminuída, apesar de nenhum desses estudos ter analisado se essa diminuição influenciaria no volume de treino realizado durante uma sessão de exercícios de força propriamente dita. Contudo, o fato de a capacidade contrátil estar comprometida é um aspecto que deve ser considerado.

Poucos estudos envolvendo TC objetivaram a identificação dos mecanismos responsáveis por desencadear a interferência aguda. Os estudos existentes tentaram relacionar a queda na produção de força à concentração de lactato (LEVERITT; ABERNETHY, 1999a; LEVERITT; MacLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000; RUAS et al., 2007), a disponibilidade de substrato (AOKI et al., 2003; AOKI; GOMES, 2005) e ao recrutamento de unidades motoras (SOUZA et al., 2007).

### *3.3.1 Acúmulo de lactato*

O lactato tem sido um marcador bastante estudado como fator limitante do desempenho, pois se acreditava que seu acúmulo pudesse liberar íons $H^+$, aumentando a acidose intramuscular e inibindo enzimas responsáveis pela transferência de energia, embora se acredite também que a associação entre o lactato e o processo de fadiga aguda possa ser apenas casual (CAIRNS, 2006; ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004). Isso porque alguns pesquisadores acreditam que a formação de $H^+$ ocorre somente durante a hidrólise de ATP e que a glicólise não seria capaz de produzir esses prótons (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004), ao passo que outros estudos apontam que a liberação de íons $H^+$ ocorre durante a dissociação de ácido lático em lactato (KEMP, 2005; KEMP et al.,

2005), indicando relação entre o aumento da concentração de lactato e aumento dos íons $H^+$ e, consequentemente, diminuição do pH.

Leveritt e Abernethy (1999a) observaram diminuição da força, realizada após exercício aeróbio intermitente. Concomitantemente, detectou-se aumento da concentração de lactato, de modo que os autores indicaram que a acidose muscular foi responsável pela interferência negativa na produção de força. Leveritt, Maclaughlin e Abernethy (2000) também detectaram concentrações de lactato elevadas, porém nesse estudo não foi relatada interferência na força. Em contrapartida, no estudo de Ruas et al. (2007) foi demonstrado que a interferência na produção de força não foi influenciada pelo o aumento da concentração de lactato, pois foi comparado o desempenho em um exercício de força precedido por uma atividade no cicloergômetro, realizada em duas cadências distintas de pedalada, e observou-se que em ambas as situações a concentração de lactato era a mesma, embora houvesse interferência em somente um dos grupos. Portanto, parece que não há relação entre o acúmulo de lactato e o efeito da interferência.

### *3.3.2 Disponibilidade de substrato energético*

Atualmente sabe-se que o glicogênio muscular é importante combustível para atividades tanto aeróbias (COYLE, 1992) quanto de força (McDOUGAL et al., 1988). Portanto, uma possível explicação para redução do desempenho na atividade de força seria a alteração do conteúdo do glicogênio hepático e muscular (LEVERITT et al., 1999).

Com intuito de testar se a interferência da força poderia ser influenciada pela diminuição dos estoques de energia, Leveritt e Abernethy (1999b) investigaram o efeito da interferência após um período de exposição a uma dieta com restrição de carboidrato. Primeiramente os participantes foram submetidos a dois tipos de exercício de força realizados aleatoriamente: exercício isotônico (3 séries de repetições máximas a 80% de 1RM no exercício meio agachamento) e isocinético (5 séries de 5 repetições em diferentes velocidades de extensão de joelho). Após dois dias da dieta os participantes foram submetidos a uma sessão de exercício aeróbio (60 minutos na bicicleta a 75% $VO_{2pico}$ mais 4 tiros de um minuto a 100% $VO_{2pico}$)

seguido dos mesmos exercícios de força realizados antes do período de dieta. Foi verificado somente diminuição no número máximo de repetições no meio agachamento, ao passo que no exercício isocinético não houve nenhuma alteração no desempenho. Com isso, podemos observar que dieta com restrição de carboidrato provocou prejuízo na produção de força, embora o estudo supracitado não tenha utilizado grupo controle sem exposição à dieta para certificação de que o prejuízo no número de repetições tenha sido associado à dieta e não somente pelo fato dos participantes realizarem a atividade aeróbia prévia.

Seguindo esse raciocínio, Aoki et al. (2003) verificaram se a ingestão de carboidrato poderia atenuar os efeitos da interferência. Para isso, submeteram seis estudantes universitárias a uma sessão de exercício de corrida a 70% do $VO_{2pico}$ por 45 minutos, seguido de dois testes de força (1RM e duas séries a 70%1RM no *leg press*), adotando um protocolo duplo-cego, com um grupo recebendo placebo e o outro recebendo carboidrato (6% de maltodextrina diluída em um litro de água, sendo 500 ml antes e 500 ml durante a sessão de exercício aeróbio). Eles não verificaram diferença entre os grupos placebo e suplementado com carboidrato no desempenho das atividades de força, embora o desempenho na atividade de força tenha sido prejudicado em ambos os grupos placebo (1ª série 13 ± 3 rep; 2ª série 6 ± 2 rep) e suplementado (1ª série 15 ± 3 rep; 2ª série 7 ±17 rep) quando comparados à situação controle (1ª série 21 ± 3 rep; 2ª série 11 ± 2 rep), indicando que o aumento da disponibilidade desse substrato não foi capaz de atenuar o efeito da interferência.

Considerando que a fadiga no exercício de força tem como principais causas a depleção de creatina fosfato e a acidose muscular (MAcDOUGALL et al., 1999), Gomes e Aoki (2005) suplementaram com creatina um grupo de oito universitárias que realizaram TC e observaram que não houve prejuízo na resposta da força quando realizaram três séries no *leg press* 45° a 80% de 1RM após o TC comparado a uma situação sem a atividade aeróbia prévia (maior distância possível em 20 minutos). Além disso, o grupo que não foi suplementado (placebo) também apresentou piora no desempenho na situação concorrente quando comparada à situação controle. Esses autores especularam que o maior conteúdo de creatina fosfato teria minimizado a depleção desse substrato e que, além disso, como a refosforilação de ADP para ATP via hidrólise de fosfocreatina requer um íon $H^+$, isso aumentaria a capacidade de tamponamento e diminuiria a acidose.

Portanto, pode-se concluir que a suplementação de carboidrato não foi capaz de anular o efeito da interferência, ao contrário da suplementação de creatina que foi capaz de anular esse efeito. Porém, os achados se aplicam somente aos protocolos e populações utilizados nesses dois estudos, pois não foram encontrados outros estudos para possíveis comparações.

### *3.3.3 Recrutamento de unidades motoras*

Existe a possibilidade de que se ambas as atividades (aeróbia e força) requisitarem o mesmo tipo de fibra muscular para manter o esforço, provavelmente o recrutamento dessas unidades motoras estará prejudicado na atividade que for realizada subsequentemente.

Gómez et al. (2002) submeteram 10 corredores a uma prova de corrida de 10 km, seguida de dois testes, um de força/torque máximo (flexão e extensão de joelho a 30, 180 e 300 graus/s no aparelho isocinético) e um de resistência de força (flexão e extensão de joelho, 50 repetições a 180 graus/s) sendo que a análise do trabalho total no teste de resistência de força foi analisada separadamente em duas fases (repetições 1 a 17 e 34 a 50) para verificar a fadiga na fase inicial e final. Eles constataram que houve diminuição somente no pico de torque a 30 graus/s na flexão de joelho, sendo que no teste de resistência de força houve diminuição do trabalho total na fase final (repetições 34 a 50) na flexão e extensão do joelho. Esses resultados demonstram que houve fadiga nas fibras lentas (tipo I), que foram predominantemente recrutadas durante a atividade aeróbia, embora essa justificativa seja apenas especulativa, pois a corrida pode gerar fadiga em todos os tipos de fibras e é necessária uma técnica específica para verificar o recrutamento seletivo.

Portanto, podemos concluir que, embora seja possível que o recrutamento de unidades motoras esteja alterado em sessões de exercício concorrente, ainda existe a necessidade de mais estudos analisando esse mecanismo.

# 4. MATERIAIS E MÉTODOS

## 4.1 Tipo de Pesquisa

O presente projeto caracteriza-se como uma pesquisa na qual há manipulação de uma variável (em nosso caso o tempo de intervalo entre as sessões) na tentativa de estabelecer relações de causa e efeito, podendo ser classificado como um delineamento quase-experimental. Tem como variável dependente o desempenho na tarefa de força (número de repetições e volume total no meio-agachamento), como variáveis independentes o protocolo de treino aeróbio e o intervalo de recuperação, e como variável categórica o histórico de treinamento dos participantes (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2007).

## 4.2 Limitações do Estudo

Ao delimitarmos uma pesquisa é inerente que essas delimitações resultem em limitações (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2007). Para o presente estudo são apontadas as seguintes limitações: (1) prontidão do participante durante os testes, pois os participantes podem apresentar variações no desempenho nas diferentes sessões principalmente porque a amostra foi composta por indivíduos que praticam treinamento físico sistematicamente e participam de competições; na tentativa de tentar minimizar essa limitação foi solicitado aos voluntários que não realizassem nenhum tipo de exercício nas 24 horas que antecederam as sessões; (2) efeito do treinamento: durante o período da realização do estudo pode ter ocorrido ganhos de força e de aptidão aeróbia para os grupos menos familiarizados com essas atividades; para minimizar essa limitação as sessões experimentais foram realizadas aleatoriamente.

## 4.3 Participantes

Foram participantes desse estudo 27 indivíduos adultos do sexo masculino, que constituíram três grupos quanto aos seus históricos de treinamento: a) treinados aerobiamente, b) treinados em força, c) treinados concorrentemente.

### *4.3.1 Critérios de seleção dos participantes*

Grupo Aeróbio (GA): corredores de provas de média distância, com tempo médio na prova de 10 km inferior a 40 min, com no mínimo dois anos consecutivos de experiência.

Grupo Concorrente (GC): atletas de esportes intermitentes com prática sistemática de treinamento aeróbio e de força, com no mínimo dois anos consecutivos de experiência.

Grupo Força (GF): homens com prática de treinamento de força e sem envolvimento com a prática sistemática de outro tipo de exercício, com no mínimo dois anos consecutivos de experiência.

Todos concordaram em participar voluntariamente desse estudo após leitura e assinatura de um termo de consentimento informado (aprovado pelo comitê de ética local, processo número 2009/16).

### *4.3.2 Descrição dos participantes*

GA: participaram do estudo 10 corredores de provas de média distância com tempo médio de 33,5 min; tempo mínimo de 29 min, e tempo máximo de 37 min em prova de 10 km.

GC: participaram do estudo nove atletas, sendo cinco praticantes de handebol, um de basquetebol, um de peteca e dois de *cross-fit*.

GF: participaram do estudo oito homens com prática de treinamento de força, sendo seis deles com experiência em levantamento de peso olímpico.

## 4.4 Delineamento

Os participantes foram submetidos a oito sessões, divididas em duas fases (Figura 2). Na primeira fase foram realizadas duas sessões: a primeira para coleta dos dados antropométricos (massa corporal e estatura), informações quanto ao tempo de experiência na modalidade, determinação do $VO_{2pico}$ e da velocidade pico atingida ($V_{pico}$) durante teste progressivo máximo em esteira rolante e, subsequentemente, um teste de familiarização de 1RM no meio-agachamento; na segunda sessão foi realizado o teste 1RM no meio-agachamento. Na segunda fase, foram realizadas as sessões experimentais sendo: uma para a sessão controle (SC), envolvendo a realização de quatro séries de repetições máximas a 80% de 1RM no meio-agachamento; cinco sessões de exercício aeróbio seguidas pelo exercício de força igual ao descrito na SC, porém com intervalos de 30 e 60 min, 4, 8 e 24 h entre as atividades. As sessões experimentais foram realizadas aleatoriamente, separadas por um intervalo de três a sete dias.

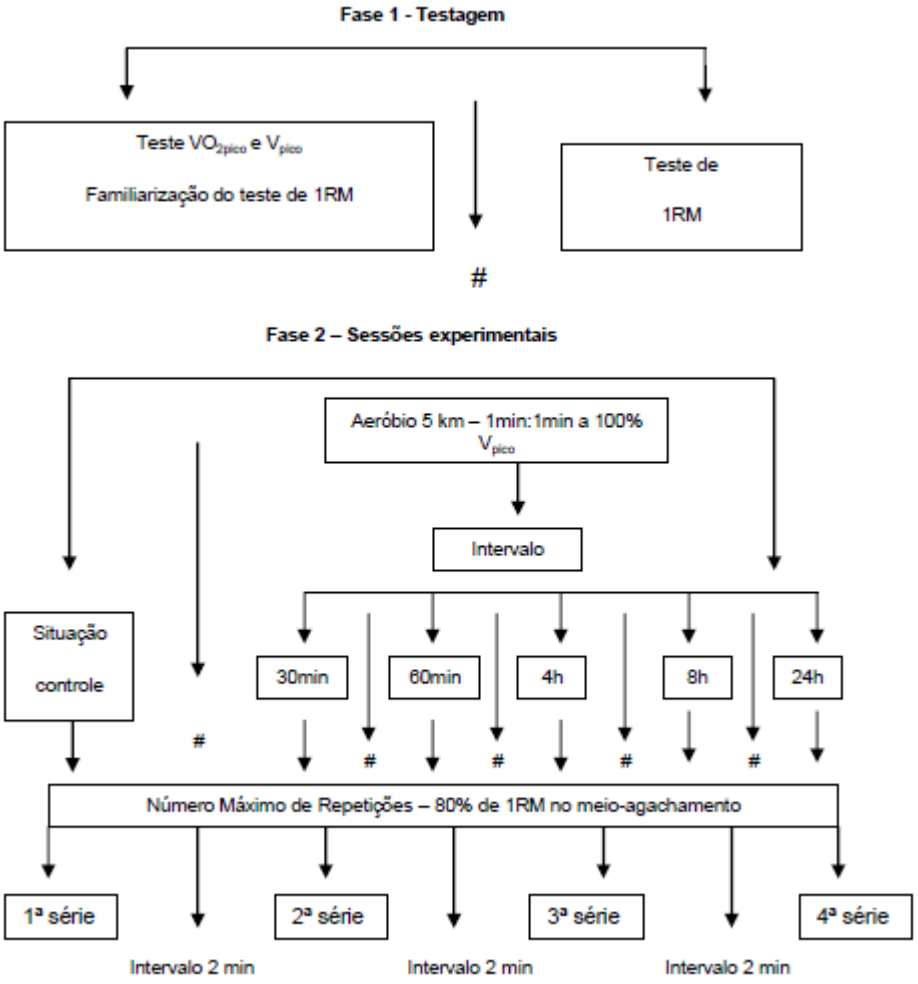


Figura 2: Representação esquemática do delineamento do estudo

Nota: Ordem das sessões experimentais determinadas aleatoriamente. # = intervalo entre as sessões (três a sete dias).

### *4.4.1 Teste para determinação da velocidade pico e do consumo de oxigênio pico*

Os participantes realizaram um teste de velocidade progressiva na esteira até a exaustão voluntária. Cada estágio foi composto de um minuto de exercício. A velocidade inicial foi de 6 km/h (grupo força), 8 km/h (grupo concorrente) e 10km/h (grupo aeróbio), com incrementos de 1 km/h por estágio até a exaustão voluntária. O consumo de oxigênio ($VO_2$) foi mensurado (K4b$^2$ Cosmed, Roma, Itália) durante o teste e a média dos últimos trinta segundos foi definida como $VO_{2pico}$. Para determinação da velocidade pico ($V_{pico}$) foi considerada a máxima velocidade atingida durante o teste progressivo. Quando o participante não conseguiu finalizar o

estágio completo de 1 minuto, a velocidade foi relativizada de acordo tempo de permanência nesse último estágio (Equação 1). Todos os testes tiveram duração total entre 10 e 14 minutos.

$$\text{Vel Relativa} = \text{Vel. penúltimo estágio} + \left(\frac{\text{tempo permanecido no último estágio (s)}}{60\ \text{(s)}}\right)$$

(Equação 1)

Nota: Vel = velocidade; s = segundos

*4.4.2 Teste de uma repetição máxima*

A força dinâmica máxima foi determinada mediante a carga máxima que o sujeito foi capaz de executar em apenas um movimento (1RM) no exercício de meio-agachamento com barra guiada. Para tanto, foram seguidas as recomendações da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (BROWN; WEIR, 2003). Nesse sentido, os indivíduos iniciaram o teste realizando um aquecimento geral de cinco minutos. Subsequentemente, eles executaram uma série de oito repetições com a intensidade de 50% da carga de 1RM estimada, seguida por outra série de três repetições a 70% de 1RM estimada. Os levantamentos para estabelecer o 1RM foram execuções únicas com carga progressivamente mais pesada até a fadiga voluntária. O intervalo de descanso foi de três a cinco minutos e o número de tentativas não foi superior a cinco. A maior carga levantada no teste foi considerada como o valor de 1RM.

Para melhor controle de movimento, durante o teste de 1RM e as sessões de exercício, foi realizada uma padronização quanto à posição do apoio dos pés no solo e quanto à amplitude de movimento, as quais foram reproduzidas nas sessões subsequentes. Para tanto, o solo foi marcado e o posicionamento dos pés foi anotado. Para o controle de amplitude de movimento, o participante realizou flexão de joelho até aproximadamente 90 graus e para garantir essa amplitude e a segurança do participante foi colocado um anteparo abaixo do participante delimitando o movimento na amplitude desejada.

Entre a sessão de familiarização para condução do teste de 1RM e o teste em si, houve pequeno aumento ($p < 0,001$) de força do grupo testado (familiarização =

200 ± 40kg; 1RM = 206 ± 39kg) com base no resultado do teste t de *Student* para dados pareados, com coeficiente de correlação intraclasse de 0,994 e limites de concordância de 6 a 18 kg [limites de concordância = (1,96 x desvio padrão) ± média das diferenças], sem viés aparente relacionado ao valor de 1RM, ou seja, a variação dos valores entre os testes era similar independentemente dos valores de 1RM atingidos pelos participantes, conforme plotagem de Bland-Altman (Figura 3; Bland; Altman, 1986).

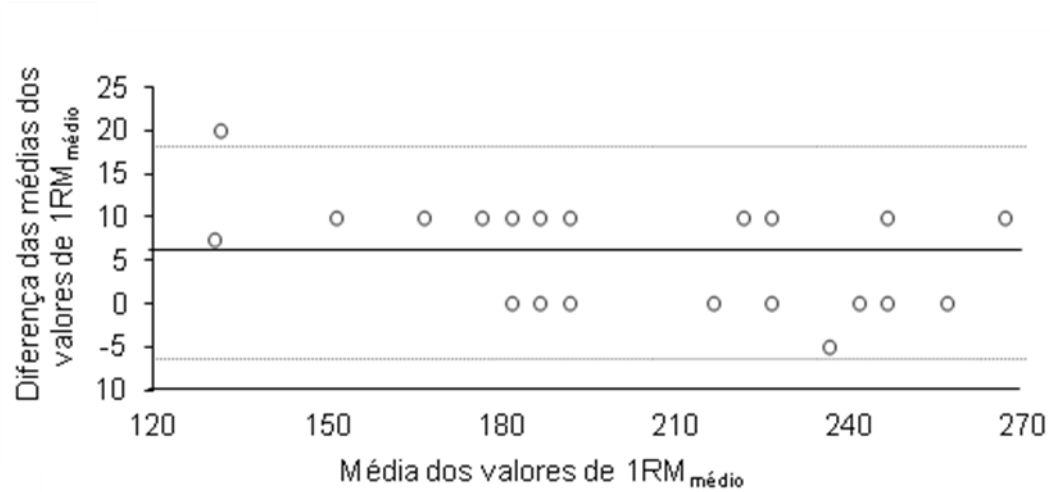


Figura 3: Análise de concordância por meio da plotagem de Bland-Altman para os testes de 1RM.

Assim, considerando que o objetivo central do presente estudo era comparar os grupos, caso não tenha existido estabilidade dos valores de 1RM é muito provável que ela tenha ocorrido de forma similar entre os grupos, dado que não houve tendência de maior elevação entre a primeira e a segunda repetição do teste em função do valor absoluto de 1RM alcançado no primeiro teste. Parte dessa elevação também pode ter ocorrido em decorrência da familiarização ter sido conduzida no dia de execução do teste progressivo até a exaustão. Optou-se pela não condução de uma terceira sessão, pois é provável que houvesse maior desistência dos participantes em decorrência do elevado número de testes conduzidos durante o estudo.

## *4.5 Protocolos Experimentais*

### *4.5.1 Exercício aeróbio intermitente*

Consistiu em correr 5 km na esteira de forma intermitente (1minuto : 1minuto), ou seja, um minuto na $V_{pico}$ por um minuto de recuperação passiva. Esse protocolo foi escolhido por ser um tipo de exercício comumente utilizado em sessões de treino visando o aumento da potência aeróbia máxima, principalmente por atletas corredores e atletas de modalidades intermitentes (BALABINIS et al., 2001; BILLAT, 2001). Além disso, esse tipo de exercício pode gerar maior interferência na força quando comparado a exercícios contínuos de intensidade moderada, requerendo a identificação de um intervalo de recuperação que anule esse efeito (SOUZA et al., 2007).

### *4.5.2 Exercício de resistência de força*

Os participantes realizaram um aquecimento geral de 5 minutos no cicloergômetro, seguido de quatro séries de repetições máximas a 80% de 1RM no agachamento com barra guiada. Cada série foi separada por um período de descanso de dois minutos. O número máximo de repetições realizadas corretamente durante as quatro séries foi computado. Além disso, foi calculado o volume total da sessão do treino de força (número de repetições multiplicado pela carga levantada em cada repetição), o volume total relativo à massa corporal (volume absoluto total dividido pela massa corporal), assim como o decréscimo da produção de força em termos percentuais (Equação 2) para cada situação experimental, após os diferentes intervalos de recuperação.

$$\text{Decréscimo da produção de força \%} = \left( \frac{\text{volume absoluto após Y - volume absoluto SC}}{\text{volume absoluto SC}} \right) \text{X } 100$$

(Equação 2)

Nota: vol = volume; SC = situação controle; Y = intervalo de 0,5h, 1h, 4h, 8h, 24h.

### *4.6 Análise estatística*

A análise descritiva das variáveis mensuradas (idade, massa corporal, estatura, 1RM no meio agachamento, $VO_{2pico}$, $V_{pico,}$ NMR, volume total e relativo a 80% de 1RM da SC) envolveu o cálculo da média e desvio padrão para cada um dos três diferentes grupos analisados (GF, GA e GC). Para a comparação dessas variáveis entre os diferentes grupos foi realizada uma análise de variância a um fator. Quando observada diferença significante, foi realizado o *post-hoc* de Tukey.

Para a comparação do número máximo de repetições, volume total e relativo a 80% de 1RM e o decréscimo da produção de força em termos percentuais nas diferentes situações experimentais, foi realizada uma análise de variância a dois fatores (grupo e tempo de intervalo) com medidas repetidas no segundo fator. Quando observada diferença significante, foi realizado o *post-hoc* de Bonferroni. Anteriormente à condução da análise de variância, o pressuposto de esfericidade foi testado pelo teste W de Mauchly. Uma vez violado esse pressuposto, foi realizada a correção de Greenhouse-Geisser (MAIA et al., 2004). A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk.

Em todas as análises foi utilizado o nível de significância a 5% ($p<0,05$) (ZAR, 1999). Os dados foram analisados utilizando o programa *Statistical Package for Social Sciences* 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos da América).

## 5 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características gerais dos participantes, e os valores obtidos nos testes de 1RM, de $VO_{2pico}$ e da $V_{pico.}$

Tabela 1: Idade, massa corporal, estatura, força máxima absoluta e relativa e indicativos de potência aeróbia (em média e desvio padrão) em indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| | GA (n=10) | GC (n=9) | GF (n=8) |
|---|---|---|---|
| Idade (anos) | 29 ± 6 | 26 ± 7 | 26 ± 4 |
| Massa corporal (kg) | 70 ± 8[b c] | 84 ± 7 | 83 ± 4 |
| Estatura (cm) | 177 ± 6 | 181 ± 5 | 175 ± 3 |
| Experiência (anos) | 8 ± 6 | 7 ± 6 | 5 ± 3 |
| 1RM absoluto (kg) | 163 ± 19[b c] | 211 ± 25[a c] | 247 ± 15[a b] |
| 1RM relativo (kg/kg de massa corporal) | 2,3 ± 0,3 | 2,6 ± 0,4 | 2,9 ± 0,2[a b] |
| 80% de 1RM (kg) | 130 ± 15[b c] | 169 ± 20[a c] | 198 ± 13[a b] |
| $V_{pico}$ (km/h) | 21,4 ± 1,4[b c] | 18,9 ± 1,5 [a c] | 16,3 ± 1,1[a b] |
| $VO_{2pico}$ (ml/kg/min) | 61,1 ± 5,2[b c] | 51,0 ± 7,6 | 44,0 ± 3,8 |

Nota: 1RM = uma repetição máxima; $VO_{2pico}$ = pico do consumo de oxigênio; $V_{pico}$= velocidade pico.
[a] = diferença significante em relação ao GA ($p < 0,05$); [b] = diferença significante em relação ao grupo GC ($p < 0,05$); [c] = diferença significante em relação ao GF ($p < 0,05$).

Com relação às características gerais da amostra não houve diferença significante entre os grupos para a idade ($F_{2,24} = 0,94$; $p = 0,406$; $\eta^2 = 0,072$; poder observado = 0,193), estatura ($F_{2,24} = 2,66$; $p = 0,090$; $\eta^2 = 0,182$; poder observado = 0,477) e experiência de treino ($F_{2,24} = 0,36$; $p =0,699$; $\eta^2 = 0,0290$; poder observado = 0,995). No entanto, houve diferença significante para a massa corporal ($F_{2,24} = 13,56$; $p < 0,001$; $\eta^2= 0,530$; poder observado = 0,995), sendo os valores do grupo aeróbio menores que do grupo concorrente ($p < 0,001$) e que do grupo força ($p = 0,001$).

Para os resultados dos níveis de força, houve diferença significante entre os grupos quanto aos valores de força máxima absoluta ($F_{2,24} = 38,65$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,763$; poder observado = 1), sendo o grupo força superior ao grupo aeróbio ($p < 0,001$) e ao grupo concorrente ($p < 0,001$) e o grupo concorrente superior ao grupo

aeróbio (p = 0,01). O mesmo ocorreu com a carga correspondente a 80% de 1RM ($F_{1,24}$ = 36,65; p < 0,001; $\eta^2$ = 0,763; poder observado = 1), sendo que o grupo força apresentou valores superiores ao grupo concorrente (p<0,001) e ao grupo aeróbio (p < 0,001) e o grupo concorrente com carga mais alta que o grupo aeróbio (p = 0,01). Quando os valores de força máxima foram relativizados de acordo com a massa corporal dos participantes, a diferença entre os grupos ($F_{2,24}$ = 7,94; p = 0,002; $\eta^2$ = 0,398; poder observado = 0,927) permaneceu. No entanto, somente o grupo força diferiu dos outros dois, sendo que esse grupo apresentou maiores valores de força relativa quando comparado aos valores dos grupos aeróbio (p < 0,001) e concorrente (p = 0,010).

Para os resultados da potência aeróbia houve diferença significante entre os grupos quanto ao consumo de oxigênio pico ($F_{2,24}$ = 15,92; p < 0,001; $\eta^2$ = 0,570; poder observado = 0,999), sendo que o grupo aeróbio apresentou valores mais elevados que o grupo concorrente (p = 0,009) e que o grupo força (p < 0,001). Houve tendência a diferença (p = 0,064) entre o grupo concorrente e o grupo força, sendo o grupo concorrente com o consumo de oxigênio pico mais elevado que o grupo força. Adicionalmente, houve diferença significante entre os grupos com relação à velocidade pico atingida ($F_{2,24}$ = 29,55; p < 0,001; $\eta^2$ = 0,711; poder observado = 1), sendo que o grupo aeróbio atingiu velocidades mais altas que o grupo concorrente (p = 0,002) e que o grupo força (p < 0,001), e o grupo concorrente apresentou velocidade mais alta que o grupo força (p = 0,002).

A tabela 2 apresenta o número máximo de repetições, os volumes total e relativo dos grupos durante a tarefa de força na situação controle, ou seja, na situação na qual os participantes realizaram somente o exercício de força.

Tabela 2: Número máximo de repetições, volume total absoluto e relativo realizados (em média e desvio padrão) em quatro séries de meio-agachamento a 80% de 1RM por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| | NMR | VTA (t) | VTR (t/kg de massa corporal) |
|---|---|---|---|
| GA (n =10) | 46 ± 16[a] | 5,99 ± 1,91 | 87 ± 30 |
| GC (n = 9) | 38 ± 5 | 6,30 ± 0,89 | 76 ± 11 |
| GF (n = 8) | 30 ± 9 | 5,92 ± 1,94 | 71 ± 23 |

Nota: NMR = número máximo de repetições; VTA = volume total absoluto; VTR = volume total relativo; t = toneladas; [a] = diferença significante em relação ao grupo força (p < 0,05).

Na situação controle, o número máximo de repetições diferiu significantemente entre os grupos ($F_{2,24}$= 4,49; p = 0,022; $\eta^2$ = 0,27; poder observado = 0,71), sendo que o grupo aeróbio realizou NMR superior ao grupo força (p = 0,023). No entanto, para o volume total absoluto ($F_{2,24}$= 0,20; p = 0,820; $\eta^2$ = 0,016; poder observado = 0,78) e relativo ($F_{2,24}$= 1,11; p = 0,344; $\eta^2$ = 0,085; poder observado = 0,223) não houve diferença significante entre os grupos.

A tabela 3 apresenta o desempenho dos grupos aeróbio, força e concorrente na tarefa de força expresso pelo número máximo de repetições nas diferentes situações experimentais.

Tabela 3: Número máximo de repetições (em média e desvio padrão) realizados em quatro séries de meio-agachamento a 80% de 1RM após diferentes períodos de repouso depois da execução de corrida de 5 km realizada por atletas treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| | SC | 30 min | 60 min | 4 h | 8 h | 24 h | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GA (n = 10) | 46 ± 16 | 41 ± 17 | 42 ± 17 | 48 ± 16 | 39 ± 14 | 49 ± 20 | 44 ± 16[a] |
| GC (n = 9) | 38 ± 5 | 28 ± 8 | 34 ± 9 | 36 ± 5 | 37 ± 10 | 36 ± 9 | 35 ± 8 |
| GF (n = 8) | 30 ± 9 | 18 ± 12 | 20 ± 12 | 25 ± 8 | 29 ± 8 | 26 ± 11 | 25 ± 11 |
| Total | 38 ± 13[b] | 30 ± 15[c] | 33 ± 16 | 37 ± 14 | 35 ± 12 | 38 ± 17 | 35 ± 15 |

Nota: SC = sessão controle; min = minutos; h = horas; [a] = diferença significante em relação ao GF (p < 0,05); [b] = diferença significante em relação ao período de 30 min de intervalo (p < 0,05); [c] = diferença significante de 4 e 8 horas (p < 0,005).

Para o número de repetições não houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo ($F_{10,120}$ = 1,24; $\eta^2$ = 0,094; poder = 0,619; p = 0,270), porém houve efeito do fator grupo ($F_{2,24}$ = 7,56; p = 0,003; $\eta^2$ = 0,387; poder observado = 0,914), sendo que o grupo aeróbio realizou número máximo de repetições superior ao grupo força (p = 0,002). Houve também efeito do intervalo ($F_{5,120}$ = 0,17; p < 0,001; $\eta^2$ = 0,171; poder observado = 0,979), sendo o número máximo de repetições da situação controle superior àquele após o intervalo de 30 minutos (p = 0,002). Além disso, o número máximo de repetições após o intervalo de 30 minutos foi inferior àquele após os intervalos de 4 horas (p = 0,006) e 8 horas (p = 0,028).

A tabela 4 apresenta o desempenho dos grupos aeróbio, força e concorrente na tarefa de força expresso pelo volume total absoluto de repetições nas diferentes situações experimentais.

Tabela 4: Volume total absoluto (em toneladas; número de repetições multiplicado pela carga levantada em cada repetição; em média e desvio padrão) realizado em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso depois da execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| SC | 30 min | 60 min | 4 horas | 8 horas | 24 horas | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GA (n = 10) | | | | | | |
| 5,9 ± 1,9 | 5,4 ± 2,3 | 5,4 ± 2,1 | 6,2 ± 2,2 | 5,1 ± 2,0 | 6,3 ± 2,5 | 5,7 ± 2,2 |
| GC (n = 9) | | | | | | |
| 6,3 ± 0,8 | 4,6 ± 1,0 | 5,7 ± 1,3 | 5,9 ± 1,0 | 6,2 ± 1,9 | 6,0 ± 1,3 | 5,8 ± 1,4 |
| GF (n = 8) | | | | | | |
| 5,9 ± 1,9 | 3,8 ± 2,4 | 3,9 ± 2,5 | 5,0 ± 1,5 | 5,7 ± 1,7 | 5,2 ± 2,3 | 4,9 ± 2,1 |
| Total | | | | | | |
| 6,1 ± 1,6[a] | 4,6 ± 2,1[b] | 5,1 ± 2,1 | 5,7 ± 1,7 | 5,7 ± 1,9 | 5,9 ± 2,1 | 5,5 ± 1,9 |

Nota: SC = sessão controle; min = minutos; [a] = diferente de 30 e 60 min ($p < 0,05$); [b] = diferente de 4, 8 e 24 horas ($p < 0,05$).

Para o volume absoluto não houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo ($F_{10,120} = 1,72$; $\eta^2 = 0,126$; poder = 0,793; $p = 0,083$), tampouco houve efeito do fator grupo ($F_{2,24} = 0,80$; $p = 0,460$; $\eta^2 = 0,063$ poder = 0,171). No entanto, houve efeito do fator intervalo ($F_{5,120} = 6,63$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,217$; poder observado = 0,997), sendo o volume absoluto realizado na situação controle superior àquele realizado após o intervalo de 30 minutos ($p < 0,001$) e 60 minutos ($p = 0,026$). Além disso, o volume absoluto após intervalo de 30 minutos foi inferior àquele após os intervalos de 4 horas ($p = 0,003$), 8 horas ($p = 0,009$) e 24 horas ($p = 0,027$).

A tabela 5 apresenta o desempenho dos grupos aeróbio, força e concorrente na tarefa de força expresso pelo volume total relativos a massa corporal nas diferentes situações experimentais.

Tabela 5: Volume total relativo (em quilogramas; número de repetições multiplicado pela carga levantada em cada repetição, dividido pela massa corporal do executante; em média e desvio) realizado em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso após execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| | SC | 30 min | 60 min | 4 h | 8 h | 24 h | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GA (n = 10) | 87 ± 30 | 78 ± 36 | 79 ± 34 | 91 ± 38 | 74 ± 29 | 92 ± 39 | 83 ± 34 |
| GC (n = 9) | 76 ± 11 | 54 ± 12 | 69 ± 19 | 72 ± 15 | 76 ± 27 | 73 ± 17 | 70 ± 18 |
| GF (n = 8) | 71 ± 23 | 45 ± 29 | 47 ± 30 | 60 ± 18 | 70 ± 22 | 62 ± 27 | 59 ± 26 |
| Total | 78 ± 23[a] | 60 ± 30[b] | 66 ± 31 | 75 ± 29 | 73 ± 25 | 77 ± 32 | 72 ± 29 |

Nota: SC = sessão controle; min = minutos; [a] = diferença significante de 30 ($p < 0,05$); [b] = diferença significante de 4, 8 e 24 horas ($p < 0,05$).

Para o volume relativo não houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo ($F_{10,120} = 1,65$; $p = 0,098$; $\eta^2 = 0,121$; poder observado = 0,773), tampouco houve efeito do fator grupo ($F_{2,24} = 2,45$; $p = 0,107$, $\eta^2 = 0,170$; poder observado = 0,446), porém houve efeito do fator intervalo ($F_{5,120} = 5,64$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,190$; poder observado = 0,991). O volume relativo realizado na situação controle foi superior àquele realizado após intervalo de 30 minutos ($p < 0,001$), e houve tendência a ser superior àquele após o intervalo de 60 minutos ($p = 0,061$). Além disso, o volume relativo no intervalo de 30 minutos foi inferior àquele após os intervalos de 4 horas ($p = 0,006$), 8 horas ($p = 0,014$) e 24 horas ($p = 0,05$).

A tabela 6 apresenta o decréscimo da produção de força em termos percentuais em relação ao valor controle dos grupos aeróbio, força e concorrente nas diferentes situações experimentais.

Tabela 6: Decréscimo da produção de força (em termos percentuais em relação à situação controle; em média e desvio padrão) em quatro séries de meio-agachamento após diferentes períodos de repouso depois de execução de corrida de 5 km realizada por indivíduos treinados aerobiamente (GA), em força (GF) e concorrentemente (GC).

| | 30 min | 60 min | 4 horas | 8 horas | 24 horas | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GA (n = 10) | -10 ± 30 | -9 ± 34 | 6 ± 26 | -14 ± 26 | 8 ± 41 | - 4 ± 31 |
| GC (n = 9) | -27 ± 19 | -8 ± 27 | -6 ± 14 | 0 ± 33 | -4 ± 20 | - 9 ± 24 |
| GF (n = 8) | -43 ± 27[a] | -39 ± 25[b] | - 13 ± 21 | 2 ± 28 | -13 ± 25 | - 21 ± 28 |
| Total | -23 ± 28[c] | -15 ± 31 | -3 ± 22 | -4 ± 28 | -1 ± 30,9 | |

Nota: SC = sessão controle. [a] = diferença significante de GA 4 e 24 horas e GC 8 e 24 horas ($p < 0,05$); [b] = diferença significante de GA 4 e 24 horas e de GC 8 horas ($p < 0,05$); [c] = diferença significante de 4, 8, e 24 horas ($p < 0,05$).

Para a queda percentual da produção de força não houve efeito do fator grupo ($F_{,2,24} = 1,73$; $p = 0,198$; $\eta^2 = 0,127$; poder = 0,829), porém houve efeito do intervalo ($F_{4,96} = 6,61$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,216$; poder observado = 0,990), sendo os valores após o intervalo de 30 minutos superiores àqueles após os intervalos de 4 horas ($p = 0,002$), 8 horas ($p = 0,002$) e 24 horas ($p = 0,001$). Adicionalmente, houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo ($F_{8,96} = 2,18$; $p < 0,035$; $\eta^2 = 0,154$; poder observado = 0,833), sendo a queda percentual do grupo força após os intervalos de 30 e 60 minutos superiores àquela do grupo aeróbio após os intervalos de 4 horas ($p = 0,001$ e $p = 0,006$, respectivamente) e de 24 horas ($p < 0,001$ e $p = 0,003$, respectivamente). Após o intervalo de 30 minutos a queda do grupo força foi superior àquela do grupo concorrente após os intervalos de 8 horas ($p = 0,012$) e 24 horas ($p = 0,039$), com tendência à diferença após o intervalo de 4 horas ($p=0,055$). Após intervalo de 60 minutos a queda do grupo força foi superior ao grupo concorrente no intervalo de 8 horas ($p = 0,040$).

# 6 DISCUSSÃO

## 6.1 Características da Amostra

Como esperado, os grupos analisados apresentaram índices de força e aptidão aeróbia com diferenças estatisticamente significantes. Com relação aos índices de aptidão aeróbia, o $VO_{2pico}$ do GA foi superior ao apresentado pelo GC e pelo GF, e houve tendência a superioridade do GC em relação ao GF. No entanto, ao analisarmos os resultados da $V_{pico}$ podemos observar que todos os grupos diferiram estatisticamente entre si (GA>GC>GF).

Com relação aos índices de força, os valores absolutos de 1RM observa-se que os grupos diferiram estatisticamente entre si (GF>GC>GA), porém, quando esses valores foram relativizados de acordo com a massa corporal dos participantes, apenas o GF apresentou valores superiores ao GA e GC, que não diferiram entre si.

O treinamento de força representa um extremo dos exercícios físicos e em longo prazo é capaz de aumentar a capacidade contrátil muscular esquelética devido a adaptações morfológicas como a hipertrofia das células musculares, e a adaptações neurais como o aumento do recrutamento, sincronização e da frequência de disparo das unidades motoras (FOLLAND; WILLIANS, 2007). Por sua vez, o treinamento aeróbio representa outro extremo, sendo capaz de melhorar a eficiência do sistema cardiovascular e da capacidade do músculo transferir energia pelo sistema oxidativo (HOLLOSZY; COYLE, 1984). Portanto, era esperado que os corredores tivessem melhores índices de aptidão aeróbia, assim como que os indivíduos treinados em força apresentassem valores superiores de força máxima e que os participantes do GC tivessem índices intermediários, pois esse tipo de treinamento requer aperfeiçoamento de ambas as capacidades, porém sem que valores tão elevados quanto àqueles obtidos por indivíduos engajados em um único tipo de treinamento sejam capazes de atingir (NADER et al., 2006). De fato, isso ocorreu para as variáveis analisadas, exceto para o $VO_{2pico}$, variável na qual o GC apresentou tendência a superioridade em relação aos valores obtidos pelo GF, e para a força máxima relativa, variável em que o GC não diferiu estatisticamente do GA.

## 6.2 Histórico de treinamento

Com relação à ocorrência da interferência nos diferentes grupos analisados não foi observado efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo para o número máximo de repetições (NMR), nem para o volume total absoluto e relativo. Isso significa que a magnitude e duração da interferência do exercício intermitente de alta intensidade no desempenho de força não foram dependentes do histórico de treinamento dos participantes. Tampouco houve efeito no fator grupo para as mesmas variáveis, exceto para o NMR, no qual o GA foi superior ao GF.

Houve somente efeito de interação dos fatores grupo e intervalo para o decréscimo da produção de força. No entanto, as diferenças observadas não indicam que os grupos diferiram em magnitude e duração no tocante à interferência aguda. Portanto, a queda na produção de força ocorreu de maneira semelhante para todos os grupos, refutando a hipótese inicial proposta pelo presente trabalho de que a interferência seria de menor magnitude e duração no grupo treinado aerobiamente, seguida pelo grupo treinado concorrentemente e pelo grupo treinado em força.

Essa hipótese foi levantada baseada na idéia de que a tarefa aeróbia poderia ter menor impacto nos níveis de fadiga no GA quando comparado aos outros grupos, dado que indivíduos mais treinados aerobiamente podem apresentar menor custo energético para manutenção de uma atividade de corrida (BRANSFORD; HOWLEY, 1977). Adicionalmente, durante atividades intermitentes de alta intensidade como *sprints* repetidos, indivíduos mais treinados aerobiamente (maiores valores de $VO_{2máx}$) têm menor decréscimo do desempenho ao longo de uma sessão desse tipo de exercício, acompanhado de maior contribuição do sistema aeróbio e assim menor distúrbio da homeostase celular (HAMILTON et al., 1991; TOMLIM; WENGER, 2002).

Outro aspecto que poderia favorecer o desempenho de atletas mais treinados aerobiamente em exercícios intermitentes é a resposta da cinética *on* e *off* do consumo de oxigênio. A resposta cinética *on* representa o aumento do consumo de oxigênio na transição do repouso para o exercício até atingir a demanda do exercício e a *off* representa a cinética do decréscimo do oxigênio até os valores de base (BERTUZZI; RUMENIG-SOUZA., 2009). Sabe-se que indivíduos mais treinados aerobiamente possuem resposta cinética *on* (CAPUTO; MELLO; DENADAI, 2003) e

*off* (YOSHIDA, 2002) mais rápida, e existe correlação positiva entre a resposta rápida dessas variáveis e a capacidade de manutenção do desempenho em *sprints* repetidos (DUPONT et al. 2005; DUPONT et al., 2010). Contudo, no presente estudo mesmo com a possibilidade do GA ter realizado a atividade aeróbia com maior aptidão que o GC e GF, os grupos não diferiram entre si quanto à interferência da atividade aeróbia no desempenho da força, dado que não corrobora com os achados da pesquisa conduzida por Denadai, Corvino e Greco (2010), que verificaram que indivíduos treinados em força apresentaram queda percentual do torque mais acentuada (somente na fase excêntrica) quando comparados a corredores e indivíduos fisicamente ativos. No entanto, no estudo do Denadai, Corvino e Greco (2010), embora o grupo força tenha apresentado maior decréscimo no torque, esse grupo tinha a mesma aptidão aeróbia em termos de $VO_{2máx}$ que o grupo composto por indivíduos fisicamente ativos, o qual sofreu um decréscimo menor no torque. Esses achados indicam que a aptidão aeróbia não foi determinante para a magnitude da interferência, o que corrobora em parte com os achados do presente estudo. Dessa maneira poderia ser especulado que os valores de força absoluta sejam mais determinantes do que a aptidão aeróbia no tocante à magnitude da interferência.

Os mecanismos que poderiam explicar porque os três grupos apresentaram resposta similar quanto à magnitude e duração da interferência são de difícil estabelecimento, pois não existem estudos que foram conduzidos com esse objetivo. No entanto, se assumíssemos que o GA teve menor distúrbio da homeostase corporal durante a corrida, e teve uma recuperação mais acentuada no intervalo entre as atividades devido à sua aptidão aeróbia, consequentemente, esse grupo iniciaria a tarefa de força em um estado de recuperação mais adequado. Logo, poderia ser hipotetizado que algum mecanismo compensatório possa ter ocorrido durante a execução da tarefa de força para os grupos que tinham mais experiência com o treinamento de força (GC e GF).

Essa hipótese poderia ser fundamentada em estudos que avaliaram a função neuromuscular após exercício intermitente de alta intensidade e demonstraram que o sinal eletromiográfico (RMS) da musculatura dos membros inferiores estava aumentado após a corrida em comparação à resposta durante a realização da atividade de força isolada (BILLAUT et al., 2006; LATTIER et al., 2004). Apesar de esses estudos terem avaliado somente um grupo de indivíduos, essa resposta

poderia ser distinta para indivíduos com diferentes históricos de treinamento, uma vez que em tarefas de força isolada isso pode ocorrer (PICK; BECKE, 2000).

Um aspecto que não pode ser ignorado é que ao observamos os valores da queda percentual da força, por exemplo, após o intervalo de recuperação de 30 (GF: - 43 ± 27%; GC: - 27 ± 19%; GA: - 10 ± 30%) e 60 minutos (GF: - 39 ± 25%; GC: - 8 ± 27%; GA: - 9 ± 34%) percebe-se que, para todos os grupos, os valores de desvios padrão são muito altos, o que demonstra uma alta variabilidade entre os indivíduos de um mesmo grupo, indicando que outros aspectos podem estar envolvidos nesta resposta, além do histórico de treinamento.

Por fim, no que se refere ao efeito do fator grupo para a variável NMR (GA > GF), é provável que essas diferenças tenham ocorrido em consequência dos grupos diferirem na condição controle quanto a essa variável, uma vez que para a situação controle também foi verificado que o NMR realizado pelo GA foi superior ao NMR realizado pelo GF.

Quanto às diferenças observadas para o NMR, existem evidências de que indivíduos treinados aerobiamente são mais resistentes à fadiga em tarefas de resistência de força quando comparados a sedentários, velocistas, saltadores (PAASUKE; ERELINE; GAPEYEVA, 1999) e praticantes de artes marciais (GARRANDES et al., 2007). Ao mesmo tempo em que existem evidências de que os indivíduos treinados aerobiamente são mais resistentes à fadiga, existem estudos demonstrando que indivíduos treinados em força podem realizar menor NMR com a mesma carga relativa quando comparados a atletas de remo e de natação (DESGORCES et al., 2010), sugerindo que atletas com diferentes históricos de treinamento possuem diferentes graus de resistência à fadiga.

Por exemplo, Paasuke, Ereline e Gapeyeva (1999), submeteram três grupos de 15 participantes, com diferentes históricos de treinamento (corredores de longa distância, destreinados e velocistas/saltadores) a um exercício que consistiu em 10 ações isométricas (tentativas de extensões de joelho) submáximas a 40% da CVM sustentadas o maior tempo possível, com intervalos de recuperação de 1 minuto entre as tentativas. O tempo de sustentação de todas tentativas foi maior para o grupo de corredores. Nas três primeiras tentativas ocorreram as quedas mais acentuadas, sendo de 22-29% para os corredores, de 30-37% para os destreinados e de 33-39% para os velocistas e saltadores.

Desgorces et al. (2010) analisaram o NMR no exercício de supino horizontal, realizado em várias intensidades (85%, 75%, 60%, 40% e 20% de 1RM) em quatro grupos com históricos de treinamento diferentes: atletas de esportes de raquete, levantadores de peso, nadadores e remadores. Não foram encontradas diferenças significantes no NMR entre os quatro grupos. No entanto, quando o grupo dos levantadores de peso foi analisado em conjunto com os atletas de esportes de raquete (fortes) e comparados com o grupo dos remadores e nadadores (resistentes) diferenças foram encontradas no NMR em 75% ($p < 0,05$), 60% ($p < 0,01$), 40% e 20% de 1RM ($p < 0,001$), sendo que o grupo forte realizou menor quantidade de repetições que o grupo resistente. Uma possível explicação para esses achados está baseada nas adaptações promovidas pelo treinamento aeróbio, que geram aumento da capacidade oxidativa do músculo esquelético, o que por sua vez poderia contribuir para o retardo da fadiga e para o aumento da capacidade muscular de prolongar o trabalho (COSTILL et al., 1974; GOLNICK et al., 1972).

Em um interessante trabalho realizado por Terzis et al. (2008), foi encontrada correlação alta ($r = 0,70$; $p = 0,01$) entre o NMR a 70% de 1RM no *leg press e* o número de capilares por $mm^2$ da área de secção transversa do músculo vasto lateral de doze homens fisicamente ativos. O aumento da densidade capilar é uma adaptação a exercícios que requerem aumento da oferta de oxigênio para o músculo, assim como atividades predominantemente aeróbias (INGJER, 1979). Portanto, embora o estudo de Terzis et al. (2008) não tenha feito uma comparação com indivíduos treinados aerobiamente é provável que o fato de corredores terem a densidade capilar aumentada possa permitir que esse tipo de população tenha maior capacidade para prolongar o trabalho muscular.

Johansen e Quistoff (2003), utilizando espectroscopia por ressonância magnética nuclear, que é uma técnica de leitura do núcleo de fósforo $^{31}$P-MRS que está presente nos grupos fosfatos de alta energia como na adenosina trifosfato (ATP), no fósforo inorgânico (Pi) e na fosfocreatina (CrP), submeteram 18 homens divididos em três grupos de acordo com seus históricos de treinamento (velocistas, corredores de 10 km e fisicamente ativos) a uma tarefa de força constituída por quatro contrações isométricas máximas separadas por intervalos de recuperação de 60s. Foi observado que os velocistas obtiveram maiores valores de força máxima, no entanto, o índice de fadiga (pico de força relativo ao menor valor de força durante a contração) na quarta contração foi maior para esse grupo quando comparado aos

outros dois. Esses resultados foram acompanhados de maior quebra de fosfocreatina e *turnover* do ATP. Adicionalmente, a produção total de ATP via metabolismo anaeróbio e o custo da contração foram aproximadamente três vezes maiores para os velocistas. Em contrapartida, os corredores apresentaram ressíntese de ATP mais rápida que os outros dois grupos, sendo o único grupo que conseguiu restabelecer completamente os estoques de fosfocreatina nos intervalos de recuperação entre as contrações.

Os achados obtidos por Johansen e Quistoff (2003) dão suporte ao presente estudo e a outros estudos (DESGORCES et al., 2010; PAASUKE; ERELINE; GAPEYEVA, 1999) que demonstraram que os sujeitos treinados em força são menos resistentes à fadiga. Por outro lado, deve ser ressaltado que esse tipo de população produz níveis de força absoluta e relativa à massa corporal muito maiores quando comparado aos corredores, o que explica o efeito precoce da fadiga em relação a indivíduos treinados aerobiamente. Por exemplo, no presente estudo, a 80% de 1RM o GF realizou o exercício com média de carga absoluta de 198 kg (2,38 kg/kg de massa corporal), ao passo que o GA realizou o exercício com média de 130 kg (1,85 kg/kg de massa corporal). Assim, o NMR foi superior para o GA, embora com uma carga absoluta menor, o que resultou na equivalência entre grupos no que se refere ao volume total realizado nas quatro séries de meio agachamento, dado que não houve diferença no volume total realizado.

Por outro lado, Brown et al. (1990) não relataram diferenças no NMR em três séries no *leg press* entre corredores (77 ± 14 repetições) e levantadores de peso (80 ± 20 repetições). Por isso é necessário ter cautela ao afirmar que indivíduos treinados em força são menos resistentes à fadiga, principalmente porque isso parece não ocorrer quando estes são comparados a indivíduos sedentários/destreinados (PICK; BECKE, 2000; KRAEMER et al.,1999; SHIMANO et al., 2006). Kraemer et al. (1999) compararam o NMR a 80% de 1RM realizado no *leg press* em sete levantadores de peso olímpico (21 ± 2 repetições) e em doze homens destreinados (20 ± 6 repetições) e não encontraram diferença significante entre os grupos. Shimano et al. (2006) também não encontraram diferenças no NMR no agachamento e no supino a 60%, 80% e 90% de 1RM entre indivíduos treinados e não treinados em força, exceto a 90% de 1RM no supino, no qual destreinados realizaram mais repetições (6 ± 1 repetições) que os treinados (4 ±1 repetições). Pick e Becke (2000) demonstraram que indivíduos treinados em força realizaram

maior NMR (10 ± 1 repetições) que indivíduos destreinados (7 ± 1 repetições) em uma série de agachamento a 85% de 1RM. Além disso, nesse último estudo foi analisado o sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral e medial relativizado de acordo com o sinal obtido durante o teste de 1RM. O grupo de participantes treinados em força apresentou maior percentual de ativação relativa ao máximo (1RM), quando observada média dos grupamentos musculares (grupo força: 0,80 ± 0,03 mV; grupo destreinados: 0,66 ± 0,02 mV) sem antecipação da fadiga.

Adicionalmente, existem outros fatores que podem influenciar no NMR, tais como a composição do tipo de fibras (DOURIS et al., 2006; HAMADA et al., 2003), densidade capilar (TERZIS et al., 2008) e nível de força (PAULO et al., 2010).

Hamada et al. (2003) demonstraram a existência de relação entre fadiga e a proporção dos tipos de fibras, ao verificarem que o grupo de participantes com maior proporção de fibras do tipo II (71,8 ± 9,2%) teve maior diminuição da força na contração voluntária máxima no exercício de extensão de joelho após um protocolo para induzir a fadiga quando comparado ao grupo que apresentou maior proporção de fibra do tipo I (61,4 ± 6,9%). Paulo et al. (2010) demonstraram que indivíduos com menor nível de força máxima apresentaram mais resistência à fadiga em um exercício de potência. Ao realizarem 10 séries de 6 repetições a 60% de 1RM no exercício meio-agachamento, os indivíduos com menor nível de força apresentaram queda na potência absoluta apenas na sexta repetição e mantiveram o desempenho da potência relativa à massa corporal ao longo das 10 séries, enquanto o grupo de indivíduos com valores mais altos de força máxima diminuíram a potência absoluta a partir da quarta repetição e a potência relativa a partir da quinta repetição.

Outra variável muito importante relacionada ao NMR é a velocidade de execução, e o exercício que está sendo avaliado, pois é conhecido que existem diferenças no NMR de acordo com a velocidade realizada em uma mesma intensidade (SAKAMOTO; SINCLAIR., 2006), e que o NMR também pode diferir de acordo com o exercício que está sendo realizado (HOEGER et al., 1990; SHIMANO et al., 2006). Por fim, um fator que não pode ser descartado é a característica específica de cada modalidade, pois essas respostas podem ser consequência da especificidade do treinamento de cada modalidade, ou seja, essa resposta pode depender do tipo de treinamento que o atleta está realizando (resistência de força ou força máxima).

Essa grande quantidade de fatores que pode influenciar a resposta do NMR limita a comparação entre os estudos, e pode ser a causa de algumas divergências encontradas na literatura. Contudo, para o volume total absoluto e relativo não houve diferença significante entre os grupos quando observado os dados da situação controle e também das situações experimentais. Dessa maneira, os três grupos realizaram o mesmo trabalho total em quatro séries no meio-agachamento a 80% de 1RM. Logo, apesar do GA ter realizado NMR superior ao GF com uma mesma carga relativa ao máximo (80% 1RM), o volume absoluto e relativo foi equivalente entre os grupos, dado que o GF realizou as repetições com uma carga absoluta muito maior.

### 6.3 Magnitude e duração da interferência

Como citado anteriormente não houve efeito de interação entre os fatores grupo e intervalo, para NMR, volume absoluto e relativo, o que demonstra que os grupos não apresentaram diferença entre si com relação à duração e magnitude da interferência nos diferentes intervalos de recuperação analisados. No entanto, houve efeito do fator intervalo para todas as variáveis analisadas.

Ao observarmos os resultados obtidos para o volume absoluto, o efeito da interferência ocorreu após o intervalo de 30 minutos e perdurou por até 60 minutos, não estando presente após intervalos de recuperação de 4, 8 e 24 horas. Por sua vez, ao observarmos o NMR e o volume relativo o efeito da interferência ocorreu somente para o intervalo de 30 minutos não estando presente após intervalos de recuperação de 60 minutos, 4, 8 e 24 horas. Essa divergência pode ter ocorrido em função da dispersão dos valores de média e desvio padrão entre as variáveis analisadas, uma vez que o coeficiente de variação do volume absoluto (35,6%) foi ligeiramente menor que o coeficiente de variação do volume relativo (40,2%) e do NMR (42,1%).

Das pesquisas existentes na literatura foram encontrados somente três estudos que analisaram o efeito da duração da interferência (BENTLEY et al., 2000; LEVERITT; MACLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000; SPORER; WENGER 2003). Os resultados obtidos pelo presente estudo corroboram com o estudo de Leveritt, MacLaughlin e Abernethy (2000), no qual não foi encontrado efeito da interferência

após 8 horas de intervalo. Todavia não corrobora com os resultados obtidos por Sporer e Wenger (2003), que relataram interferência após 4 horas (- 25%) e 8 horas (- 9%) de intervalo ao analisarem o NMR. Tampouco corrobora o estudo de Bentley et al. (2000) que relataram queda da produção de força após 6 horas de intervalo (- 6%); no entanto, nesse estudo a força foi avaliada por meio da CVM, o que dificulta a comparação com os dados obtidos pelo presente estudo. Por sua vez, o estudo de Sporer e Wenger (2003) possui características similares as do presente estudo no que se refere ao histórico de treinamento dos participantes (atletas de diversas modalidades esportivas), à intensidade do exercício aeróbio (intermitente de alta intensidade), e à avaliação da força (4 séries de repetições máximas no *leg press*). Contudo, uma diferença evidente entre os trabalhos é o tipo de ergômetro utilizado no exercício aeróbio, pois no estudo de Sporer e Wenger (2003) e de Bentley et al. (2000) foi utilizado ciclocergômetro, ao passo que neste estudo foi utilizada esteira. Não existem estudos avaliando o impacto do tipo de ergômetro utilizado para a realização do exercício aeróbio sobre a produção de força subsequente. No entanto, Bjker, Groot e Holander (2002), compararam o sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral, bíceps femoral e gastrocnêmio em um grupo de homens fisicamente ativos durante testes de cargas constantes de seis minutos que variavam a carga externa, entre esteira e a bicicleta. Eles demonstraram que para o cicloergômetro a atividade eletromiográfica aumentou em relação ao aumento da carga externa, fato que não ocorreu quando os participantes se exercitaram na esteira, exceto para o músculo gastrocnêmio. Portanto, é provável que exercícios intermitentes de alta intensidade realizados em cicloergômetro requisitem maiores níveis de força.

Porém, a hipótese de que atividades aeróbias realizadas no cicloergômetro teriam maiores efeitos na produção de força de forma aguda contrapõe os achados de Gergley et al. (2009), que constataram que, de forma crônica, a corrida resultou em inibição dos ganhos de força em longo prazo. Contudo, esse estudo não utilizou um protocolo intermitente de alta intensidade, o que de fato pode ocasionar respostas diferentes em longo prazo (DOCHERTHY; SPORER, 2000).

Quanto à magnitude da interferência, após 30 minutos de intervalo a queda foi de 23% e após 60 minutos de 15%. Após 4 horas a interferência já não estava presente, portanto é provável que a queda no desempenho possa ter ocorrido antes de completar 4 horas de intervalo. Não foi encontrado nenhum estudo que tenha verificado o efeito do exercício intermitente de alta intensidade na resistência de

força com esses intervalos de recuperação (30 e 60 minutos). No entanto, Souza et al. (2007), utilizando protocolo de treinamento similar, reportaram queda de 27% da resistência de força realizada imediatamente após o exercício aeróbio em indivíduos fisicamente ativos. Ao observar os resultados de outros estudos que testaram o desempenho da força imediatamente após o exercício aeróbio podemos encontrar queda com variação de 4 até 40% (Quadro 1). Vale ressaltar mais uma vez que essas respostas podem variar em função de outros fatores que podem afetar a interferência aguda, fato que também limita a comparação da magnitude encontrada pelo presente estudo com outros estudos publicados.

Com relação aos possíveis mecanismos responsáveis pela queda na resistência de força após uma sessão de exercício predominantemente aeróbio, a maioria das pesquisas que objetivaram analisar a interferência aguda não realizou nenhuma outra medida concomitantemente para identificação de mecanismos potenciais (ABERNETHY, 1993; BENTLEY et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2007; SPORER; WENGER, 2003).

Alguns estudos tentaram associar a interferência com a concentração sanguínea de lactato, no entanto essa relação parece ser apenas casual, dado que existem evidências apontando efeito da interferência concomitantemente à concentração de lactato aumentada (LEVERITT; ABERNETHY, 1999a), ao passo que existem evidências que não relatam efeito da interferência concomitante à elevação da concentração de lactato (LEVERITT et al., 2000). Outros estudos tentaram verificar se o efeito da interferência estava associado à indisponibilidade de substrato energético e foi comprovado que a suplementação de carboidrato não foi capaz de atenuar o efeito da interferência (AOKI, et al., 2003), ao passo que a suplementação de creatina sim (GOMES; AOKI, 2005), indicando que a maior disponibilidade desse substrato parece ser um fator atenuador da interferência, ao mesmo tempo em que sua menor disponibilidade pode ser um dos mecanismos responsáveis pela interferência.

Também existem estudos que foram conduzidos com intuito de avaliar a função neuromuscular após exercício intermitente de alta intensidade. Por exemplo, Lattier et al. (2004) estudaram o efeito de 10 tiros de um minuto a 120% da velocidade máxima atingida em teste progressivo com 18% de inclinação na esteira, separados por dois minutos de recuperação passiva, na produção de força em um exercício de extensão de joelho (duas CVM) imediatamente, 45 e 65 minutos após a

corrida. Imediatamente após, 45 e 65 minutos após o exercício intermitente o pico de torque (40,8 ± 9,9; 43,9 ± 9,0; 52,5 ± 9,3Nm respectivamente) foi significantemente menor ($p < 0,05$) do que na situação pré-exercício (56,3 ± 8,8 Nm), sendo que após 65 minutos o pico de torque encontrava-se 7% diminuído e a amplitude do sinal eletromiográfico (RMS) do músculo vasto medial encontrava-se 44% aumentada em relação à situação pré-exercício.

Por sua vez, Billaut et al. (2006) submeteram 12 homens fisicamente ativos a um protocolo intermitente (10 estímulos *all out* de 6s na bicicleta, separados por 30s de recuperação passiva), sendo que antes e imediatamente após o exercício os participantes realizaram uma tarefa de força (quatro CVM de extensão de joelho com duração de 6s cada). Houve queda de 13% no torque gerado, concomitantemente ao aumento de 15% no RMS do vasto lateral e diminuição da frequência mediana.

Dado que o aumento da amplitude do sinal eletromiográfico é um indicativo de fadiga (ASCENÇÃO et al., 2003), observa-se que a eficiência mecânica foi prejudicada na situação na qual a atividade aeróbia foi realizada previamente, pois foi necessário um aumento do recrutamento de unidades motoras para realização da atividade de força. Assim, os estudos supracitados demonstraram modificações no padrão de recrutamento das unidades motoras após a realização de uma atividade intermitente de alta intensidade, porém essas modificações não foram capazes de impedir a queda da função neuromuscular.

Até o presente momento sabe-se que algumas variáveis fisiológicas podem estar aumentadas durante um período de tempo após o término de uma sessão de exercício de alta intensidade, assim como o consumo de oxigênio (LAFORGIA et al., 1997), a variabilidade da frequência cardíaca (MOUROT et al., 2004), a concentração de hormônios adrenérgicos como epinefina, norepinefrina (BRACKEN et al., 2009; TRAPP; CHISHOLM; BOUTCHER, 2007), e a concentração de lactato (LEVERITT; ABERNETHY, 1999a). Contudo, não é sabido como essas alterações podem interferir na diminuição do desempenho de força, o que indica a possibilidade novos estudos objetivando a identificação de mecanismos responsáveis pela interferência aguda.

Baseado nos resultados obtidos pelo presente estudo pode-se concluir que de fato a força está prejudicada após uma sessão aeróbia e que, embora não estejam claros os mecanismos responsáveis por esse efeito, é evidente que a interferência

aguda esteja associada a uma recuperação inapropriada da musculatura, dado que após intervalos mais longos o efeito da interferência parece ser eliminado.

## 7 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos pelo presente estudo pode-se concluir que:
(a) o desempenho em uma atividade de resistência de força envolvendo número máximo de repetições a 80% de 1RM no meio agachamento, quando precedida por uma atividade aeróbia intermitente de alta intensidade (um minuto de esforço separado por um minuto de recuperação passiva a 100% da velocidade máxima atingida em teste progressivo - totalizando 5 km) foi prejudicado quando comparado à situação na qual a atividade aeróbia não foi realizada, comprovando o efeito da interferência aguda;
(b) a queda do desempenho na atividade de resistência de força ocorreu com mesma magnitude e duração em todos os grupos analisados (aeróbio, força e concorrente), estando presente após 30 minutos (-23%) e 60 minutos de intervalo (-15%);
(c) após os intervalos de 4, 8 e 24 horas não foi verificado efeito da interferência aguda, indicando que um período de 4 horas após a realização de uma atividade aeróbia de alta intensidade foi suficiente para suprimir o efeito da interferência. No entanto, é possível que essa supressão possa ocorrer anteriormente ao período de 4 horas, uma vez que o desempenho não foi avaliado no intervalo entre 60 minutos e 4 horas.

## REFERENCIAS[1]

ABERNETHY, P. J. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.7, n.3, p.141-146, 1993.

AOKI, M. S. et al. Suplementação com carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de *endurance* sobre o subsequente desempenho de força. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.9, n.5, p.282-287, 2003.

ASCENÇÃO, A. et al. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.3, n.1, p.108-123, 2003.

BAKER, D. The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.15, n.2, p.172-177, 2001.

BALABINIS, C. P. et al. Early Phase Changes by Concurrent Endurance and Strength Training. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.17, n.2, p.393-401, 2003.

BELL, G. J. et al. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.81, p.418-427, 2000.

BENTLEY, D. J. et al. Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.81, p.297-302, 2000.

BERTUZZI, R. C. M.; RUMENIG-SOUZA, E. Resposta cinética do consumo de oxigênio: relação entre metabolismo aeróbio e ATP-CP. **Arquivos em Movimento,** Rio de Janeiro, v.5, 99-118.

BIJKER, K. E.; GROOT, G.; HOLLANDER, A. P. Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.87, p.556-561.

[1] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BILLAT, V. L. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, p.13-31, 2001.

BILLAUT, F. et al. Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.27, p.25-30, 2006.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D.J. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, London, v.1, p.307-310, 1986.

BRANSFORD, D. R.; HOWLEY, E. T. Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown , v. 9, p. 41-44, 1977.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Recomendações de procedimentos da sociedade Americana de fisiologia do exercício (ASEP) I: avaliação precisa da força e potência muscular. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília , v.11, n.4, p. 95-110, 2003.

BROWN, S. et al. Blood lactate response to weightlifting in endurance and weight trained men. **Journal of Applied Sports Science Research**, Lincoln, v.4, p.122-130, 1990.

CAIRNS, S. P. Lactic acid and exercise performance: culprit or friend? **Sports Medicine**, Auckland, v.36, n.4, p.279-291, 2006.

CAPUTO, F.; MELLO, M. T.; DENADAI, B. S. Oxygen Uptake Kinetics and Time to Exhaustion in Cycling and Running: a Comparison Between Trained and Untrained Subjects. **Archives of Physiology and Biochemistry**, Dublin, v. 111, p. 461-66, 2003.

CLARKSON, M. P.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine**, Baltimore, v.81, p.52–69, 2002.

CRAIG, B. W.; et al. Effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release **Journal of Applied Sport Science Research,** Lincoln, v.5, n.4, p.198-203, 1991.

CHRISTMASS, M. A. et al. A Comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained and continuous intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.80, p.423-435, 1999.

COSTILL, D.L. et al. Adaptations in skeletal muscle following strength training. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, p.96-99, 1979.

COYLE, E. F. Carbohydrate feeding during exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.13, p.126-8, 1992.

DENADAI, B. S. et al. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. **Isokinetics Exercise Science,** Amsterdam, v.15, p.281-285, 2007.

DENADAI, B. S.; CORVINO, R. B.; GRECO, C. C. Effect of a previous high intensity running exercise on isokinetic muscular strength in individuals with different training backgrounds. **Isokinetics Exercise Science,** Amsterdam, v.18, p.15-21, 2010.

DESGORCES, F. D. et al. Local muscular endurance and prediction of 1 repetition maximum for bench press in 4 athletic populations. **Journal of strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.24, p.394-400, 2010.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. **Sports Medicine,** Auckland**,** v.30, n.6, p.385-394, 2000.

DOURIS, P. C. et al. The relationship between maximal repetition performance and muscle fiber type as estimated by noninvasive technique in the quadriceps of untrained women**. Journal of strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.20, p.699-703, 2006.

DUDLEY, G. A.; DJAMIL, R. Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. **Journal of Applied Physiology,** Bethesda, v.59, p.1446-1451, 1985.

DUPONT G. et al. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg v. 95, p. 27-34, 2005.

DUPONT G. et al. Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg v.110, p.627-634, 2010.

FOLLAND, P. J.; WILLIAMS, A. G.; The adaptations to strength training. Morphological and neurological contributions to increase strength. **Sports Medicine**, Auckland, v,37, n.2, 145-168, 2007.

GÁRCIA-PALLARÉS, J. et al. Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.106, p.629-38, 2009.

GARRANDES, F. et al. Neuromuscular fatigue profile in endurance-trained and power-trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown, v.39, p.149-158, 2007.

GERGLEY, J. C. Comparison of two lower-body modes of endurance training on lower-body strength development while concurrently training **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.23, n.3, p.979-987, 2009.

GOMES, R. V.; AOKI, M. S. Suplementação de creatina anula o efeito adverso do exercício de *endurance* sobre o subseqüente desempenho de força. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.11, n.2, 131-134, 2005.

GOMEZ, A. L. et al. The effects of a 10-kilometer run on muscle strength and power. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.16, n.2, p.184-191, 2002.

HAKKINEN, K. et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.89, n.1, p.42-52, 2003.

HASKELL, W. L. et al. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown, v.39, p.1423–34, 2007.

HAMADA, T. et al. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. **Acta Phsiologica Scandinavica**, Oxford, v.178, p.165-173.

HAMILTON, A. L. et al. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and game players. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 9, p.371-382, 1991.

HENNESSY, L. C.; WATSON, A. W. S. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.8, n.1 p.12-19, 1994.

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. **European Journal of Applied Physiology,** Heidelberg, v.45, p.255-263, 1980.

HOEGER, W. W. K. et al. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. **Journal of Applied Sports Science Research.** Lincoln, v.4, p.47-54, 1990.

HOLLOSZY, J. O.; COYLE, E. F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.56, p.831-838, 1984.

HOPKINS, W.G (2000). A New View of Statistics, http://newstatsi.org. Acessado em 10 de Dezembro de 2011.

HUNTER, G. R.; DEMMENT, R.; MILLER, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.27, n.3, p.269-275, 1987.

GOLLNICK, P. D. et al. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.33,p. 312-319, 1972.

INGJER, F. Capillary supply and mitochondrial content of different skeletal muscle fiber types in untrained and endurance trained men. A histochemical and structural study. **European Journal Physiology**, Berlin, v.40, p.197-209, 1979.

JOHANSEN, L; QUISTORFF, B. $^{31}$P-MRS Characterization of sprint and endurance trained athletes. **International Journal Sports Medicine**, v.24, p.183-189, 2003.

KEMP, G. Lactate accumulation, proton buffering, and pH change in ischemically exercising muscle. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v.289, p.895-901, 2005.

KEMP, G. et al. Explaining pH change in exercising muscle: lactic acid, proton consumption, and buffering vs. strong ion difference. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v.291, p.235-237, 2005.

KNICKER, A. J. et al. Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. **Sports Medicine.** Auckland v.41, p. 307-328, 2011.

KRAEMER, W. J. et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. **Journal of Applied Physiology,** Bethesda**,** v.78, n.3, p. 976-989, 1995.

KRAEMER, J. W. et al. Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. **Canadian Journal of Applied Physiology,** Champaign, v.24, p.524-537, 1999.

LAFORGIA, J. R. et al. Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running. **Journal of Applied Physiology,** Bethesda**,** v.82, p.661–666, 1997.

LATTIER, G.; MILLET, G.Y.; MARTIN, A.; MARTIN, V. Fatigue and recovery after high intensity exercise. Part II: recovery interventions. **International Journal Sports Medicine**, Stuttgart, v.25, p.509-515, 2004.

LEPERS, R. et al. Neuromuscular fatigue following constant versus variable-intensity endurance cycling in triathletes. **Journal of science and medicine in sport**, Belconnen, v.8, n.11, p.381 – 389, 2008.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J. Acute effects of high intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.13, n.1, p.47-51, 1999a.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. Effects of carbohydrate restriction on strength performance. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.13, n.1, p.52-57, 1999b.

LEVERITT, M. et al. Concurrent strength and endurance training: a review. **Sports Medicine,** Auckland, v.28, n.6, p.413-427, 1999.

LEVERITT, M.; MacLAUGHLIN, H.; ABERNETHY, P.J. Changes in leg strength 8 and 32 h after endurance exercise. **Journal of Sports Sciences**, London, v.18, p.865-871, 2000.

LEVERITT, M. et al. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.17, n.3 p.503-508, 2003.

MAcDOUGALL, J.D. et al. Substrate utilization during weightlifting. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown, v.20, p.S66, 1988.

MAcDOUGALL, J.D.; RAY, S.; SALE, D.G. Muscle substrate utilization and lactate production during weightlifting. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, v.76, p.1654-60, 1999.

MACPHERSON, R. E. K. et al. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hargerstown, v.43, n.1, p.115-122, 2011.

MAIA, J. A. R. et al. Uma nota didáctica breve no uso esclarecido de procedimentos estatísticos em análise de dados repetidos no tempo. Um estudo guiado para investigadores das Ciências do Desporto. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.4, n.3, p.115–133, 2004.

McCARTHY, J.P.; POZNIAK, M. A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown, v.34, n.3, p.511-518, 2002.

MILLET, G.Y.; VLECK, V.E.; BENTLEY, D.J. Physiological differences between cycling and running. **Sports Medicine**, Auckland, v,39, n.3, p.179-206, 2009.

MILLET, G.Y.; LEPERS, R. Alterations of Neuromuscular Function After Prolonged Running, Cycling and Skiing Exercises. **Sports Medicine,** Auckland, v.34, n.2, p.105-116, 2004.

MOUROT. L. et al. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. **European Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.92,p. 508–517, 2004.

NADER, G.A. Concurrent Strength and Endurance Training: From Molecules to Man. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Hagerstown, v.38, n.11, p.1965-1970, 2006.

NELSON, A.G. et al. Consequences of combining strength and endurance training regimens. **Physical Therapy**, Alexandria, v.70, n.5, p.287-294, 1990.

NUMMELA, A. T. et al. Fatigue during a 5-km Running Time Trial. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, p.738–745, 2008.

OLIVEIRA, A. S. C. et al. Heavy-intensity aerobic exercise affects the isokinetic torque and functional but not conventional hamstrings: quadriceps ratio. **Journal of Electromyography and Kinesiology,** New York, v.19, p.1079-1084, 2009.

PAASUKE, M.; ERELINE, J.; GAPEYEVA, H. Neuromuscular fatigue during repeated exhaustive submaximal static contractions of knee extensor muscles in endurance-trained, power-trained and untrained men. **Acta Physiologica Scandinavica,** Oxford, v.166, p.319-326, 1999.

PANISSA, V. L .G. et al. Exercício concorrente: análise do efeito agudo da ordem de execução sobre o gasto energético total. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.15, p. 127-131, 2009.

PAULO, A. C. et al. Influência do nível de força máxima na produção e manutenção da potência. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.16, p.422-426, 2010

PICK, J.; BECQUE, D. The relationship between training status and intensity on muscle activation and relative submaximal lifting capacity during the back squat. **Journal of Strength and Condiotining Research,** Colorado Springs, v. 14, p.175-181, 2000.

RADDI, L.L.O. et al. Treino de corrida não interfere no desempenho de força de membros superiores. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.14, n.6, 544-547, 2008.

REILLY, T.; MORRIS, T.; WHYTE, G. The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. **Journal of Sports Sciences,** London**,** v.27, n.6, p.575-589, 2009.

ROBERGS, R.A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v.287, n.3, p.502-516, 2004.

RUAS, V. D. A. et al. Efeito do exercício aeróbio prévio realizado em diferentes cadências de pedalada sobre a força muscular aguda. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, São Paulo, v.29, n.1, p.163-176, 2007.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. **Journal of Strength Conditioning Research,** Colorado Springs, v.20, p.523-527, 2006.

SALE, D. G. et al. Interaction between concurrent strength and endurance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, p.260-70, 1990.

SHIMANO, T. et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. **Journal of Strength Conditioning Research,** Colorado Springs, v.20, p.819-823, 2006.

ŠKOF, B.; STROJNIK, V. Neuromuscular fatigue and recovery dynamics following prolonged continuous run at anaerobic threshold. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.40, 219-222, 2006.

SOUZA, E. O. et al. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v.21, n.4, p.1286-1290, 2007.

SPORER, B. C.; WENGER, H. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v.17, n.4, p.638-644, 2003.

TABATA, I. et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.29, p.390-395, 1997.

TAN, B. Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v.13, n.3, p.289-304, 1999.

TOMLIN, D. L.; WENGER, H. A. The relationship between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v.5, p.194-203, 2002.

TRAPP, E. G.; D. J. CHISHOLM, D. J.; BOUTCHER, S. H. Metabolic response of trained and untrained women during high intensity intermittent cycle exercise. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 293, p. 2370–2375, 2007.

TREMBLAY, A.; SIMONEAU, J. A.; BOUCHARD, C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. **Metabolism**, New York, v.43,p. 814–818, 1994.

TERZIS, G. et al. Fyber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. **Journal of strength and Condiotining Research,** Colorado Springs, v.22, p.845-850, 2008.

THEUREL, J.; LEPERS, R. Neuromuscular fatigue is greater following highly variable versus constant intensity endurance cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research,** Colorado Springs, v,103, p.461 – 468, 2008.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. Métodos de pesquisa em atividade física. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

YOSHIDA, T. The rate of phosphocreatine hydrolysis and resynthesis in exercise muscle in humans using 31P-MRS. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, Tokyo, v. 21, n.5, p. 247-255, 2002.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** New Jersey, Prentice Hall, 1999.

ZORY, R. et al. Thigh muscles responses caused by a single combined aerobic and resistance training session healthy young men. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.31, n.5, 311-318, 2010.