

**FLÁVIA DE LIMA**



**EXERCÍCIO RESISTIDO E EPOC**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA  
2014**

**FLÁVIA DE LIMA**

**EXERCÍCIO RESISTIDO E EPOC**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. ORINTADOR: DR. PEDRO JORGE CORTE MORALES.

**CURITIBA  
2014**

Dedico este trabalho a incentivadora dos meus sonhos, a pessoa que está ao meu lado em todos os momentos, minha mãe.

## RESUMO

O aumento do gasto energético com a atividade física é reconhecido como um importante coadjuvante em programas de redução de massa corporal. Porém, o impacto do exercício contra-resistência, incluindo o consumo de oxigênio em excesso pós-exercício sobre o gasto energético ainda é questionável. O objetivo desta revisão foi discutir a influência das variáveis do exercício contra-resistência (intensidade, volume, velocidade de execução) sobre o gasto energético após a sessão de exercícios. Foi utilizada, como metodologia, o levantamento bibliográfico através da leitura de artigos referenciados nos principais bancos de dados oficiais. O resultado da análise dos estudos é de que a intensidade é a variável que mais influencia para um maior EPOC. Concluindo, a literatura aponta que a periodização de um treinamento que possa maximizar tanto o EPOC quanto a TMR podem ser importantes fatores para o emagrecimento e, embora, o custo energético dessas variáveis em uma sessão de exercícios se mostre pequeno, em longo prazo poderá ser bastante significativo. No entanto, novos estudos deverão ser realizados com o intuito de confirmar essas evidências.

Palavras chaves: EPOC, consumo excessivo de oxigênio, exercício de resistência.

## ABSTRACT

The increase in energy expenditure through physical activity is recognized as an important component in reducing body programs. However, the impact of resistance exercises, including oxygen consumption in excess post-exercise on energy expenditure is still questionable. The objective of this review was to discuss the influence of the variables of resistance exercises (intensity, volume, speed of execution) on energy expenditure after exercise session. The literature survey was used as a methodology, by reading articles referenced in the main official databases. The analysis result of the studies is that the intensity is the variable that most influence to a greater EPOC. In conclusion, the literature indicates that the periodization of training that can maximize both the EPOC as TMR may be important factors in weight loss and although the energy cost of these variables in a workout proves little in the long run may be quite significant. However, new studies should be performed in order to confirm this evidence.

Key words: EPOC, excessive oxygen consumption, resistance exercise.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
<b>3. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>10</b>
3.1 EPOC.....	10
3.2 INTENSIDADE DE TREINAMENTO.....	11
3.3 VOLUME DE TREINAMENTO.....	14
3.4 VELOCIDADE DA CONTRAÇÃO.....	15
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade é um dos principais problemas de saúde pública da atualidade e que está em crescente prevalência no Brasil e em várias partes do mundo. Embora a obesidade esteja relacionada a diversas causas, como as genéticas, fisiológicas, metabólicas, ambientais, emocionais e culturais, toda a atenção dada no sentido de aumentar o gasto energético diário total é de grande valia.

Programas de exercício, juntamente com o controle da dieta, têm sido utilizados para a manutenção da saúde e na tentativa de prevenir ou combater a obesidade. A atividade física promove o aumento do gasto energético total tanto de forma aguda quanto de forma crônica. Segundo Foureaux, 2006, a forma é condizente gasto energético durante a realização do exercício e durante a fase de recuperação; já a segunda condição refere-se as alterações da taxa metabólica de repouso – TMR.

No que se diz respeito ao efeito agudo, após o término do exercício, o consumo de O<sub>2</sub> não retorna aos valores de repouso imediatamente. “Essa demanda energética durante o período de recuperação é conhecida como consumo excessivo de oxigênio após o exercício, ou ainda, excess postexercise oxygen consumption – EPOC.” (FOUREAUX, 2006 pq. 394).

O consumo de oxigênio guarda relação direta com o gasto energético, ou seja, considera-se que a cada litro de oxigênio consumido, aproximadamente 5 kcal são geradas no organismo. Vários trabalhos têm analisado a contribuição do EPOC em programas de emagrecimento, visto que este demanda uma energia extra além da prevista na atividade física. Além do EPOC, a taxa metabólica de repouso (TMR) também está relacionada a programas de redução ponderal.

“A TMR é definida como o gasto energético necessário a manutenção dos processos fisiológicos no estado pós-absortivo, chegando a compreender até 60-70% do gasto energético total, dependendo do nível de atividade física” (FOUREAUX, 2006 pg. 394).

Ao contrário dos exercícios aeróbios, a contribuição do exercício contra-resistência (ECR) com o objetivo da perda de peso ainda é bastante questionável, sobretudo pelo baixo gasto energético que parece propiciar. Entretanto, há indícios de que o ECR gera um maior consumo de O<sub>2</sub> após a atividade.

De fato, ainda não é possível indicar qual estratégia de ECR produziria maior magnitude e/ou duração de um gasto calórico superior ao do repouso, o que seria evidentemente interessante no contexto de programas de emagrecimento. Assim, o objetivo da presente revisão foi esclarecer o impacto das diversas variáveis do exercício contra -resistência – intensidade, volume e velocidade de execução no que diz respeito à magnitude e duração do EPOC, bem como discutir o efeito do exercício na TMR.

## 2 METODOLOGIA

Foi conduzida uma pesquisa bibliográfica com base em livros e artigos publicados a partir de 2000. De acordo com Cervo (2010), a pesquisa bibliográfica é aquela que procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Gil (2010) complementa que esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos esportivos. O levantamento dos artigos foi realizado através da busca eletrônica nas bases de indexação Medline, Liliacs e Scielo, utilizando as seguintes palavras chaves: EPOC, consumo excessivo de oxigênio, gasto energético, exercício de resistência, pós exercício, assim como os termos equivalentes em inglês.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 EPOC

Durante a recuperação após um exercício, a demanda de energia é consideravelmente menor porque o exercício já cessou. Entretanto, o consumo de oxigênio não retorna imediatamente aos valores de repouso após o esforço. De acordo com Douglas (2006) verifica-se como dívida ou débito de oxigênio quando o exercício muscular alcança certo grau de intensidade. Segundo Silva (2010) esse consumo extra de oxigênio seria utilizado para compensar o déficit de oxigênio, por isso foi chamado nos primeiros estudos de débito de oxigênio. Posteriormente, tornou-se mais apropriado chamá-lo de consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC, do termo em inglês *excess post-exercise oxygen consumption*). De acordo com Porto (2011, pg. 45),

O consumo de oxigênio permanece elevado porque o esforço físico provoca a perda da homeostase, alterações da temperatura, da concentração de íons e de substratos. Esses desequilíbrios exigem esforços maiores dos sistemas fisiológicos (cardiovasculares, respiratórios e endócrinos e outros), fazendo com que consumam mais oxigênio.

Foss (2000) coloca que a evolução temporal do consumo de oxigênio após um exercício exaustivo diminui exponencialmente. Isso quer dizer que o ritmo com que o oxigênio é consumido não é constante durante todo o período de recuperação. É reconhecido que há um componente rápido e um prolongado. “O primeiro, dura no máximo alguns minutos, relaciona-se, à elevação das concentrações sanguíneas de lactato e à refosforilação da creatina muscular. O segundo relaciona-se principalmente à magnitude de ativação do metabolismo anaeróbio durante o exercício” (MEIRELLES, 2004).

Segundo Matsuura (2006), três componentes do EPOC foram identificados:

- a) O componente rápido, com duração de 10 segundos a alguns minutos.
- b) O lento, que pode durar várias horas, dependendo do grau de distúrbio a homeostase causado pela atividade.
- c) O ultralento, observado pela taxa metabólica em valores elevados por até 48 horas após o exercício.

O EPOC é encontrado após atividades aeróbicas e também anaeróbicas. Há indícios que o exercício resistido produza maior EPOC. Há dois fatores que têm sido atribuídos a este fato:

O primeiro fator refere-se às respostas hormonais que podem alterar o metabolismo, especificamente catecolaminas, cortisol e GH. O segundo refere-se ao dano tecidual acompanhado do estímulo para a hipertrofia tecidual, pois a síntese de proteína é diminuída durante o exercício em si, mas após o exercício existe um fenômeno compensatório, em que o turnover de proteína parece ser estimulado. Além disso, o processo de síntese de proteína exige alta demanda energética (6 ATP por mol de peptídeo formado). Esse mecanismo pode também contribuir para uma longa estimulação do gasto energético após o exercício. (FOUREAUX, 2006 pg. 395).

“As causas do EPOC como resultado de exercício intenso podem ser:

- Ressíntese de ATP e CP;
- Ressíntese de lactato para glicogênio;
- Oxidação de lactato no metabolismo energético;
- Restauração do oxigênio no sangue;
- Efeitos termogênicos da temperatura central elevada;
- Efeitos termogênicos dos hormônios, particularmente das catecolaminas, adrenalina e noradrenalina;
- Efeitos da frequência cardíaca elevada, ventilação e outros níveis elevados da função fisiológica; ”

(FREITAS apud McARDLE, 1998)

### 3.2 INTENSIDADE DE TREINAMENTO

Thornton e Potteiger (2002 *apud* MEIRELLES, 2004) observaram que o EPOC parece ser influenciado pela intensidade, principalmente no componente rápido, quando relacionaram a maior concentração plasmática de lactato em um grupo que realizou exercício de resistência intenso. Com a finalidade de investigar os efeitos da intensidade sobre o EPOC, Os pesquisadores testaram 14 mulheres jovens treinadas em duas condições de exercícios contra-resistência de igual volume e mesmo intervalo de recuperação entre séries. Os autores verificaram que o

EPOC, medido durante 2 horas, foi significativamente maior no grupo submetido à atividade de alta intensidade (2,2 L O<sub>2</sub>, 23min, 8 reps a 85% de 8RM) ao do grupo baixa intensidade (1,1 L O<sub>2</sub>, 26min, 15 reps a 45% de 8RM).

Contrariando os achados, Olds e Abernathy (1993, apud ALMEIDA, 2011) realizaram o primeiro trabalho utilizando séries de diferentes intensidades, mas de mesma tonelagem. “Não foram observadas diferenças significativas no EPOC entre a sessão de alta intensidade (12 repetições a 75% de 1RM) e baixa intensidade (15 repetições a 60% de 1RM)” (ALMEIDA, 2011 p. 135). Porém, este estudo apresentou algumas limitações. Segundo (MATSUURA, 2006 p. 735) estão dentre elas: “ampla faixa etária (22 a 55 anos), diferenças interindividuais na duração (1 a 5h) e magnitude (27 a 137 kcal) do EPOC”. Os primeiros minutos após o exercício, quando o EPOC é mais elevado, não foram medidos.

A principal semelhança dos estudos citados acima é de que todos executaram a sessão de baixa intensidade (i.e. RML) de forma subestimada, ou seja, os estímulos de volume e intensidade foram inferiores aos indicados para ganhos em RML. Thornton e Potteiger executaram a sessão de baixa intensidade (RML) a 45% de 8RMs, o que equivale a aproximadamente 35% de 1RM, valor abaixo do recomendado.

Meirelles e Gomes (2004) também têm demonstrado que exercícios de alta intensidade produzem maior elevação no EPOC do que exercícios de menor intensidade, devido ao fato dos primeiros causarem maior estresse metabólico, sendo necessário então, maior gasto de energia para retornar à homeostase. Essa ideia é comprovada também por Imamura *et al.* (2004, apud PORTO, 2011), “que demonstraram ser o EPOC relativamente curto após exercícios de intensidade e duração moderada, ou seja, menor que 70% do VO<sub>2</sub> Máx. e de menos que 60 min”. Por outro lado, quando o exercício é mais prolongado (acima de uma hora) e mais aeróbio, pode causar um EPOC mais prolongado. Nesse caso, os sistemas fisiológicos estabelecem uma condição de estado estável após os primeiros minutos de esforço e adaptações hemodinâmicas e metabólicas agudas, porém, o tempo inicial para adaptação provoca uma “dívida de oxigênio” que só poderá ser paga após o final do exercício.

Portanto, quanto mais prolongado e mais intenso for o exercício, maior desequilíbrio provocado, maior a dívida de oxigênio e por mais tempo seu consumo permanece elevado durante a recuperação. “Por isso, exercícios praticados ao longo

de duas horas ou mais, em intensidade entre os limites de moderada e alta, fazem com que o gasto energético e, obviamente, o consumo de oxigênio voltem ao valor de repouso apenas depois de 20 horas ou mais” (LeCHEMINANT *et al.*, 2008 apud PORTO, 2011). O EPOC prolongado pode ser considerado uma vantagem para indivíduos que buscam aumentar seu gasto energético, porém para que o indivíduo realize uma sessão de exercício prolongada com intensidade limite entre aerobiose e anaerobiose deve estar muito bem condicionado fisicamente, o que não é encontrado na população acima do peso.

O estudo de LaForgia e colaboradores (1997, *apud* SILVA, 2010) comparou a magnitude do EPOC durante nove horas após 30 minutos de exercício a 70% do  $VO_{2máx}$  e após 20 séries de exercícios, com um minuto de duração cada, realizados a 10% do  $VO_{2máx}$  e com 2 minutos de recuperação entre as séries. Os autores verificaram, após o exercício intenso, valores de EPOC duas vezes maiores do que aqueles verificados após o exercício moderado (15,0 vs 6,9).

Outro estudo de avaliação do EPOC após exercício de resistência foi realizado com uma sessão constituída de três exercícios com quatro séries de 10 RM. “Foi observado que o consumo de oxigênio permaneceu elevado por até 38 h e que, nas 48 h após a sessão de exercício, o consumo de oxigênio foi, em média, 0,66 mL  $O_2.kg^{-1}.min^{-1}$  superior ao consumo de repouso, equivalente a um aumento de 20% no metabolismo” (SCHUENKE *et al.*, 2002 apud PORTO, 2011). Dessa forma, fica bem estabelecido que a intensidade é de grande influência na magnitude e duração do EPOC, podendo se estender até 48 h após o final do exercício e representar aumento de até 20% da taxa metabólica de repouso. Matsuura (2006) afirma que “para um homem de 70 kg, representaria um adicional de 330 kcal por dia, o que sugere que a energia necessária para a recuperação de uma sessão de ECR pode ter uma contribuição positiva significativa em programas de controle de peso”.

É reconhecido que o intervalo de recuperação entre séries é uma das variáveis que determina a intensidade do exercício contra-resistência. O intervalo de recuperação em qualquer tipo de exercício físico é inversamente proporcional a intensidade do mesmo, ou seja, um período mais curto de recuperação significa aumento do estresse induzido pelo exercício de forma similar a um aumento de carga. Por outro lado, seu efeito sobre o EPOC tem sido pouco estudado. Foram encontrados apenas dois artigos que investigaram sobre esse assunto.

Um estudo feito por Hantom et al.(1999, *apud* MEIRELLES, 2004), acompanhou sete homens saudáveis em dois circuitos de treinamento de peso, envolvendo duas séries de oito exercícios realizados a 75% de 20RM, porém com diferentes intervalos de recuperação, 20 e 60 segundos. Os resultado revelaram que a magnitude do EPOC foi significativamente maior no protocolo com menor intervalo de recuperação (51 vs 37Kcal), mas a duração em ambos os casos ficou em torno de 60 minutos. Vale destacar que os autores limitaram-se em medir o EPOC por tempo determinado (60 minutos). Neto (2009) complementa que, assim, “pode-se cogitar que se houvesse continuidade da medida, a magnitude e a duração do EPOC poderiam ter sido maiores.”

Ratamess *et al.* (2007, *apud* NETO, 2009) testaram diferentes intervalos de recuperação sobre o gasto calórico após o ECR em duas intensidades de treinamento (75% e 85% de 1RM). Os intervalos de recuperação testados foram de 30s, 1 min, 2 min, 3 min e 5 min para cada intensidade, no exercício supino reto. A combinação de 85% de 1RM e intervalo de 30s produziu a maior magnitude do EPOC (55,9kcal), em comparação com os intervalos de recuperação maiores [2 min: 41,3kcal; 5 min: 46,7kcal;  $p < 0,05$ ]. A mesma tendência foi observada para o exercício realizado com 75% de 1RM [30s: 51,8kcal; 3 min: 45,8kcal; 5 min: 44,5kcal;  $p < 0,05$ ]. Ratamess *et al.*(17) também utilizaram tempo fixo para o observar o EPOC (30 min), interrompendo a medida antes que seus valores retornassem a linha de base.

### 3.3 VOLUME DE TREINAMENTO

Quanto ao volume de treinamento, há um estudo de Haddock e Wilkin (2006, *apud*, PINTO, 2011) que comparou em mulheres treinadas o EPOC decorrente de protocolos de mesma intensidade (8RM), porém diferentes volumes (1 e 3 series). Neste caso, os resultados mostraram que “o aumento do volume de exercício aumenta o DE durante o mesmo, porém não altera o EPOC avaliado por 120min (1 serie = 4.42, e 3 series = 4.46 L O<sub>2</sub> ), o que não foi justificado pelos autores”.

Segundo Silva (2008, pg. 311)

exercícios de intensidade inferior a aproximadamente 50% do VO<sub>2</sub>máx, o EPOC tem uma menor amplitude (~5,7 litros) e duração (~3,3 h), mesmo quando realizado por um tempo prolongado (80 minutos). Apenas o

exercício prolongado (80 minutos), realizado em uma intensidade elevada (75% do VO<sub>2</sub>máx), gera um EPOC duradouro (~10 h) e amplo (~30 litros).

### 3.4 VELOCIDADE DA CONTRAÇÃO

Em relação a velocidade de contração, foi encontrado apenas um estudo de Hunter *et al.*(2003, apud NETO, 2009) que fizeram a comparação da resposta metabólica do ECR realizado em velocidade de contração tradicional [duas séries de oito repetições de 10 exercícios com 65% de 1RM, velocidade de execução de um 1s para a fase concêntrica e excêntrica, além de um minuto de intervalo de recuperação] e *super slow* [duas series de oito repetições com 25% de 1RM, velocidade de execução de 10s para a fase concêntrica e 5s para a fase excêntrica, com mesmo intervalo e numero de exercícios. Verificou-se que o EPOC foi significativamente maior para a sessão com velocidade tradicional (41kcal vs 33,5 kcal em 15 minutos de duração). “Esses valores podem ter sido motivados pela baixa intensidade no ECR feito em *super slow* (25% de 1RM), o que ratificaria a possibilidade de a intensidade ser fator prevalente para maior EPOC” (HUNTER *et al.* 2003, apud NETO, 2009).

#### 4 CONCLUSÕES

A análise dos estudos disponíveis sobre a influência das variáveis de prescrição do treinamento com ECR sobre o EPOC indica que ainda persistem muitas lacunas merecedoras de esforço investigativo. O que se pode observar nos artigos encontrados é que o volume total de trabalho acarreta maior gasto energético durante a execução da atividade, já o consumo excessivo de oxigênio após o exercício é fortemente afetado pela intensidade, pois sessões de exercícios mais intensos acarretam um maior distúrbio a homeostase. Porém, ainda não é possível determinar o melhor protocolo de exercícios para aumento substancial do gasto energético visando o público com obesidade.

Torna-se relevante estabelecer a importância de características individuais, tais como estado nutricional, idade, gênero, composição corporal e nível de condicionamento físico nos resultados observados. Sugere-se, então, que os novos trabalhos busquem controlar tais variáveis para que possam contribuir verdadeiramente no avanço do conhecimento sobre o impacto de cada uma delas sobre o gasto energético decorrente da atividade contra-resistência.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. P. V. Consumo de oxigênio de recuperação em resposta a duas sessões de treinamento de força com diferentes intensidades. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 17, n 2, 2011.
- CERVO, A. L. **Metodologia científica**. 5 edição. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- DOUGLAS, C. R. **Fisiologia aplicada a nutrição**. 2 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- FOSS, M. L. Bases fisiológicas do exercício e do esporte. Rio de Janeiro. Editora Guanabara, 2000.
- FOUREAUX, G. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 12, n 6, 2006.
- FREITAS, A. L. Consumo excessivo de oxigênio após atividade física – EPOC: uma breve explanação. **Universitas Ciências da Saúde**. Vol.02, n. 02 – PP. 291-306.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- LIRA, F. S. Consumo de oxigênio pós-exercícios de força e aeróbio: efeito da ordem de execução. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 13, n 6, 2007.
- MATSUURA, C. Gasto energético e consumo de oxigênio pós exercício contra resistência. **Revista de Nutrição de Campinas**. 19(6): 729-740, Nov/dez., 2006.
- MEIRELLES, C. M. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisando o impacto das principais variáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 10, n 2, Mar/Abr 2004.
- NETO, A. G. C. Influência das variáveis do treinamento contra-resistência sobre o consumo de oxigênio em excesso após o exercício: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 15, n 1, Jan/Fev 2009.
- NETO, A. G. C. Consumo de oxigênio após exercício resistido: uma abordagem crítica sobre os fatores determinantes de sua magnitude e duração. **Brazilian Journal of Biomotricity**. Vol. 3, n 2, p. 96-110, 2009.
- PINTO, R. S. Respostas metabólicas ao treinamento de força: uma ênfase no dispêndio energético. **Revista Brasileira de Cineantropometria e desempenho Humano**. 13 (2): 150-157, 2011.
- PORTO, R. M. Consumo extra de oxigênio após exercícios aquáticos em cicloergometro e de resistência. **Colloquium Vitae**. Jul/dez 2011.

SILVA, A. E. L. Metabolismo lipídico e gasto energético durante o exercício. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. 10(3):308-312, 2008.

SILVA, A. E. L. Excesso de oxigênio consumido pós esforço: possíveis mecanismos fisiológicos. **Revista da Educação física**. V.21, n. 3, p. 563-575, 3. Trim. 2010.