

PAULA GUEDES COCATE

**EFEITO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NO
METABOLISMO ENERGÉTICO EM CICLISTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL**

2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C659e
2007
Cocate, Paula Guedes, 1983-
Efeito do índice glicêmico dos alimentos no metabolismo
energético em ciclistas / Paula Guedes Cocate. – Viçosa,
MG, 2007.

xi, 140f. : il. ; 29cm.

Orientador: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Metabolismo energético. 2. Índice glicêmico.
3. Carboidratos na nutrição humana. 4. Atletas - Nutrição.
5. Exercícios físicos - Aspectos fisiológicos. 6. Composi-
ção corporal. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 612.39

PAULA GUEDES COCATE

**EFEITO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NO
METABOLISMO ENERGÉTICO EM CICLISTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 8 de outubro de 2007

Prof^o. João Carlos Bouzas Marins
(Co-orientador)

Prof^a. Josefina Bressan
(Co-orientadora)

Prof^a. Eliane Lopes Rosado

Prof^a. Sônia Machado Rocha Ribeiro

Profa. Rita de Cássia Gonçalves Alfenas
(Orientadora)

Dedico aos
meus pais, Paulo e Déborah,
aos meus irmãos, Laura e Emílio
e a minha querida orientadora, Rita,
e ao meu co-orientador, João,
por fazerem tudo isso valer a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi ele que me deu forças para percorrer este caminho e fez com que cada obstáculo fosse um momento de crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais, que sempre prezaram pela minha educação, incentivando em todos os momentos desta jornada com atos de carinho, dedicação, amparo, persistência, conselhos e acima de tudo com um amor incondicional.

Aos meus irmãos, pela amizade, compreensão pelas ausências e carinho de todas as horas.

Aos meus tios, tias, primos, primas, vovó Maria e vovó Lourdes (in memória) pelo incentivo e por acreditarem nesta conquista tão desejada.

À minha querida orientadora Rita que desde o primeiro encontro esteve presente a cada segundo da minha vida, acreditando no meu potencial, dando-me força para o seguimento desta jornada, ensinando-me todos seus conhecimentos, ajudando-me imensamente em cada etapa deste trabalho e tratando-me sempre com um enorme carinho como se eu fosse sua própria filha.

Ao meu querido co-orientador João que sempre me tratou com muito carinho e atenção e desde o quinto período da graduação incentivou-me a adentrar no mundo científico e oportunizou-me a ampliar meus horizontes na vida acadêmica.

À minha co-orientadora Josefina, pelos valiosos ensinamentos, carinho e apoio.

Ao professor Paulo Cecon, que realizou as estatísticas desta dissertação com muita dedicação, competência e carinho.

Aos professores Eliane Lopes Rosado, Sônia Machado Rocha Ribeiro, Rosângela Minardi Mitre Cotta e Lina Enriqueta Frandsen Paez de Lima Rosado por terem gentilmente de ter aceitado participar da banca de defesa da dissertação.

À minha estagiária Letícia que esteve presente em todos os momentos da coleta de dados, trabalhando dia e noite junto comigo, acordando nas madrugadas frias de Viçosa, trabalhando aos sábados, domingos e feriados. Letícia, muito obrigada por sua dedicação, atenção, apoio, cooperação, amizade e momentos de alegria. Saiba que a sua participação foi fundamental para a concretização deste trabalho.

Às colegas Daniela e Raquel, que me ajudaram com seus conhecimentos para a elaboração das dietas dos voluntários, além de auxiliarem em vários momentos da coleta de dados.

Às minhas queridas amigas de mestrado, Fabrícia, Santuzza, Ana Paula, Sabrina e Eliane, pessoas que nas quais tiveram valiosas contribuições em minha vida, auxiliando-me nas disciplinas e na análise dos dados da dissertação, incentivando-me nas horas difíceis e ensinando-me a grande validade da cooperação e amizade.

Às minhas amigas de república, Janice, Mariana, Catarina, Ana Cristina e Edilene que me ajudaram a superar todas as barreiras incentivando-me com palavras sinceras e amigas.

Aos funcionários do Departamento de Nutrição e Saúde que sempre me trataram com carinho, oportunizando o desenvolvimento harmônico deste trabalho. Em especial agradeço a D. Terezinha que além da ajuda nos momentos de coleta de dados, tratava-me com um imenso carinho oferecendo-me sempre um delicioso cafezinho nas manhãs de trabalho.

Aos enfermeiros, Lenir, José, Aline e (em especial ao querido) Pedro e aos bioquímicos Luiza, Antônio e Alexandre que colaboraram com seus conhecimentos proporcionando com que este trabalho apresentasse dados confiáveis e de qualidade.

Aos voluntários, Lawrens, Diogo, Daniel Ferreira, Daniel Zóia, Fernando, Marcelo, Nélio, Leandro, Lucas, Emerson, Vinícius, Erick, Adelon, Rafael, Jorge e Juliano que sem os quais a realização deste trabalho seria impossível.

Às amigas Daniela, Isabela e Aline pela confiança e incentivo durante todas as etapas deste trabalho.

Ao Heitor, que conviveu comigo nos últimos meses deste trabalho, sempre me dando força nos momentos difíceis com palavras dóceis e lindas mensagens, além de incentivar-me continuamente ir à busca dos meus objetivos com coragem, persistência e dedicação.

Aos colegas de trabalho, Lúcia, Roseni, Silvinha e Samuel que sempre me incentivaram com palavras amigas e atos de carinho.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição e aos Departamentos de Nutrição e Educação Física, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão do auxílio financeiro (processo 1420/06) para a condução do presente estudo.

Enfim, agradeço a Deus por ter colocado cada um de vocês no meu caminho, pessoas que estiveram comigo dando-me incentivo, escutando-me nas horas necessárias, aconselhando-me com palavras amigas, apoiando-me em todas as horas e acima de tudo torcendo pela conquista deste título tão sonhado, muito obrigada.

"Sempre há alguém para dizer: agora que você começou, vá até o final. Cabe a você aceitar a sabedoria deste conselho."

Paulo Coelho

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. OBJETIVOS	04
2.1. Objetivo geral	04
2.2. Objetivos específicos	04
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	05
ARTIGO 1: COMPARAÇÃO ENTRE A TAXA METABÓLICA DE REPOUSO ESTIMADA POR EQUAÇÕES E OBTIDA POR CALORIMETRIA INDIRETA EM CICLISTAS	07
RESUMO	07
ABSTRACT	08
1. INTRODUÇÃO	09
2. METODOLOGIA	10
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÃO	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
ARTIGO 2: INFLUÊNCIA DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NA RESPOSTA METABÓLICA, NA OXIDAÇÃO DE SUBSTRATO ENERGÉTICO E NOS PARÂMETROS SANGUÍNEOS NO PERÍODO PÓS-PRANDIAL E DURANTE A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE	25
RESUMO	25
ABSTRACT	26
1. INTRODUÇÃO	27
2. CASUÍSTICA E MÉTODOS	30
3. RESULTADOS	37
4. DISCUSSÃO	46
5. CONCLUSÃO	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ARTIGO 3: EFEITO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NA UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS ANTES E APÓS A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE.....	58
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
1. INTRODUÇÃO.....	59
2. CAUSUÍSTICA E MÉTODOS.....	61
3. RESULTADOS.....	68
4. DISCUSSÃO.....	79
5. CONCLUSÃO.....	86
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ARTIGO 4: IMPACTO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NO BALANÇO ENERGÉTICO EM CICLISTAS.....	92
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	93
1. INTRODUÇÃO.....	94
2. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	97
3. RESULTADOS.....	103
4. DISCUSSÃO.....	111
5. CONCLUSÃO.....	117
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
ANEXOS.....	126

RESUMO

COCATE, Paula Guedes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2007.

Efeito do índice glicêmico dos alimentos no metabolismo energético em ciclistas. Orientadora: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas. Co-orientadores: João Carlos Bouzas Marins e Josefina Bressan.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do consumo de cargas com diferentes índices glicêmicos (IG), apresentando teor de macronutrientes e densidade calórica semelhantes, nas concentrações dos parâmetros bioquímicos (glicose, insulina, ácidos graxos livres e lactato), na resposta metabólica e utilização de substratos energético no período pós-prandial (PP), durante e após o exercício, bem como na composição corporal e parâmetros antropométricos. Participaram do estudo 15 ciclistas do sexo masculino, com idade de $24,4 \pm 3,68$ anos, índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg/m² e VO₂máx de $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Os voluntários participaram aleatoriamente de 2 etapas experimentais, quando ingeriram dentro de 15 minutos 2 refeições diárias (desjejum, lanche da tarde) de alto (AIG) ou de baixo (BIG), fornecendo 1/3 de suas necessidade energética em repouso, durante 4 dias consecutivos. Após 90 min PP foi realizado um exercício cicloergométrico de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, praticado em três estágios de 10 min. No 1º e 4º dia de cada etapa, após 12 horas de jejum, foi avaliado o gasto energético, a taxa de oxidação de substratos no período PP e as concentrações dos parâmetros bioquímicos tanto no período PP, como durante o exercício. O consumo de cargas de AIG resultou em área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica PP maior que a do BIG. Esta diferença não foi suficiente para resultar em glicemia diferente durante o exercício. Enquanto o consumo das cargas de AIG resultou em maior oxidação de gordura, as cargas de BIG resultaram em maior oxidação de carboidrato durante os 90 minutos PP. Tais resultados podem ser decorrentes do alto teor de frutose cristalizada da carga de BIG, açúcar este que promove elevada oxidação de carboidrato. A maior oxidação lipídica constatada após consumo das cargas de AIG, não afetou os níveis de ácidos graxos livres em relação às cargas de BIG. Esses resultados sugerem que apesar da maior oxidação lipídica constatada após consumo das cargas de AIG, houve maior utilização de ácidos graxos livres, durante os 120 minutos PP, mantendo suas concentrações constantes durante os 90 minutos de avaliação das concentrações desses parâmetros. O consumo das cargas de AIG ou de BIG não afetou as concentrações de lactato durante os 30 minutos de

exercício (100 a 120 minutos PP). Esses resultados indicam que apesar da maior oxidação de carboidrato após o consumo da carga de BIG, a quebra de glicogênio e a conseqüente produção de lactato durante o exercício não foram afetadas em função do IG. O consumo de alimentos diferindo em IG levou ao aumento do gasto energético PP em relação à condição de jejum. No entanto, este aumento não foi influenciado pelo tipo de IG apresentado pelas cargas ingeridas. Além disso, não foi constatada diferença na composição corporal e nos parâmetros antropométricos entre o primeiro e quarto dia em que os avaliados consumiram cargas de AIG ou de BIG. Conclui-se que o consumo de alimentos de BIG não leva ao aumento da taxa de oxidação lipídica, não sendo indicado quando se pretende controlar a quantidade de gordura corporal. Além disso, tais alimentos não diferem daqueles de AIG quanto a oferta de energia durante o exercício.

ABSTRACT

COCATE, Paula Guedes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, october, 2007. **Effect of glycemic index of foods on eutrophic individuals energy balance.** Adviser: Rita de Cássia Gonçalves Alfenas. Co-advisers: João Carlos Bouzas Marins and Josefina Bressan.

The purpose of the present study was to evaluate the effect of the consumption of loads differing in glycemic index (GI), presenting similar macronutrients composition and energy density, in the level of some biochemical parameters (glucose, insulin, free fatty acids, and lactate), in the resting metabolic rate and in the energetic substrate utilization in the post-prandial interval (PP), during and after the exercise has been done. Participated in the study 15 male cyclists, aged 24.4 ± 3.7 years, body mass index of $21,97 \pm 1,46 \text{ kg/m}^2$, and $\text{VO}_2\text{máx}$ of $70,00 \pm 5,32 \text{ mL}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$. The volunteers participated in two experimental sessions in a random order, when they ingested within 15 minutes 2 daily high glycemic index (HGI) or low glycemic index (LGI) meals (breakfast, afternoon lunch), providing 1/3 of their resting energetic requirements, during 4 consecutive days. After 90 minutes PP, participants underwent an 85 to 95% of the maximum cardiac frequency cycloergometric exercise, during three stages of 10 minutes each. In the 1^o and 4^o day of each experimental session, after 12 hours fasting, energy expenditure, energetic substrate oxidation rate in the PP interval and the level of the biochemical parameters in the PP interval and during the exercise were evaluated. The consumption of HIG loads lead to higher areas under the glycemic and insulinemic curves in the PP than the ingestion of LGI loads. This difference was not sufficient to affect the glycemia during the exercise. While consumption of HGI loads resulted in higher fat oxidation, ingestion of LGI loads lead to higher carbohydrate oxidation during the 90 minutes PP. These results may have occurred due to the high fructose content of the LGI loads, which favors carbohydrate oxidation. The higher fat oxidation observed after the consumption of HGI loads, did not affect the levels of free fatty acids in comparison to the ingestion of the LGI loads. These results suggest that despite the higher fat oxidation associated to the consumption of HGI loads, there was a higher utilization of free fatty acids during the 120 minutes PP, maintaining these levels constant during the 90 minutes of assessment of these parameters. The consumption of HGI or LG loads did not affect the levels of lactate during the 30 minutes of exercise (100 to 120 minutes PP). These results indicate that although there was a higher

carbohydrate oxidation after the consumption of the LGI loads, glycogen breakdown and the consequent lactate production during the exercise were not affected by the GI. The consumption of foods differing the GI lead to an increase in energy expenditure in the PP in comparison to what was observed in fasting state. However, this increase was not affected by the GI presented by the ingested loads. Besides, no difference was observed in body composition and in the anthropometric data between the first and the fourth day in which the HGI or LGI loads were consumed. In conclusion, these results indicate that the consumption of high fructose content LGI foods do not result in an increase in fat oxidation rate, and therefore their consumption should not be indicated when a control in body fat is desired. It can also be concluded that such foods are not better than the HGI foods to provide the energy required during the exercise.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ingestão de carboidrato em quantidade adequada antes do exercício pode ser importante para garantir a manutenção da glicemia em concentrações apropriadas durante o exercício (Brun et al., 2001). Além da quantidade, a qualidade do carboidrato ingerido pré-exercício pode ser importante para garantir a oferta adequada de glicose durante a realização de exercícios físicos. A classificação dos carboidratos quanto a qualidade, pode ser feita por meio do índice glicêmico (IG) dos alimentos. Assim, pelo IG os alimentos contendo carboidrato são classificados quanto à resposta glicêmica obtida após consumo de uma porção do alimento contendo 25 g (ou 50g) de carboidrato disponível. Tal parâmetro é definido como a área formada abaixo da curva de resposta glicêmica, obtida para o alimento teste em relação àquela obtida após o consumo de uma porção do alimento de referência (glicose ou pão branco), contendo o mesmo teor de carboidrato disponível (Wolever et al., 1991).

A partir desta classificação dos carboidratos, diversos estudos foram conduzidos na área de nutrição esportiva, para averiguar o efeito do IG do alimento na disponibilidade de combustíveis antes, durante e após a realização de exercícios físicos, no metabolismo energético e na performance (Febbraio e Steward, 1996, Febbraio et al., 2000, Wee et al., 1999, Wu et al., 2003, Wee et al., 2005, Stevenson et al., 2005). Dentro deste contexto, alguns autores têm sugerido que o consumo de alimentos de alto índice glicêmico (AIG) possa ser prejudicial, uma vez que o consumo dos mesmos pode levar à elevação aguda da glicemia pós-prandial, seguida por um aumento marcante da secreção insulínica e por uma subsequente redução da disponibilidade de carboidrato durante o exercício (Stenvenson et al., 2005). Por outro lado, a ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG) pré-exercício vem sendo relacionado a elevações glicêmicas mais lentas e constantes, resultando em níveis de substratos energéticos favoráveis durante o exercício, maior oxidação de gordura e menor oxidação de carboidrato no período pós-prandial e durante o exercício (Wee et al., 1999; Wu et al., 2003; Wee et al., 2005).

A maioria dos estudos em que se avaliou o efeito do IG de alimentos consumidos pré-exercício na resposta metabólica e oxidação de substratos no período pós-prandial e durante o exercício, foram conduzidos após consumo agudo de uma refeição prévia ao exercício físico (Febbraio e Stewart, 1996; Sparks et al., 1998; Febbraio et al., 2000; Wee et al., 2005). A avaliação deste efeito em associação ao

consumo de alimentos de AIG ou de BIG por vários dias consecutivos ainda não é bem documentada na literatura. Em pesquisa realizada nos meses de maio e julho de 2007 à base de dados Medline, Scielo, Science Direct, Pubmed, com palavras chave: glycemic index, exercise, substrate oxidation, preexercise, carbohydrate meals, carbohydrate feedings metabolic responses verificou-se que apenas dois estudos avaliaram o efeito do consumo de duas refeições antes do exercício na resposta glicêmica, insulinêmica, nas concentrações séricas de ácidos graxos livres e na oxidação de substratos. Em um destes estudos, foi feita a oferta de refeições de AIG ou de BIG (café da manhã e almoço), 6 horas antes do exercício (Stevenson et al., 2005). No outro estudo, refeições de AIG ou de BIG foram ingeridas na noite anterior ao teste e 3 horas antes da realização do exercício (Stevenson et al., 2007).

Poucos estudos também têm avaliado o efeito do consumo de alimentos diferindo em IG antes da realização de exercícios físicos na metabolização de substratos energéticos após tais exercícios. Em pesquisa recente na mesma base de dados e período mencionados com as palavras chave: glycemic index, exercise, EPOC, postexercise, excess postexercise oxygen consumption, carbohydrate, meal, verificou-se que somente um estudo avaliou a influência da ingestão de cargas apresentando IG distintos antes do exercício nos parâmetros metabólicos (oxidação de substrato e gasto energético), obtidos na primeira e na segunda hora após o exercício (Bennard e Doucet, 2006).

Pawlak et al. (2004) constataram que em ratos *Wistar* o consumo de dieta de BIG resultou em massa de gordura epididimal 22% menor que a ingestão de dieta isocalórica de AIG e que a concentração de leptina plasmática foi maior após o tratamento com AIG ($11,0 \pm 2,1 \mu\text{g/l}$) em relação ao BIG ($7,5 \pm 1,0 \mu\text{g/l}$), sendo esta altamente correlacionada ao teor de gordura epididimal. Deve-se ressaltar, no entanto, que apesar de sua validade científica, estudos com animais de laboratório apresentam valor limitado no que diz respeito à extrapolação desses dados para seres humanos, em função das diferenças existentes no metabolismo entre tais espécies.

O efeito do consumo de dietas diferindo em IG no índice de massa corporal (IMC), na massa magra e na massa gordurosa foi avaliado durante 2 períodos, com duração de 8 dias consecutivos. Ao final do estudo, não foram observadas diferenças nos parâmetros antropométricos e de composição corporal avaliados. Contudo, observou-se tendência para a redução no IMC e massa gordurosa, após a ingestão da dieta de BIG. As alterações nos parâmetros avaliados poderiam ter sido mais evidentes, caso o estudo tivesse uma duração maior. Adicionalmente, os efeitos da ingestão dos

alimentos de BIG na massa gordurosa poderiam ter se mostrado mais evidentes, caso a taxa de oxidação lipídica tivesse sido avaliada (Alfenas, 2003).

Em um estudo de *crossover*, dietas de AIG e de BIG foram ingeridas por homens durante 5 semanas. Embora o registro da quantidade de alimentos ingeridos durante o período de estudo não tivesse se alterado, observou-se uma redução significativa da adiposidade, quando os homens ingeriram dietas de BIG. Além disso, de modo semelhante ao observado no estudo de Alfenas (2003), apesar dos participantes desse estudo não terem apresentado alteração no peso corporal, quando a dieta de BIG foi ingerida, observou-se uma tendência ao aumento da massa livre de gordura (Bouche et al., 2002). A ingestão de dietas BIG possivelmente teria favorecido a redução do peso dos participantes daquele estudo, caso esta ingestão tivesse sido associada à prática de exercícios físicos nesses dois últimos estudos citados.

Tem sido divulgado que um alto coeficiente respiratório (RQ) de jejum é o principal fator envolvido no ganho de peso (McCarty, 2000). A ingestão de dietas de AIG leva a uma menor oxidação lipídica do que as de BIG em humanos (Febbraio et al., 2000). Assim, a ingestão de alimentos de BIG pode favorecer uma redução da quantidade de gordura corporal por aumentar a oxidação lipídica e reduzir a oxidação de carboidratos, em função da menor liberação insulínica (Eckel, 1992).

Alguns autores têm sugerido que a ingestão de alimentos de BIG resulta no aumento lento e prolongado da glicemia, favorecendo uma maior saciedade em relação à ingestão de alimentos de AIG (Ludwig et al., 1999; Warren et al., 2003). No entanto, no estudo conduzido por tais autores, os alimentos de BIG continham quase duas vezes mais proteínas do que os alimentos de AIG. Enquanto os alimentos de AIG eram semi-sólidos, os de BIG eram sólidos (Ludwig et al., 1999). Evidências científicas indicam que as proteínas apresentam maior poder de saciedade que os demais macronutrientes (Blundell & MacDiarmid, 1997; Jequier & Tappy, 1999; Jequier, 2002). Além disso, alguns estudos indicam que os alimentos sólidos desempenham um papel mais efetivo no controle da fome que os semi-sólidos (DiMeglio & Mattes, 2000; Mattes & Rothacker, 2001). Assim, as diferenças na composição de macronutrientes e na consistência dos alimentos testados afetam a interpretação dos resultados daquele estudo (Ludwig et al., 1999).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Avaliar o efeito do IG dos alimentos no metabolismo energético, em ciclistas do sexo masculino.

2.2. Objetivos específicos

- Estabelecer as cargas a serem testadas no estudo;
- Comparar o efeito do consumo das cargas na ingestão calórica e de macronutrientes com o consumo habitual;
- Comparar o efeito do consumo das refeições nos níveis glicêmicos, insulinêmicos, de ácidos graxos livres e de lactato;
- Comparar o efeito do consumo das refeições no metabolismo energético;
- Comparar o efeito do consumo das refeições na oxidação de lipídios e de carboidratos.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brun JF, Dumortier M, Fedou C, Mercier J. Exercise hypoglycemia in nondiabetic subjects. *Diabetes Metab* 2001; 27: 92-106.
2. Wolever TMS, Jenkins DJA., Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54, 846–54.
3. Febbraio MA, Stewart KL CHO feeding before prolonged exercise: effect of glycemic index on muscle glycogenolysis and exercise performance. *J Appl Physiol* 1996; 81, 115–20.
4. Febbraio MA, Keenan J, Angus D, Campbell S, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J Appl Physiol* 2000; 89, 1845– 51.
5. Wee S, Williams C, Gray S, Horabintitle J. Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(03), 393–9.
6. Wu CL, Nicholas C, Williams, C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meal with different glycaemic indices on substrate utilization during subsequent exercise. *Br J Nutr* 2003; 90, 1049-56.
7. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol* 2005; 99: 707–14.
8. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilization during the postprandial periods and subsequent exercise. *Br J Nutr* 2005; 93, 885–93.
9. Sparks MJ, Seling SS, Febbraio M A. Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 6, 844–9.
10. Stevenson E, Williams C, Nute M, Humphrey L, Witard D. Influence of the glycaemic index of an evening meal on oxidation following breakfast and during exercise the next day in healthy women. *Eur J Clin Nutr* 2007: 1-9.
11. Bennard P, Doucet E. Acute effects of exercise timing and breakfast meal glycemic index on exercise-induced fat oxidation. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31:502-11.

12. Pawlak DB, Kushner JA, Ludwig DS. Effects of dietary glycaemic index on adiposity, glucose homeostasis, and plasma lipids in animals. *Lancet* 2004;364, 778-85.
13. Alfenas RCG. Effects of glycemic index and dietary variety on appetite, food intake and satiety factors in healthy adults [dissertação]. West Lafayette: Purdue University; 2003.
14. Bouché C, Rizkalla SW, Jing L, Vidal H, Veronese A, Pacher N, et al. Five-week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. *Diabetes Care* 2002; 25, 822-8.
15. McCarty, M.F. The origins of western obesity: a role for animal protein? *Med Hypotheses* 2000; 54(3), 488-594.
16. Eckel, RH. Insulin resistance: an adaptation for weight maintenance. *Lancet* 1992; 12 (340),1452-3.
17. Ludwig DS, Majzoub JA, Al-Zahrani A, Dallal GE, Blanco I, Roberts SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 1999;103 (3), 1-6.
18. Warren JM, Henry JK, Simonite V. Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003; 112 (5), E414-E8.
19. Blundell, J.E., MacDiarmid, J.I. Passive overconsumption. Fat intake and short-term energy balance. *Ann N Y Acad Sci* 1997; 20 (827): 392-407.
20. Jequier, E., Tappy, L. Regulation of body weight in humans. *Physiol Rev* 1999; 79(2): 451-80.
21. Jequier E. Pathways to obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26,12S-7S.
22. DiMeglio, D.P., Mattes, R.D. Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24 (6):794-800.
23. Mattes, R.D., Rothacker, D. Beverage viscosity is inversely related to postprandial hunger in humans. *Physiol Behav* 2001; 74 (4-5): 551-7.
24. Ludwig DS, Eckel RH. Thiglycemic index at 20y. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (Suppl), 264S-5S.

ARTIGO 1: COMPARAÇÃO ENTRE A TAXA METABÓLICA DE REPOUSO ESTIMADA POR EQUAÇÕES E OBTIDA POR CALORIMETRIA INDIRETA EM CICLISTAS

Paula Guedes Cocate¹, Letícia Gonçalves Pereira², João Carlos Bouzas Marins³, Josefina Bressan³, Paulo Roberto Cecon³, Rita de Cássia Gonçalves Alfenas³.

1.Mestranda em Ciências da Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2.Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 3. Professor(a) Dr.(a) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Endereço para correspondência: Nome do autor: Paula Guedes Cocate. Endereço: Rua Liberato Antônio da Cunha, num. 110. Cidade: Astolfo Dutra – MG (Brasil). CEP:36780-0000. Telefone: (32) 3451-1712, Celular: (32) 8412-6922. Email: guedescocate@yahoo.com.br. Instituição: Universidade Federal de Viçosa – MG (Brasil).

RESUMO

A taxa metabólica de repouso (TMR) pode ser determinada por calorimetria indireta (CI). Porém, em função da praticidade, na prática clínica na maioria das vezes esta é estimada por equações de predição, as quais foram desenvolvidas em estudos envolvendo indivíduos não atletas. Apesar de alguns autores terem indicado que tais equações não estimam adequadamente a TMR, estas têm sido bastante utilizadas para estimar a TMR e prescrever dietas, inclusive para atletas. O objetivo deste estudo foi comparar a TMR determinada por CI com a estimada pelas equações de Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), FAO/WHO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991), em 15 ciclistas homens, com idade de $24,4 \pm 3,68$ anos, índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg/m², percentual de gordura de $7,72 \pm 2,49\%$ e VO₂máx de $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Para comparar a TMR determinada por CI e pelas equações, utilizou-se o tratamento estatístico teste t de Student (variáveis com distribuição normal) e Mann-Whitney (variáveis sem distribuição normal), considerando $p < 0,05$. Além disso, foi realizada correlação de Pearson entre TMR e massa livre de gordura (MLG). Verificou-se que a TMR foi subestimada em 23,5%, 16,7%, 16,8% e 16,9%, respectivamente quando se utilizou as equações de Henry e Rees, FAO/WHO/UNU, Schofield e Harris e Benedict, em relação à TMR obtida por CI. A TMR se correlacionou com a MLG ($r=0,551$, $p=0,03$). Os resultados confirmam que as equações avaliadas não são

adequadas para estimar a TMR em atletas. Tais resultados podem ser explicados pelo fato dos atletas apresentarem maior quantidade de MLG e possivelmente maior resposta dos receptores β -adrenérgico aos estímulos do sistema nervoso simpático, possuindo assim, TMR mais alta do que indivíduos sedentários. Diante disto, desenvolveu-se uma equação com a variável MLG e idade para melhor estimativa da TMR de ciclistas. Recomenda-se, no entanto, que a equação desenvolvida seja validada em um grupo maior de ciclistas para que esta seja utilizada na prática clínica.

Palavras Chave: taxa metabólica de repouso, equações de predição, ciclistas.

COMPARISON BETWEEN THE RESTING METABOLIC RATE ESTIMATED BY MATHEMATICAL EQUATIONS AND THE ONE OBTAINED BY INDIRECT CALORIMETRY IN CYCLISTS

ABSTRACT

The resting metabolic rate (RMR) can be determined by indirect calorimetry (IC). However, the clinical estimation of this parameter has been done using mathematical equations, which were developed in studies involving non-athletes. Although some authors indicated that such equations do not estimate correctly the RMR, they have been constantly used to estimate such parameter and to prescribe diets, including for athletes. The objective of this study was to compare the RMR determined by IC with the ones estimated using the equations proposed by Harris and Benedict (1919), Schofield (1985), FAO/WHO/UNU (1985) and Henry and Rees (1991), in 15 male cyclists, aged 24.4 ± 3.68 years, body mass index of 21.97 ± 1.46 kg/m², fat percentage of $7.72 \pm 2.49\%$ and VO₂máx of 70.00 ± 5.32 mL (kg.min)⁻¹. Student's *t* test (when data presented normal distribution) and Mann-Whitney (when data did not present normal distribution) were used to compare the RMR determined by IC and the ones estimated by the equations. Probability values below 0.05 were considered statistically significant. Pearson bivariate correlation coefficients were calculated to evaluate the relationship between RMR and fat free mass (FFM). It was verified that the RMR was significantly underestimated in 23.5%, 16.7%, 16.8% and 16.9%, respectively by the equations proposed by Henry and Rees, FAO/WHO/UNU, Schofield and Harris and Benedict in comparison to RMR obtained by IC. RMR values were significantly correlated with FFM ($r=0.551$, $p=0.03$). These results confirm that the equations evaluated in this study

are not appropriate to estimate the RMR of athletes. Such results are due to the fact that athletes have more FFM and possibly a greater β -adrenergic receptors response to the sympathetic nervous system, which in turn leads to a higher RMR than in sedentary people. Therefore, we created an equation considering the variables FFM and age to best estimate athletes' RMR. However, this equation should be validated in a study involving a greater number of cyclists before it can be used clinically used.

Keywords: resting metabolic rate, estimative equations, cyclists.

1. INTRODUÇÃO

A taxa metabólica de repouso (TMR) corresponde ao consumo de energia por um indivíduo em repouso, desconsiderando os efeitos do consumo alimentar, da atividade física e do stress mental ou fisiológico (Clark e Hoffer, 1991). Em indivíduos não atletas esta é responsável por 60 a 80% do gasto energético diário (Pelt et al, 2001), e tem sido amplamente utilizada como base para se estimar a necessidade energética de uma dada população (Ismail et al, 1998).

A TMR pode ser avaliada por calorimetria indireta, um método que determina as necessidades energéticas a partir do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico obtidos por meio do ar inspirado e expirado pelos pulmões (Diener, 1997). A denominação indireta indica que a produção de energia é calculada a partir dos equivalentes calóricos do oxigênio consumido e do gás carbônico produzido. Assim, calcula-se a quantidade total de energia produzida, utilizando o oxigênio consumido para a oxidação dos substratos energéticos e o gás carbônico que é eliminado pela respiração (Schneider e Meyer, 2005).

Como na maioria das vezes não é possível mensurar a TMR por meio da calorimetria, foram desenvolvidas fórmulas, que determinam esta taxa a partir dos valores de massa corporal, estatura e idade. Dentre as equações de predição deste parâmetro, destacam-se a da FAO/WHO/UNU (1985) e Schofield (1985), que foram desenvolvidas para determinar o gasto energético de indivíduos saudáveis. A equação de Henry e Rees (1991) foi desenvolvida para pessoas saudáveis residentes em regiões tropicais. A equação de Harris e Benedict (1919) foi desenvolvida para indivíduos enfermos, utilizando uma amostra de norte-americanos saudáveis (Wahrlich e Anjos, 2001a).

Para analisar a adequação das equações de predição da TMR, diversos pesquisadores têm comparado os valores utilizando tais equações aos obtidos por calorimetria indireta (Daly et al., 1985, Ismail et al., 1998, Cruz et al., 1999, Wahrlich e Anjos, 2001b, Nonino, 2002, Alfonso-Gonzales et al., 2004). Dentre as equações anteriormente citadas, a de Harris e Benedict (1919) tem sido a mais utilizada na prática clínica. Porém, alguns estudos têm mostrado que tal fórmula não representa adequadamente a TMR por superestimá-la em indivíduos eutróficos e subestimá-la em obesos (Daly et al., 1985, Cruz et al., 1999, Nonino, 2002). Os resultados de outros estudos têm demonstrado que as outras três equações (Schofield, 1985; FAO/WHO/UNU, 1985; Henry e Rees, 1991) também não são precisas na estimativa da TMR em indivíduos saudáveis de ambos os sexos (Ismail et al., 1998, Wahrlich e Anjos, 2001b).

Apesar disto, tais equações têm sido bastante utilizadas para estimar a TMR e a partir daí realizar a prescrição de dietas, inclusive para atletas. No entanto, pouco se sabe a respeito da aplicabilidade dessas equações para esportistas. Até a presente data, apenas um estudo nacional (Garcia, 2006) foi conduzido para comparar a TMR de jogadores de futebol obtida por calorimetria indireta e pela equação de Harris e Benedict (1919). Os resultados do referido estudo confirmaram que tal equação superestima os valores da TMR também em atletas (Garcia, 2006). Não foi encontrado outro estudo que avaliou a adequação das demais equações existentes neste sentido. Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de comparar por meio de correlação a TMR determinada por calorimetria indireta com a estimada pelas equações de Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), FAO/WHO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991), em ciclistas do sexo masculino.

2. METODOLOGIA

Amostra:

A amostra foi compreendida de 15 atletas do sexo masculino, com idade entre 19 e 32 anos, média de $VO_2\text{máx}$ de $70,00 \pm 5,32 \text{ mL}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$, não-fumantes, não usuários de álcool ou de medicamentos que afetem a ingestão de alimentos ou o metabolismo energético e que apresentavam peso estável (alteração $<3 \text{ kg}$) nos últimos 3 meses. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente do estudo. Este foi aprovado pelo Comitê

de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa-MG (parecer nº 021/2006), atendendo as orientações da resolução 196/96 do CNS, de 10/10/96, sobre experimentos com seres humanos.

Desenho experimental:

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Metabolismo Energético e de Composição Corporal (LAMECC), da Universidade Federal de Viçosa-MG, em sala com baixa luminosidade, temperatura ambiente controlada (entre 24 e 26 °C) e umidade relativa do ar de 70–75%. Cada voluntário compareceu ao laboratório em 2 dias distintos com um intervalo de, no mínimo, 1 semana entre os mesmos. Os voluntários foram orientados a se abster do consumo de café no dia anterior ao teste, não consumir álcool nas 48 horas antecedentes, não realizar atividades físicas intensas 24h antes dos testes e evitar a ingestão de água nas horas precedentes ao teste. Além disso, os atletas ficaram nas condições de jejum de no mínimo 12 horas e tiveram de seis a oito horas de sono na noite anterior em que o metabolismo energético foi avaliado.

No primeiro dia de coleta de cada voluntário, foram obtidas as medidas antropométricas e de composição corporal, por um único avaliador com experiência em tais avaliações. A altura foi determinada utilizando-se um antropômetro vertical milimetrado, com extensão de 2m e escala de 0,5 cm. O peso, a massa corporal gorda e a massa corporal livre de gordura foram obtidos utilizando uma balança eletrônica digital da marca Tanita®, modelo TBF-300A, com capacidade de 150 kg, graduação de peso de 0,1 kg e graduação de gordura de 0,1%. O percentual de gordura corporal foi medido utilizando tal balança, através do método da bioimpedância. Além disso, foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) (Bray e Gray, 1988), relacionando o peso (kg) e a altura (metros ao quadrado) apresentados.

Ao chegarem ao laboratório, os voluntários permaneceram em repouso por 30 minutos, deitados em uma cama. Em seguida, procedeu-se a mensuração da TMR durante 30 minutos, com o avaliado deitado e sem se movimentar, utilizando o aparelho de calorimetria indireta (Deltatrac II® Datex, Finlândia). A TMR foi então obtida pela média dos valores encontrados durante os 30 minutos de avaliação nos dois dias de teste. A TMR assim obtida foi comparada aos valores de TMR (kcal em 24 h) obtidos utilizando as equações de predição apresentadas no quadro 1.

Quadro 1: Equações de predição do gasto energético de repouso para homens adultos, as quais foram avaliadas no presente estudo

	Equações (Kcal/24h)
Harris e Benedict	66,4730 + 13,7516 (MC) + 5,0033 (E) - 6,7550 (I)
Schofield	<u>18-30 anos</u> [(0,0630 (MC) + 2,896)] x 239 <u>30-60 anos</u> [(0,0480 (MC) + 3,653)] x 239
FAO/WHO/UNU	<u>18-30 anos</u> [(0,0640 (MC) + 2,840)] x 239 <u>30-60 anos</u> [(0,0485 (MC) + 3,670)] x 239
Henry e Rees	<u>18-30 anos</u> [(0,0560 (MC) + 2,800)] x 239 <u>30-60 anos</u> [(0,0460 (MC) + 3,160)] x 239

Fonte: Wahrlich e Anjos, 2001a. Legenda: MC - Massa Corporal (kg), E - Estatura (cm) e I - Idade (anos).

Os percentuais de diferença entre os valores de TMR medidos por calorimetria indireta e os estimados pelas equações listadas acima foram calculados pela seguinte equação: [(TMR medida – TMR estimada)/TMR medida] x 100.

Para a determinação do volume máximo de oxigênio (VO₂ máximo) e do nível de aptidão física dos voluntários (Cooper, 1982), os participantes foram submetidos ao teste máximo de Balke uma semana antes do início do experimento, utilizando um cicloergômetro eletromagnético, da marca Ergo Fit, modelo Ergo Cycle 167. Neste teste, foram empregados estágios múltiplos, iniciando com carga de 50 watts, a qual foi aumentada a cada dois minutos, com magnitude de 50 watts, até o alcance do limite máximo (Marins e Giannichi, 2003). A seguir, foi registrado o valor da última carga completada pelo voluntário em watts, bem como o valor do peso corporal avaliado antes da realização do teste, para o cálculo do VO₂ máximo pela seguinte fórmula:

$$VO_{2max} \text{ mL (kg.min)}^{-1} = \frac{200 + (12 \times \text{watts})}{\text{Peso (kg)}}$$

Análises estatísticas:

As análises estatísticas foram conduzidas para comparar os valores de TMR determinados por calorimetria indireta e os obtidos pelas equações de predição, utilizando o teste t de Student para as variáveis com distribuição normal (Harris e Benedict vs Deltatrac II) e o teste de Mann-Whitney para as variáveis que não apresentavam distribuição normal (FAO/WHO/UNU vs Deltatrac II, Schofield vs Deltatrac II e Henry e Rees vs Deltatrac II). Além disso, foi realizada a correlação de Pearson para avaliar a correlação entre a TMR e a massa corporal livre de gordura e

TMR com VO₂ máx dos avaliados. As análises foram conduzidas utilizando o software SigmaStat3.0, usando o nível de significância de p<0,05.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as características da amostra estudada em valores de média (\pm desvio padrão), mediana, valor máximo e valor mínimo. Já a Tabela 2 apresenta os dados da TMR obtida por calorimetria indireta e a calculada pelas equações de predição de Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), FAO/WHO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991), nos 15 ciclistas do sexo masculino.

Tabela 1: Características antropométricas, de composição corporal e condicionamento físico da amostra estudada.

VARIÁVEL	MÉDIA	DP	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO
TMR por calorimetria indireta (kcal/24h)	2051,33	168,76	2100,00	1730,00	2375,00
TMR por Harris e Benedict ^a (kcal/24h)*	1698,81	95,14	1685,29	1515,23	1872,57
TMR por Schofield ^b (kcal/24h)*	1699,32	84,53	1703,18	1551,11	1849,24
TMR por FAO/WHO/UNU ^c (kcal/24h)*	1701,93	85,41	1705,12	1550,63	1853,49
TMR por Henry e Rees ^d (kcal/24h)*	1562,46	76,26	1567,26	1432,09	1697,09

TMR - Taxa metabólica de repouso

* Valores de TMR determinadas pelas equações de predição estatisticamente inferiores (p<0,001) à TMR medida por calorimetria indireta

^a $66,4730 + 13,7516 (\text{MC}) + 5,0033 (\text{Estatura}) - 6,7550 (\text{Idade})$

^b 18-30 anos [(0,0630 (MC) + 2,896)] x 239

30-60 anos [(0,0480 (MC) + 3,653)] x 239

^c 18-30 anos [(0,0640 (MC) + 2,840)] x 239

30-60 anos [(0,0485 (MC) + 3,670)] x 239

^d 18-30 anos [(0,0560 (MC) + 2,800)] x 239

30-60 anos [(0,0460 (MC) + 3,160)] x 239

Tabela 2: Valores da taxa metabólica de repouso obtido por calorimetria indireta e estimado por equações de predição.

VARIÁVEL	MÉDIA	DP	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO
Idade (anos)	24,40	3,68	25,00	19	32
Estatura (cm)	174,73	4,91	1,74	168	185
Massa Corporal (kg)	67,11	5,52	67,30	57,00	76,80
Massa Livre de Gordura (kg)	62,01	4,09	62,50	53,70	68,20
Massa Corporal Gordurosa (kg) ¹	5,30	2,10	4,80	1,80	10,30
Índice de Massa Corporal (kg.m ⁻²)	21,97	1,46	21,90	19,41	24,68
Gordura Corporal total (%) ¹	7,72	2,49	7,10	3,10	13,40
VO _{2máx} mL(kg.min) ⁻¹ *	70,00	5,32	71,42	57,80	77,32

* Ausência de correlação com a taxa metabólica obtida por calorimetria indireta ($p=0.8$)

¹ Percentual de gordura avaliado através do método da bioimpedância, por meio da balança digital Tanita®, modelo TBF-300^a

Verificou-se que a MLG se correlacionou ($r=0,55$) estatisticamente ($p=0,03$) com a TMR. A Figura 1 representa a dispersão dos dados referentes à MLG e a TMR, demonstrando a ocorrência de relação crescente entre tais variáveis.

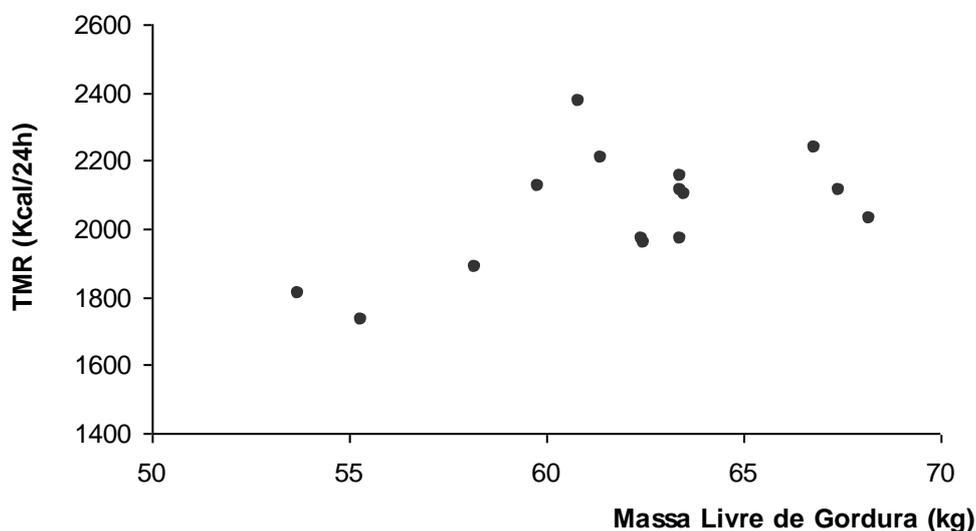


Figura 1: Relação entre taxa metabólica de repouso (kcal/24 h) determinada pelo calorímetro indireto Deltatrac II[®] Datex, Finlândia e a massa livre de gordura (kg) apresentada pelos 15 atletas participantes do estudo ($r=0,551$; $p=0,03$).

Dentre as equações de predição testadas no presente estudo, a que mais subestimou a TMR medida foi a de Henry e Rees (23,52%). O percentual de subestimação do valor da TMR determinada pelo Deltatrac e as estimadas pela equação da FAO/WHO/ONU (16,7%), pela equação de Harris e Benedict (16,9%) e pela equação de Schofield (16,82%) foi bastante semelhante (Figura 2).

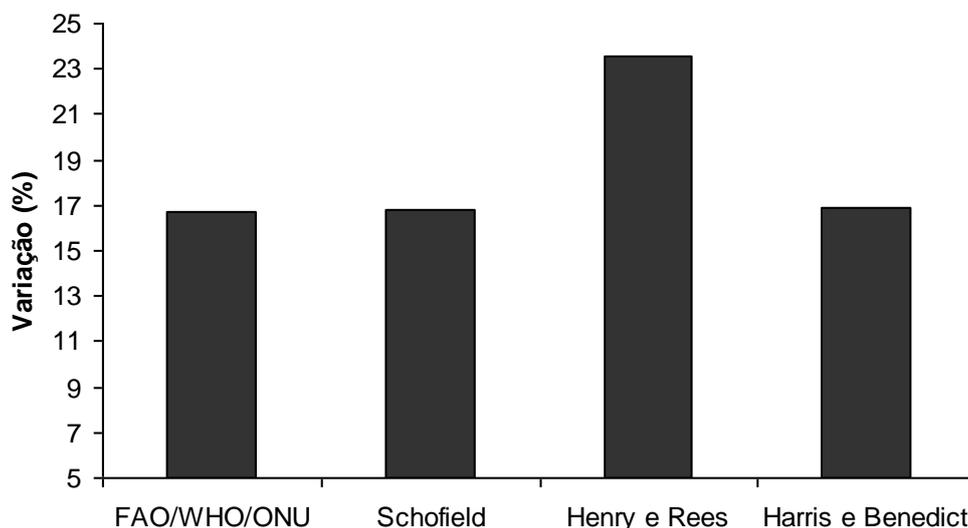


Figura 2 – Percentual de variação entre a taxa do metabolismo de repouso determinada pelo calorímetro indireto Deltatrac II[®] Datex e os valores obtidos pelas equações preditivas avaliadas no presente estudo.

Diante da subestimação significativa de todas as equações analisadas no presente estudo, foi desenvolvida uma nova equação para se estimar a TMR de indivíduos atletas. Para tal, foi ajustado um modelo em função da massa magra e idade dos participantes do atual estudo.

$$\text{TMR} = -12878,2 + 485,846^{**} \text{MLG} - 3,78467^{**} \text{MLG}^2 - 24,0092^{**} \text{ID}$$

$$R^2 = 0,7147$$

** : Sifnificativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t”

Legenda: MLG=Massa livre de gordura; ID=Idade.

4. DISCUSSÃO

Os resultados de vários estudos (Cruz et al., 1999, Wahrlich e Anjos, 2001b, Alfonso-Gonzales et al., 2004) têm apontado que as equações de predição atualmente disponíveis superestimaram a TMR comparadas com a calorimetria indireta. Em um estudo envolvendo 60 mulheres brasileiras, com idade de $27,4 \pm 5,7$ anos e um IMC de $21,7 \pm 2,7$ kg/m², residentes em Porto Alegre (RS), verificou-se que o valor referente ao gasto energético em repouso avaliado pelo calorímetro indireto foi superestimado em 17,1% pela equação de Harris e Benedict (1919), em 13,5% pela da FAO/WHO/UNU (1985), 12,9% pela fórmula de Schofield (1985) e 7,4% pela equação de Henry e Rees (1991) (Wahrlich e Anjos, 2001b). Resultados semelhantes foram constatados por Cruz et al. (1999), em um estudo que envolveu a participação de 50 cariocas universitárias. A superestimação da TMR pelas equações de predição foi de 18,9%, 12,5% e 7,2% para as equações de Harris e Benedict (1919), FAO/WHO/UNU (1985) e Henry e Rees (1991), respectivamente. Entretanto, no presente estudo todas as equações avaliadas superestimaram significativamente a taxa obtida por calorimetria indireta. Este resultado se deve ao fato da população avaliada ter sido composta por ciclistas atletas, que apresentam características particulares em termos do nível de atividade física e composição corporal em relação a indivíduos sedentários.

De acordo com Wahrlich e Anjos (2001a), as equações da FAO/WHO/UNU e Schofield foram criadas tomando-se como base os dados obtidos a partir de um mesmo grupo de indivíduos. A amostra utilizada no referido estudo foi constituída por 50% de soldados italianos, os quais eram ativos fisicamente e certamente apresentavam TMR superior aos demais indivíduos menos ativos. Assim, este fator justifica a obtenção de valores de TMR mais altos que aqueles determinados por calorimetria indireta, quando são avaliadas pessoas que fazem atividade física leve.

No presente estudo, assim como no estudo de Wahrlich e Anjos (2001b), a TMR obtida utilizando as equações da FAO/WHO/UNU e Schofield foram semelhantes. Contudo, observou-se que tais equações subestimaram os valores da TMR obtidos por calorimetria indireta para os ciclistas. Deve-se destacar que por serem atletas e, tais indivíduos apresentarem mais massa muscular que indivíduos sedentários (Speakman e Selman, 2003), levando ao aumento da TMR em relação a não atletas (Alfonso-Gonzales et al., 2004). Deve-se destacar também que os participantes do presente estudo eram submetidos a elevada carga de treinamento físico. Alguns autores destacam

que quanto mais alta a carga de treinamento, maior é o estímulo do sistema nervoso simpático e maior é a expressão dos receptores β -adrenérgicos, favorecendo para o aumento da TMR (Bell et al., 2004). Portanto, o presente estudo confirma a posição destes autores em relação à influência da prática de um treinamento contínuo dos ciclistas no aumento da TMR.

A TMR de homens sedentários e ativos, com idades variando entre 18 e 60 anos, foi avaliada utilizando a equação da FAO/WHO/ONU (1985) e comparada à obtida por meio de um calorímetro indireto (Alfonso-Gonzales et al., 2004). Nos indivíduos sedentários de 18 a 30 anos e 30 a 60 anos a TMR mensurada correspondeu a $1480 \pm 160,19$ kcal/dia e $1463 \pm 172,14$ kcal/dia, e a obtida pela equação da FAO/WHO/ONU (1985) foi $1790,8 \pm 124,33$ kcal/dia e $1711,9 \pm 62,16$ kcal/dia, respectivamente. Já para os homens fisicamente ativos, a TMR avaliada pela calorimetria foi de $1723,8 \pm 212,79$ kcal/dia e $1656,9 \pm 157,8$ e a estimada foi de $1790,8 \pm 148,2$ kcal/dia e $1819,5 \pm 176,93$ kcal/dia para indivíduos de idades entre 18 e 30 anos e 30 e 60 anos, respectivamente. Os pesquisadores identificaram uma superestimação significativa da TMR estabelecida pela equação proposta em nível internacional (FAO/WHO/ONU), tanto para indivíduos sedentários, quanto para os ativos. Apesar destes resultados, os autores apontam que a maior magnitude de diferença foi constatada em indivíduos sedentários, justificando este fato pelas equações considerarem apenas o peso corporal, idade e gênero, excluindo outros fatores importantes, como a composição corporal.

Apesar dos participantes do estudo atual e daquele conduzido por Alfonso-Gonzales et al. (2004) terem apresentado o mesmo sexo e mesma faixa etária, no presente estudo foi obtida TMR maior utilizando a equação da FAO/WHO/ONU. Deve-se destacar, no entanto que apesar dos autores daquele estudo (Alfonso-Gonzales et al., 2004) terem indicado que os participantes praticavam exercícios físicos de alta intensidade regularmente, o nível de condicionamento físico dos mesmos não foi avaliado dificultando assim, uma melhor análise. O nível de condicionamento físico tem grande influência no aumento da TMR. Em geral, os indivíduos que apresentam alto nível de condicionamento físico apresentam mais massa magra e maior atividade do sistema nervoso simpático (Byrne e Wilmore, 2001). Os atletas participantes do presente estudo apresentavam 7,4% a mais de massa magra do que o apresentado pelos participantes do estudo de Alfonso-Gonzales et al. (2004).

Em um outro estudo (Garcia, 2006), a TMR de 50 atletas profissionais de futebol (homens) foi avaliada por calorimetria indireta, após 12 horas de jejum. O valor obtido

foi comparado ao calculado pela equação de Harris e Benedict (1919). Os resultados indicaram que a equação também superestimou (1871 ± 126 kcal por dia) os valores mensurados por calorimetria indireta (1809 ± 126 kcal por dia), dos atletas. Apesar deste resultado divergir dos observados no presente estudo, em que foi constatado subestimação da TMR avaliada pela equação de Harris e Benedict em relação à determinada por calorimetria indireta, os resultados obtidos no estudo de Garcia (2006) estão em concordância com os dados obtidos nos estudos de Wahrlich e Anjos (2001b) e Cruz et al. (1999) com mulheres brasileiras.

Apesar de no estudo de Garcia (2006) a composição corporal e condicionamento físico dos futebolistas não ter sido avaliada, sabe-se que os jogadores de futebol podem apresentar condicionamentos físicos bem distintos, em função das diferentes posições em que ocupam em campo. Em um estudo conduzido com jogadores profissionais, verificou-se que a média do percentual de gordura corporal foi equivalente a $10,7 \pm 1,4\%$ (Campeiz et al., 2004) valor este que pode interferir na menor proporção da TMR do que as obtidas pelos ciclistas participantes da pesquisa atual, que têm menor percentual de gordura e conseqüentemente maior massa livre de gordura.

Em relação à influência da massa livre de gordura na TMR, Speakman e Selman (2003) relataram que a massa magra contribui com 50-70% da TMR dependendo da variação interpessoal. Em concordância, Johnstone et al. (2005) verificaram que a massa livre de gordura explicou 62,3% da diferença nos valores da TMR de 150 pessoas de ambos os sexos, com idade entre 21 e 61 anos e IMC variando de 16,7 a 49,3 kg/m².

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Illner et al. (2000) avaliaram a taxa metabólica de repouso de 13 mulheres e 13 homens eutróficos e saudáveis por meio do calorímetro indireto Deltatrac por 1 hora, e realizaram uma regressão linear deste com os valores da massa livre de gordura obtida por bioimpedância. Os resultados indicaram uma elevada correlação ($r=0,92$) entre ambas variáveis, revelando ainda que a massa livre de gordura explica 85% da variação do taxa metabólica de repouso. Em concordância, no presente estudo também foi constatado uma correlação positiva entre a TMR e massa livre de gordura dos atletas ($r=0,55$).

No estudo atual não foi identificada correlação significativa entre o nível de condicionamento físico dos atletas (VO_2 máximo) e a TMR. Resultado semelhante foi obtido em um outro estudo (Smith et al., 1997) que avaliou o VO_2 máximo de mulheres em ergômetro de alta potência, utilizando um calorímetro indireto. Dentro deste contexto, Byrne e Wilmore (2001) ao avaliarem a diferença entre a TMR de mulheres

treinadas e não treinadas verificaram que as primeiras apresentavam maior TMR do que as outras. No entanto, tal diferença deixou de existir quando o valor da TMR era expresso em relação à quantidade de massa magra. Assim, estes autores verificaram por análise de regressão múltipla, usando a TMR como variável dependente e o VO₂ e massa livre de gordura como preditor independente, que apenas a massa livre de gordura foi preditor significativo da TMR expressa em kcal/dia. Assim, Byrne e Wilmore (2001) justificaram a maior TMR das mulheres treinadas em função da maior quantidade de massa livre de gordura e da maior atividade do sistema nervoso simpático do que mulheres não treinadas. Assim, a falta de correlação entre a TMR e VO₂ máximo obtido no presente estudo com um grupo de atletas suporta os resultados dos estudos de Smith et al. (1997) e Byrne e Wilmore (2001). Portanto, atletas apresentam maior TMR do que indivíduos sedentários por possuírem maior massa livre de gordura, reforçando aqui a possível justificativa da subestimação da TMR calculada por meio das equações de predição que normalmente consideram apenas o peso corporal para a sua determinação, excluindo valores da massa livre de gordura.

No estudo de Wilmore et al. (1998) foi analisado a influência da prática de exercícios aeróbicos (55% do VO₂ máx, durante 30 minutos/dia, 3 vezes na semana que foi gradualmente progredindo para 75% do VO₂ máx durante 50 minutos/dia, sendo esta última intensidade mantida da 14^a à 20^a semana para todos participantes do estudo) na TMR, durante 20 semanas, em indivíduos não treinados de ambos os sexos. Os autores verificaram que, apesar de terem observado uma pequena redução no percentual de gordura, aumento na massa magra e melhora no condicionamento físico (aumento de 17% no VO₂ máx), a TMR não sofreu modificação significativa. Porém, naquele estudo os participantes realizavam exercício com intensidade de baixa a moderada, 3 vezes por semana, por um período inferior à uma hora, durante 5 meses, tais situações podem ter sido insuficientes para promover modificações significantes na resposta da TMR. No estudo atual, todos os atletas praticavam ciclismo por mais de 3 anos consecutivos, realizavam exercícios de intensidade moderada durante no mínimo 2,5 horas diárias e 6 vezes por semana, ao longo dos treinos de endurance, além de realizarem durante 1 hora diariamente exercício contra-resistência (musculação), também 6 vezes por semana. Todos esses fatores podem interferir em maior magnitude na TMR.

De acordo com Wilmore et al. (1998), o alto volume de endurance realizado durante anos tem um efeito positivo no aumento da TMR. Além disso, no estudo de Deleza e Potteiger (1998) foi verificado que a associação de treinamento de endurance

e treinamento contra-resistência realizado por 30 homens jovens ativos durante 10 semanas promoveu um aumento significativo na TMR.

Dentro deste contexto, Tremblay et al. (1992) relataram que atletas de endurance apresentam maior TMR do que indivíduos não treinados. No entanto, após a infusão de propranolol (bloqueador de receptores β -adrenérgicos) nos atletas, esta diferença foi reduzida. Este resultado sugere que a estimulação β -adrenérgica leva ao aumento da TMR e que os atletas altamente treinados apresentam maior atividade do sistema nervoso simpático (SNS) ou receptores β -adrenérgicos altamente regulados, promovendo o aumento da TMR. Para ilustrar melhor tal fato, Monroe et al. (2001) analisaram, em 29 jovens saudáveis (15 homens e 14 mulheres), o efeito do propranolol na TMR. Os resultados indicaram que o propranolol proporcionou uma redução significativa da TMR (1555 ± 26 kcal/dia antes da infusão vs 1484 ± 29 kcal/dia após a infusão), confirmando a influência positiva dos receptores β -adrenérgicos no aumento da TMR. Portanto, atletas poderiam apresentar receptores β -adrenérgicos tônicos mais ativos, os quais afetam o metabolismo energético de repouso, fazendo com que os valores de TMR sejam superior aos observados em indivíduos não-atletas.

Além dos dados apresentados, Bell et al. (2004) também relataram que indivíduos treinados apresentam uma TMR superior aos sedentários. Neste estudo, 10 idosos altamente treinados foram submetidos a uma redução significativa do nível de atividade física e da ingestão energética, por um período de 5 dias consecutivos. A TMR e a atividade do nervo simpático do músculo esquelético foram avaliadas antes e após o tratamento em condições normais e com a infusão de bloqueador dos receptores β -adrenérgicos (propranolol). Os pesquisadores verificaram que após a restrição calórica houve redução da TMR e da atividade do SNS. No entanto, observou-se que a infusão de propranolol reduziu a TMR apenas no período pré-experimento, quando os avaliados ainda ingeriam dieta sem restrição calórica. Este fato indica que houve redução da atividade dos receptores β -adrenérgicos tônicos, envolvidos no controle do metabolismo energético de repouso após a restrição calórica. Os resultados deste estudo indicam que o elevado fluxo energético (alto gasto energético com atividade física associado ao elevado consumo energético) em indivíduos altamente treinados tem grande influência na elevação dos valores de TMR, em relação ao estado de baixo fluxo energético, que é característico de um público sedentário. Sendo assim, tais autores confirmam que indivíduos altamente treinados apresentam maior atividade do SNS,

sensibilidade dos receptores β -adrenérgicos e maior TMR que indivíduos sedentários, justificando tais mecanismos fisiológicos em decorrência do alto fluxo energético que o grupo de indivíduos altamente ativos apresenta.

A partir dessas informações, é possível inferir que a TMR de indivíduos ativos, sobretudo de atletas que tem uma elevada carga de treinamento físico diário, é superior à TMR de indivíduos sedentários, uma vez que indivíduos ativos fisicamente apresentam maior massa muscular e maior atividade do SNS. Portanto, os valores de TMR calculados a partir das equações de predição podem ter sido subestimados em decorrência dessas características específicas apresentadas pelos participantes do presente estudo. Deste modo, foi desenvolvida no presente estudo uma nova equação para melhor estimar a TMR de indivíduos atletas, considerando a sua massa magra e a idade apresentada pelos mesmos. Tal equação tem capacidade de explicar 71,27% da TMR de indivíduos com a mesma faixa etária e mesma faixa de massa muscular dos participantes do presente estudo. Assim, considera-se que a referida equação seja mais adequada para ciclistas do que as demais equações de predição apresentadas.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que as equações de predição disponíveis atualmente não são adequadas para estimar a TMR em atletas. Tais equações foram desenvolvidas em estudos envolvendo indivíduos não atletas saudáveis. A TMR varia em função da quantidade de massa livre de gordura apresentada. Desta forma, este é um componente importante a ser incorporado nessas equações, principalmente quando as mesmas são utilizadas para se estimar a taxa metabólica de indivíduos atletas. Diante disto, no presente estudo foi desenvolvida uma nova equação, considerando esta variável com o intuito de proporcionar uma estimativa mais adequada da TMR de ciclistas. Recomenda-se, no entanto, que novos estudos sejam conduzidos para validar a equação desenvolvida em um número maior de atletas, para que assim esta possa ser recomendada e utilizada na prática por educadores físicos, médicos e nutricionistas.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão do auxílio financeiro (processo 1420/06) para a condução do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Clark HD, Hoffer LJ. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 21-6.
2. Pelt REV, Dinneno FA, Seals DR, Jones PP. Age-related decline in RMR in physically active men: relation to exercise volume and energy intake. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001; 281:633-9.
3. Ismail MN, Ng KK, Chee SS, Roslee R, Zawiah H. Predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in Malaysian adults. *Mal J Nutr* 1998; 4: 81-90.
4. Diener, JRC. Artigo de Revisão: Calorimetria Indireta. *Rev Ass Med Brasil* 1997;43: 245-53.
5. Schneider P, Meyer F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11 (3): 193-6.
6. Wahrlich V, Anjos LA. Aspectos históricos e metabólicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão de literatura. *Cad Saúde Pública* 2001a; 17 (4): 801-17.
7. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzeff H, Grossman GD. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1985; 42 (6): 1170-4
8. Cruz CM, Silva AF, Anjos LA. A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil. *Arch Latinoam Nutr* 1999; 49 (3): 232-7.
9. Wahrlich V, Anjos LA. Validação de equações de predição da taxa metabólica basal em mulhrese residentes em Porto Alegre-RS, Brasil. *Rev Saúde Pública* 2001b; 35 (1): 39-45.

10. Nonino CB. Calorimetria indireta x Harris Benedict: Determinação, validação e comparação para o cálculo da taxa metabólica de repouso em obesas grau III [dissertação]. São Paulo (SP): Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2002.
11. Alfonzo-Gonzales G, Doucet E, Almerás N, Bouchard C, Tremblay A. Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/ONU 1985 procedures in adults: comparison to whole-body calorimetry measurements. *Eur J Appl Physiol* 2004; 58: 1125-31.
12. Garcia ES. Taxa metabólica basal de jogadores profissionais de futebol. *Rev Bras Educ Fís Esp* 2006; 20: 82-4.
13. Bray GA, Gray DS. Obesity I: Phathogenesis. *Western. J Med* 1988; 149 (4), 429-441.
14. Cooper KH. O programa aeróbico para o bem estar total. Rio de Janeiro: Nórdica, 1982.
15. Marins J, Giannichi R. Avaliação e prescrição de atividade física. 3. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
16. SPSS Inc. Sigma Stat for Windows [computer program]. Version 3.0. 2003
17. Byrne HK, Wilmore JH. The relationship of mode and intensity of training on resting metabolic rate in woman. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001; 11: 1-14.
18. Campeiz JM, Oliveira PR de, Maia GBM. Análise de variáveis aeróbias e antropométricas de futebolistas profissionais, juniores e juvenis. *Conexões* 2004; 2 (1): 1-19.
19. Speakman JR, Selman C. Physical activity and resting metabolic rate. *Proc Nutr Soc* 2003; 62: 621-34.
20. Bell C, Day DS, Jones PP, Christou DD, Petitt DS, Osterberg K, Melby CL, Seals DR. High energy flux mediates the tonically augmented b-adrenergic support of resting metabolic rate in habitual exercising older adults. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89: 3573-8.
21. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronina. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 941-8.

22. Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bosy-Westphal A, Muller MJ. Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in nonobese adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 278: E308-E315.
23. Smith DA, Dollman J, Withers T, Brinkman M, Keeves JP, Clark DG. Relationship between maximum aerobic power and resting metabolic rate in young adult women. *J Appl Physiol* 1997; 82 (1): 156-63.
24. Wilmore JH, Stanforter PR, Hudspeth LA, Gagnon J, Daw EW, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Alterations in resting metabolic rate as a consequence of 20 wk of endurance training: the HERITAGE Family Study. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 66-71.
25. Dolezal BA, Potteiger JA. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol* 1998; 85 (2): 695-700.
26. Tremblay A, Coveney S, Despres JP, Nadeau A, Prud'homme D. Increased resting metabolic rate and lipid oxidation in exercise-trained individuals: evidence for a role of beta-adrenergic stimulation. *Can J Physiol Pharmacol* 1992; 70 (10): 1342-7.
27. Monroe MB, Seals DR, Shapiro LF, Bell C, Johnson D, Jones PP. Direct evidence for tonic sympathetic support of resting metabolic rate in healthy adult humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001; 280: E740-E744.

ARTIGO 2: INFLUÊNCIA DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NA RESPOSTA METABÓLICA, NA OXIDAÇÃO DE SUBSTRATO ENERGÉTICO E NOS PARÂMETROS SANGUÍNEOS NO PERÍODO PÓS-PRANDIAL E DURANTE A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE

Paula Guedes Cocate¹, Letícia Gonçalves Pereira², João Carlos Bouzas Marins³, Josefina Bressan³, Paulo Roberto Cecon³, Rita de Cássia Gonçalves Alfenas³.

1.Mestranda em Ciências da Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2.Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 3. Professor(a) Dr.(a) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Endereço para correspondência: Nome do autor: Paula Guedes Cocate. Endereço: Rua Liberato Antônio da Cunha, num. 110. Cidade: Astolfo Dutra – MG (Brasil). CEP:36780-0000. Telefone: (32) 3451-1712, Celular: (32) 8412-6922. Email: guedescocate@yahoo.com.br. Instituição: Universidade Federal de Viçosa – MG (Brasil).

RESUMO

Estudos mostram que o consumo de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG) pré-exercício pode resultar em elevações glicêmicas mais lentas e constantes, garantindo oferta adequada de energia durante o exercício, além de favorecer uma maior oxidação de gordura no período pós-prandial (PP), contribuindo para uma composição corporal adequada. O objetivo deste estudo foi verificar a influência do consumo de alimentos de alto índice glicêmico (AIG) ou BIG, durante 4 dias consecutivos, na resposta metabólica, parâmetros bioquímicos e na utilização de substratos energético no PP e durante o exercício. Participaram do estudo 15 ciclistas, com idade ($24,4 \pm 3,8$ anos), índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg/m² e de VO_2 máx $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Os atletas ingeriram cargas isocalóricas de AIG (IG=74,42) ou BIG (IG=26,57). Após 90 min PP foi realizado um exercício cicloergométrico de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, praticado em três estágios de 10 min. O consumo da carga de AIG resultou em área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica no PP maior ($p < 0,05$) que a de BIG. Esta diferença não foi suficiente para resultar alteração da glicemia ($p > 0,05$) durante o exercício. Verificou-se que o consumo da carga BIG causou menor taxa de oxidação lipídica e maior de carboidrato ($p < 0,05$) que a ingestão da carga de AIG, possivelmente devido ao seu elevado teor de frutose. Estes resultados indicam que o

consumo de alimentos de BIG ricos em frutose cristalizada não leva ao aumento da taxa de oxidação lipídica, não sendo indicado quando se pretende reduzir a quantidade de gordura corporal. Além disso, tais alimentos não diferiram daqueles de AIG quanto à oferta adequada de energia durante o exercício em atletas com elevado nível de treinamento.

Palavras chave: Índice glicêmico, exercício de alta intensidade, resposta metabólica, oxidação lipídica, parâmetros bioquímicos.

INFLUENCE OF GLYCEMIC INDEX OF FOODS IN THE METABOLIC RESPONSE, ENERGETIC SUBSTRATE OXIDATION, AND IN THE LEVEL OF BLOOD PARAMETERS IN THE POST-PRANDIAL INTERVAL AND DURING A HIGH INTENSITY EXERCISE

ABSTRACT

According to some authors, pre-exercise low glycemic index (LGI) foods consumption can result in slow and constant glycemic increases, maintaining the appropriate supply of energy during the exercise, favoring also a higher fat oxidation in the post-prandial interval (PP), and favoring the achievement of an adequate body composition. The purpose of this study was to verify the effect of the consumption of high glycemic index (HGI) or low glycemic index (LGI) foods, during 4 consecutive days, in the metabolic response and in the energetic substrate utilization in the PP and during the exercise. Participated in the study 15 cyclists, aged $24,4 \pm 3,8$ years, body mass index of $21,97 \pm 1,46$ kg/m² and VO₂máx of $70,00 \pm 5,32$ mL (kg.min)⁻¹. The athletes ingested HGI (glycemic index (GI)=74,42) or LGI (GI=26,57) isocaloric loads. Participants underwent an 85 to 95% of maximum cardiac frequency cycloergometric exercise 90 minutes after the PP, which was conducted in three stages during 10 minutes each. The consumption of HGI loads resulted in higher ($p < 0.05$) area under the glycemic and insulinemic curves in the PP than after LGI ingestion. This difference was not enough to result in different ($p > 0.05$) glicemia during the exercise. It was verified that the consumption of the LGI load resulted in lower fat oxidation and higher carbohydrate oxidation ($p < 0.05$) than the ingestion of HGI load in the PP, possibly due to its high fructose content. These results indicate that the consumption of LGI foods having a high

fructose content does not lead to the increase in the fat oxidation rate, and therefore are not indicated when body fat control is desired. Besides that, such food types are not better than HGI foods to supply the appropriate energy requirements during the exercise.

Keywords: Glycemic index, high intensity exercise, metabolic response, fat oxidation, biochemical parameters.

1. INTRODUÇÃO

A ingestão de carboidrato em quantidade adequada antes do exercício pode ser importante para garantir a manutenção da glicemia em concentrações apropriadas durante o exercício (Brun et al., 2001). Além da quantidade, a qualidade do carboidrato ingerido pré-exercício pode ser importante para garantir a oferta adequada de glicose durante a realização de exercícios físicos. A classificação dos carboidratos quanto a qualidade, pode ser feita por meio do índice glicêmico (IG) dos alimentos. Assim, pelo IG os alimentos contendo carboidrato são classificados quanto à resposta glicêmica obtida após consumo de uma porção do alimento contendo 25 g (ou 50g) de carboidrato disponível. Tal parâmetro é definido como a área formada abaixo da curva de resposta glicêmica, obtida para o alimento teste em relação aquela obtida após o consumo de uma porção do alimento de referência (glicose ou pão branco), contendo o mesmo teor de carboidrato disponível (Wolever et al., 1991).

A partir desta classificação dos carboidratos, diversos estudos foram conduzidos na área de nutrição esportiva, para averiguar o efeito do IG do alimento na disponibilidade de combustíveis antes, durante e após o exercício, no metabolismo energético e na performance de atletas (Febbraio e Steward, 1996, Febbraio et al., 2000, Wu et al., 2003, Wee et al., 1999, Wee et al., 2005, Stevenson et al., 2005). Dentro deste contexto, alguns autores têm verificado que o consumo de alimentos de alto índice glicêmico (AIG) pode ser prejudicial, uma vez que o consumo dos mesmos pode levar à elevação aguda da glicemia pós-prandial, seguida por um aumento marcante da secreção insulínica, levando a hipoglicemia subsequente à redução da disponibilidade de carboidrato durante o exercício (Stenvenson et al., 2005). Por outro lado, a ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG) pré-exercício vem sendo relacionado com

elevações glicêmicas mais lentas e constantes, resultando em níveis de substratos energéticos favoráveis durante o exercício, maior oxidação de gordura e menor oxidação de carboidrato no período pós-prandial e durante o exercício (Wee et al., 1999; Wu et al., 2003; Wee et al., 2005).

A maioria dos estudos em que se avaliou o efeito do IG de alimentos consumidos pré-exercício na resposta metabólica e oxidação de substratos no período pós-prandial e durante o exercício, foram conduzidos após consumo agudo de uma refeição antes do exercício físico (Febbraio e Stewart, 1996; Sparks et al., 1998; Febbraio et al., 2000; Wee et al., 2005). A avaliação deste efeito em associação ao consumo de alimentos de AIG ou de BIG por vários dias consecutivos ainda não é bem documentada na literatura. Em pesquisa realizada nos meses de maio e julho de 2007 à base de dados Medline, Scielo, Science Direct, Pubmed, com palavras chaves: glycemic index, exercise, substrate oxidation, preexercise, carbohydrate meals, carbohydrate feedings metabolic responses verificou-se que apenas dois estudos avaliaram o efeito do consumo de duas refeições antes do exercício na resposta glicêmica, insulinêmica, nos concentrações séricas de ácidos graxos livres e na oxidação de substratos. Em um destes estudos, foi feita a oferta de refeições de AIG ou de BIG (café da manhã e almoço), 6 horas antes do exercício (Stevenson et al., 2005). No outro estudo, refeições de AIG ou de BIG foram ingeridas na noite anterior ao teste e 3 horas antes da realização do exercício (Stevenson et al., 2007).

Em um outro estudo, avaliou-se o efeito da ingestão de dietas isocalóricas de alto ou de baixo IG (45% carboidrato, 35% gordura, 20% proteína) ou de dieta rica em gordura (DRG) (20% carboidrato, 59% gordura, 21% proteína), durante 7 semanas, na deposição de gordura epididimal e nas concentrações de leptina de repouso de ratos *Wistar*. Os resultados demonstraram que não houve diferença no peso corporal entre os grupos. No entanto, a massa de gordura epididimal do grupo de BIG foi 22% menor que a do grupo de AIG e 41% menor que a do grupo DRG. A leptina plasmática foi maior após o tratamento com AIG ($11,0 \pm 2,1 \mu\text{g/l}$) quando comparado ao BIG ($7,5 \pm 1,0 \mu\text{g/l}$), sendo esta altamente correlacionada à gordura epididimal. No entanto, deve-se ressaltar que apesar de sua validade científica, estudos com animais de laboratório apresentam valor limitado no que diz respeito à extrapolação desses dados para seres humanos, em função das diferenças existentes no metabolismo entre tais espécies (Pawlak et al., 2004).

O efeito do consumo de dietas diferindo em IG no IMC, na massa magra e na massa gordurosa foi avaliado durante 2 períodos, com duração de 8 dias consecutivos. Ao final do estudo, não foram observadas diferenças nos parâmetros antropométricos e de composição corporal avaliados. No entanto, após análise estatística do tipo One-Sample T test, considerando o valor zero IMC e massa gordurosa, após a ingestão da dieta de BIG. As alterações nos parâmetros avaliados poderiam ter sido mais evidentes, caso o estudo tivesse uma duração maior. Adicionalmente, os efeitos da ingestão dos alimentos de BIG na massa gordurosa poderiam ter se mostrado mais evidentes, caso a taxa de oxidação lipídica tivesse sido avaliada (Alfenas, 2003).

Em um estudo de *crossover*, dietas de AIG e de BIG foram ingeridas por homens durante 5 semanas. Embora o registro da quantidade de alimentos ingeridos durante o período de estudo não tivesse se alterado, observou-se uma redução significativa da adiposidade quando os homens ingeriram dietas de baixo IG. Além disso, de modo semelhante ao observado no estudo de Alfenas (2003), apesar dos participantes desse estudo não terem apresentado alteração no peso corporal, quando a dieta de BIG foi ingerida, observou-se uma tendência ao aumento da massa livre de gordura (Bouche et al., 2002). A ingestão de dietas BIG possivelmente teria favorecido a redução do peso dos participantes deste estudo, caso esta ingestão tivesse sido associada à prática de exercícios físicos nesses dois últimos estudos citados.

Tem sido divulgado que um alto coeficiente respiratório (RQ) de jejum é o principal fator envolvido no ganho de peso (McCarty, 2000). A ingestão de dietas de AIG leva a uma menor oxidação lipídica do que as de BIG em humanos (Febbraio et al., 2000). Assim, a ingestão de alimentos de BIG pode favorecer uma redução da quantidade de gordura corporal por aumentar a oxidação lipídica e reduzir a oxidação de carboidratos, em função da menor liberação insulínica (Eckel, 1992).

Até a presente data, não foi identificado nenhum estudo conduzido para avaliar o efeito do consumo contínuo e de forma controlada de alimentos diferindo em IG no em parâmetros sanguíneos, metabolismo energético e na taxa de oxidação de substrato. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da ingestão de duas refeições diárias, durante 4 dias consecutivos, apresentando valores mensurados e distintos de IG na resposta metabólica, na oxidação de substrato energético e nas concentrações séricas de alguns parâmetros no período pós-prandial e durante a realização de um exercício intervalado de alta intensidade.

2. CASUÍSTICA E MÉTODOS

Participaram do presente estudo 15 ciclistas do sexo masculino, com idade de $24,4 \pm 3,7$ anos (média \pm desvio padrão), peso de $67,11 \pm 5,52$ kg, gordura corporal de $7,72 \pm 2,49\%$ e VO_2 máx de $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Todos os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Composição Corporal e Metabolismo Energético, da Universidade Federal de Viçosa-MG, cuja temperatura ambiente foi mantida entre 24 e 26 °C e a umidade relativa do ar entre 70 e 75%.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente no estudo. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa-MG (parecer nº 021/2006), atendendo as orientações da resolução 196/96 do CNS, de 10/10/96, sobre experimentos com seres humanos.

Crítérios de seleção da amostra

Foram considerados os seguintes critérios de seleção: sexo masculino; nível de restrição/desinibição alimentar < 14 (Strunkard e Messick, 1985); idade entre 18 e 35 anos; não estar fazendo dieta para controle de peso; peso estável (alteração < 3 kg) nos últimos 3 meses; excelente nível de aptidão física, de acordo com a classificação proposta por Cooper (1982); não obtenção de resposta positiva a todas as perguntas do questionário “Par Q & Você” (Pollock e Wilmore, 1993); pressão arterial em repouso normal; praticante regular (no mínimo 3 vezes por semana) de exercício físico; não fumantes; não usuários de álcool ou de medicamentos que afetem a ingestão de alimentos e ou metabolismo energético.

Desenho experimental

Trata-se de um estudo em *crossover*, onde os voluntários selecionados participaram aleatoriamente de 2 etapas experimentais, quando os mesmos ingeriram alimentos de AIG ou de BIG, durante 4 dias consecutivos. Tais etapas foram separadas entre si por um intervalo de no mínimo 1 semana. Do primeiro ao quarto dia de cada etapa experimental, os voluntários fizeram a ingestão da refeição de AIG ou de BIG, de

acordo com a etapa em que estavam, no desjejum e no lanche da tarde. No quarto dia de tais etapas, os voluntários ingeriram apenas o desjejum.

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram ao Laboratório de Composição Corporal e Metabolismo Energético, da Universidade Federal de Viçosa-MG, após 12 horas de jejum, para avaliação da composição corporal, antropometria, taxa metabólica de repouso, da termogênese induzida pela dieta (TID) e da taxa de oxidação lipídica e de carboidratos. Nesses dias, os voluntários também foram submetidos à avaliação das concentrações glicêmicas, insulinêmicas e de ácidos graxos livres no tempo 0 (imediatamente antes da ingestão das cargas teste), 30, 60 e 90 minutos após o consumo das cargas de AIG ou de BIG; e 10, 20 e 30 minutos durante a realização do exercício. O nível de lactato sanguíneo foi avaliado imediatamente antes do início de realização do exercício (coincidindo com o período de 90 minutos pós-prandiais) e nos períodos de 10, 20 e 30 minutos durante a realização do mesmo.

Após a realização de todos os testes, os voluntários foram liberados para exercer suas atividades normais em condições de vida livre, mantendo o registro dos tipos e quantidades de alimentos ingeridos do primeiro ao quarto dia do estudo. Os voluntários foram orientados a ingerir preferencialmente, alimentos de BIG ou AIG, de acordo com a etapa na qual estavam participando. Para tal, todos receberam uma lista de substituição de alimentos de AIG e de BIG e foram orientados a substituir os alimentos da dieta por outros que apresentavam IG semelhantes. Durante o experimento, os avaliados foram solicitados a manter o mesmo nível de atividade física.

Avaliação Antropométrica e da Composição Corporal

Foi calculado o índice de massa corporal (IMC) (Bray e Gray, 1988), relacionando o peso (kg) e a altura (metros ao quadrado). Os voluntários foram pesados utilizando-se balança eletrônica digital da marca Tanita®, com capacidade de 150 kg, graduação de peso de 0,1 kg e graduação de gordura de 0,1%, usando o mínimo de roupa possível. A altura foi determinada utilizando-se um antropômetro vertical milimetrado, com extensão de 2m e escala de 0,5 cm. Para a determinação do peso e da altura, os avaliados encontraram-se de pé, em posição firme, com os braços relaxados e cabeça no plano horizontal. Foram considerados eutróficos os voluntários que apresentaram valores de IMC de 18,5 a 24,9 kg/m² (WHO, 1995).

A composição corporal (quantidades e percentuais de gordura corporal total, massa magra e água corporal total) dos participantes do estudo foi avaliada utilizando-se o método da bioimpedância (TANITA, modelo TBF-300A). Para tal, os voluntários foram orientados a fazer o mínimo de atividade física e se abster do consumo de café no dia anterior ao teste, não consumir álcool nas 48 horas antecedentes e evitar a ingestão de água nas horas precedentes ao teste.

Cargas testadas

Todas as cargas servidas durante o estudo foram preparadas no Laboratório de Estudo Experimental dos Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Tais cargas apresentavam semelhança em termos de quantidade de macronutrientes (73,30% de carboidrato disponível; 7,55% de proteína; 9,80% de lipídios), densidade calórica (4,48 kcal/g) e teor de fibras (0,12g de fibra por grama da refeição consumida). As cargas teste foram consumidas pelos voluntários dentro de 15 minutos. Essas cargas forneciam teor calórico correspondente a 1/3 do gasto energético de repouso e aproximadamente 2 g de carboidrato disponível por quilograma de peso corporal de cada voluntário (Wu et al, 2003; Stevenson et al, 2005).

As cargas teste oferecidas no desjejum e lanche da tarde das etapas de AIG e de BIG continham os seguintes alimentos:

Carga de alto IG (AIG): *Corn Flakes*, Benefiber (fibra solúvel) e bebida carboidratada (repositor hidroeletrolítico para praticante de exercício físico) de marcas comercializada internacionalmente, leite integral, glicose em pó, pão branco, margarina de marcas comercializadas nacionalmente.

Carga de baixo IG (BIG): *All Bran* e iogurte desnatado de morango de marcas comercializada internacionalmente, frutose em pó, pão multigrãos, margarina e suco de uva de marcas comercializadas nacionalmente e maçã fuji (ANEXO VIII).

Na tabela 1 está representada a quantidade de macronutrientes e de fibras e o valor de IG das cargas de AIG e BIG.

Tabela 1 – Média do teor de macronutrientes e de fibras, densidade calórica e índice glicêmico apresentados pelas refeições de alto e de baixo índice glicêmico

Características apresentadas*	Tipo de refeição testada	
	Alto índice glicêmico	Baixo índice glicêmico
Composição nutricional (g/refeição)		
Carboidrato	122,76 ± 18,63	124,69 ± 10,9
Proteína	12,07 ± 3,71	13,42 ± 2,76
Lipídio	15,77 ± 3,71	13,79 ± 3,76
Fibras	17,74 ± 6,09	17,34 ± 4,22
Índice glicêmico	74,42	26,67

* Valores apresentados em média ± DP

Determinação do índice glicêmico das cargas testadas

A seleção prévia dos alimentos a serem incluídos nas refeições de alto e de baixo IG foi feita baseando-se nos valores de IG publicados na Tabela Internacional de Índice Glicêmico (Foster-Powell et al., 2002).

A determinação do IG dos alimentos foi feita em um estudo piloto. Para tal, foram recrutados 7 voluntários (2 homens e 5 mulheres) eutróficos com idade de 22,8 ± 3,1 anos (IMC de 21,4 ± 2,5 kg/m², glicemia normal, não diabéticos, sem história familiar de diabetes ou de intolerância à glicose, sem uso de medicamentos que afetem a glicemia). Os voluntários ingeriram as cargas testadas uma vez. A glicose foi utilizada como alimento de referência, sendo ingerida três vezes por cada voluntário (FAO, 1998).

Tais voluntários se apresentaram ao laboratório após 10-12 horas de jejum. Uma porção da carga a ser testada, contendo 50 g de carboidrato disponível, foi ingerida em 15 minutos (Wolever & Bolognesi, 1996). Alterações glicêmicas resultantes desta ingestão foram avaliadas pela determinação da glicemia capilar utilizando o aparelho *One Touch Ultra*[®], nos tempos 0 (imediatamente antes da ingestão), 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min (após início da ingestão) (FAO, 1998). A área positiva formada abaixo da curva de resposta glicêmica foi calculada pelo método trapezoidal (Wolever et al., 1991). Os valores de IG das refeições foram calculados a partir da área obtida após a ingestão de cada refeição, sendo expressa em termos da porcentagem da resposta

glicêmica obtida após a ingestão da glicose. O IG de cada refeição foi determinado a partir da média aritmética dos valores obtidos pelos 7 voluntários (Wolever et al., 1991; FAO, 1998).

Avaliação do gasto energético e da oxidação lipídica e glicídica

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram ao Laboratório de Composição Corporal e Metabolismo Energético, da Universidade Federal de Viçosa-MG, após 12 horas de jejum. Os voluntários foram orientados a evitar a ingestão de álcool e o excesso de atividade física no dia anterior à aferição do metabolismo energético. Ao chegarem ao laboratório, os voluntários permaneceram em repouso por 30 minutos em ambiente silencioso, com pouca iluminação e com temperatura confortável, para evitar alterações causadas por frio ou ansiedade (Diener, 1997).

A seguir, procedeu-se a mensuração do metabolismo em repouso durante 30 minutos, utilizando o aparelho de calorimetria indireta (Deltatrac II[®] Datex, Finlândia), que mede a taxa metabólica pela determinação do consumo de oxigênio e da produção de dióxido de carbono, por um dado período de tempo. Foram obtidos também os valores do quociente respiratório (RQ), que relaciona os moles de CO₂ expirado/moles de O₂ consumido (Buscemi et al, 1996; Valtueña et al, 1997). Esta determinação é convertida em quilocalorias de calor produzido por metro quadrado de superfície corporal por hora e extrapolado para o gasto energético total.

Após esse período, os participantes ingeriram a carga de AIG ou de BIG e retornaram ao aparelho de calorimetria indireta, permanecendo neste durante 90 min para a mensuração da termogênese induzida pela dieta (TID). Em seguida, os participantes fizeram um exercício cicloergométrico, com intensidade de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, avaliada no teste máximo de Balke, realizado na semana anterior.

As taxas de oxidação de lipídios e carboidratos foram estimadas a partir do VO₂ e VCO₂ avaliados no período de determinação do metabolismo de repouso e da TID, usando as seguintes equações estequiométricas (Frayn, 1983):

$$\text{Taxa de oxidação de lipídios (g/min)} = 1,695 \times \text{VO}_2 - 1,701 \times \text{VCO}_2$$

$$\text{Taxa de oxidação de carboidrato (g/min)} = 4,585 \times \text{VCO}_2 - 3,226 \times \text{VO}_2$$

Determinação da frequência cardíaca máxima

Na semana anterior ao início do experimento, os participantes foram submetidos ao teste máximo de Balke, utilizado um cicloergômetro eletromagnético, da marca Ergo Fit, modelo Ergo Cycle 167. Neste teste, foram empregados estágios múltiplos, iniciando com carga de 50 watts, a qual foi aumentada a cada dois minutos, com magnitude de 50 watts, até o alcance do limite máximo (Marins e Giannichi, 2003). A seguir, foi registrado (em watts) o valor da última carga completada pelo voluntário, bem como o valor do peso corporal aferido antes da realização do teste, para a determinação do volume máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e do nível de aptidão física dos voluntários (Cooper, 1982). A intensidade do exercício foi determinada utilizando o valor da frequência máxima obtida no teste para o cálculo da frequência cardíaca de treino (FCT), que leva em consideração a frequência cardíaca de reserva, utilizando a seguinte fórmula: $FCT = FC_{\text{repouso}} + \% (FC_{\text{máxima calculada}} - FC_{\text{repouso}})$ proposta por Karvonen et al. (1957).

Exercício Físico

Após 5 minutos de aquecimento com intensidade de 40% da frequência cardíaca máxima, os voluntários realizaram um exercício cicloergométrico, com intensidade de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, em três estágios com duração de 10 minutos e intervalos de 2 minutos. No período de repouso (imediatamente antes do exercício) e no quinto e décimo minuto de cada estágio a frequência cardíaca foi monitorizada adotando um frequencímetro modelo M31 da marca Polar[®] e a pressão arterial sistólica e diastólica foram mensuradas por meio de um esfigmomanômetro e um estetoscópio da marca Wan Med[®]. Além destes parâmetros cardiovasculares, nos mesmos intervalos de tempo durante o exercício, foi avaliado o parâmetro subjetivo denominado índice de percepção de esforço (IPE), por meio da Escala de Borg (Borg, 2000). Durante o exercício, os participantes consumiram 3mL de água por quilo de peso corporal em três etapas: após o aquecimento, aos 5 minutos do segundo estágio e no último minuto do último estágio.

Avaliações bioquímicas

As coletas de sangue foram realizadas em veias do antebraço esquerdo ou direito, utilizando seringa descartável BD® de 10 mL e agulhas BD® PrecisionGlide (0,80 x 25 mm). Após a coleta, 5 mL do sangue foram introduzidos no tubo a vácuo sem aditivo com gel separador. Os 5 mL restantes foram colocados em tubo com fluoreto de sódio (na proporção de 1 gota/3 mL de sangue). Logo após esses procedimentos, o soro foi separado do plasma por centrifugação, aplicando rotação de 3000m/s (centrífuga para tubos Quimis®), durante 10 min. Em seguida, o soro obtido no tubo com gel foi separado em outros tubos estéreis, para a posterior análise do ácido graxo livre (1mL) e da insulina (1 mL), enquanto o soro obtido no tubo fluoreto foi destinado para a análise da glicemia e do ácido lático. Os soros para análise de glicemia, lactato e insulina foram estocados de 2 a 8 °C até a sua análise 24h depois. Amostras de soro destinadas à análise de ácidos graxos livres foram congeladas a -20°C, sendo analisado 10 dias após a coleta.

A glicemia foi determinada pelo teste enzimático-colorimétrico, utilizando o método sem desproteinização (Kit glicose enzimática da marca In vitro diagnóstica®), sendo analisado pelo aparelho Cobas Mira da marca Roche®. A insulina foi avaliada por quimiluminescência no aparelho Immulite 2000 (DPC®). As concentrações de lactato foram obtidas por meio do método enzimático, utilizando o aparelho Cobas da marca Roche/Hitache®. As concentrações de ácidos graxos livres foram determinadas pelo método colorimétrico enzimático por determinação dos ácidos graxos não esterificados (NEFAC), como descrito no kit Wako® NEFAC.

Avaliação da ingestão alimentar

A ingestão alimentar habitual antes do estudo e a ingestão alimentar em cada etapa experimental foi avaliada a partir do registro dos tipos e quantidades dos alimentos consumidos. A ingestão habitual foi avaliada a partir de registro alimentar de 3 dias não consecutivos, sendo 2 dias durante a semana e 1 dia de final de semana (Cintra et al., 1997). O efeito de cada tratamento sobre a ingestão foi determinado pelo registro alimentar durante os 4 dias de cada etapa do estudo, até 24 h após o consumo da última carga ingerida.

Para estimar as quantidades de alimentos ingeridos, os voluntários receberam um treinamento utilizando réplicas plásticas de alimentos. Cada registro alimentar foi revisado na presença do voluntário para garantir sua precisão. As quantidades, em medidas caseiras, dos alimentos ingeridos foram então convertidas em gramas e a ingestão calórica e de macronutrientes foi analisada utilizando o software DietPro® (versão 4).

Análises Estatísticas

Para análise dos dados referentes à ingestão calórica e de macronutrientes, níveis dos parâmetros bioquímicos avaliados, gasto energético e oxidação lipídica resultantes dos 2 tipos de tratamentos do presente estudo foi realizada uma análise de variância, seguida pelo teste de Tukey.

As análises foram conduzidas utilizando o software SAEG. Valores de probabilidade abaixo de 0,05 foram considerados estatisticamente significantes. Os resultados estão apresentados como médias e erro padrão (EP).

3. RESULTADOS

Frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica e índice de percepção de esforço

A frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e diastólica e o índice de percepção de esforço entre as etapas do presente estudo não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$).

Respostas glicêmica e insulinêmica

O pico da resposta glicêmica foi alcançado 30 min, após o consumo das cargas. Verificou-se que o valor da glicemia obtida 30 minutos, após consumo da carga de AIG foi maior ($p < 0,05$) que todos os demais tempos obtidos no primeiro e quarto dia do estudo. Observou-se ainda que nesses dias, após ingestão da carga de AIG, a resposta glicêmica observada aos 60 min pós-prandiais foi maior ($p < 0,05$) que aquela observada 10 min (tempo 100 minutos) após o início da realização do exercício (Figura 1).

No quarto dia de consumo da carga de BIG, observou-se que a resposta

glicêmica nos 30 min foi maior do que aquela verificada aos 60 min pós-prandiais. Verificou-se que aos 30 min pós-prandiais, a resposta glicêmica resultante do consumo da carga de AIG foi superior ($p < 0,05$) àquela constatada após ingestão de BIG, tanto no primeiro dia quanto no quarto dia de teste (Figura 1).

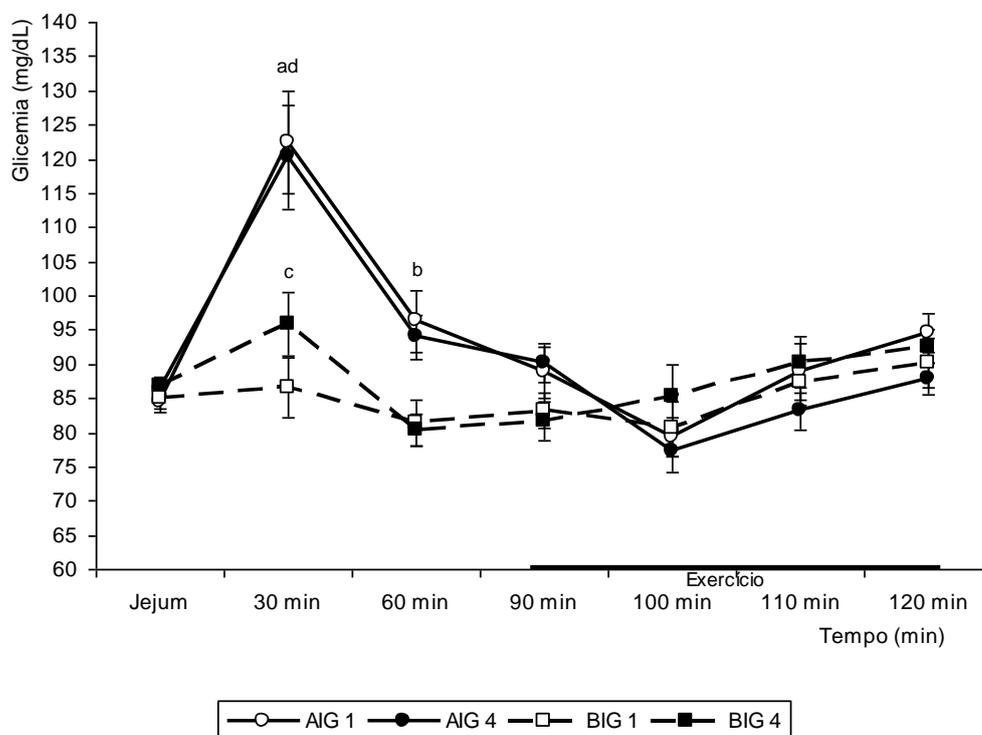


Figura 1: Médias \pm EP da resposta glicêmica obtida em jejum, no período pós prandial (0 a 90 minutos após a ingestão da carga testada) e durante os 30 minutos de realização do exercício (90, 100, 110 e 120 minutos), associada ao consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) 30 minutos do AIG 1 e AIG 4 maior que os demais tempos – jejum, 60 min, 90 min e durante o exercício, (b) 60 minutos maior que 100 minutos no AIG1 e AIG4, (c) 30 min maior que 60 minutos no BIG4, (d) 30 minutos do AIG1 e AIG4 maior que o mesmo tempo no BIG1 e BIG4.

O pico da resposta insulinêmica pós-prandial foi alcançado 30 minutos após o consumo das cargas. Verificou-se que o valor da insulinemia obtida 30 minutos após consumo das cargas de AIG e BIG foi maior ($p < 0,05$) que todos os demais tempos obtidos no primeiro e quarto dia do estudo (Figura 2).

Verificou-se que, no primeiro e no quarto dia de ingestão da carga de AIG, a resposta insulinêmica observada aos 60 e 90 minutos pós-prandiais foi maior ($p < 0,05$) que aquela observada em jejum e aos 10, 20 e 30 minutos (de 100 a 120 minutos pós-

prandiais) de realização do exercício. No primeiro dia de consumo da carga de BIG, observou-se que a resposta insulinêmica aos 60 minutos foi maior ($p < 0,05$) do que aquela verificada em jejum e aos 20 e 30 minutos (110 e 120 minutos pós-prandiais) de exercício. Já no quarto dia de consumo deste mesmo tipo de carga foi identificada que a resposta insulinêmica foi maior ($p < 0,05$) aos 60 minutos em relação aos 30 minutos (120 minutos pós-prandiais) durante o exercício, além dos valores obtidos aos 90 minutos pós-prandiais serem superiores ($p < 0,05$) aos valores de jejum (Figura 2).

Verificou-se que aos 30, 60 e 90 minutos pós-prandiais, a resposta insulinêmica resultante do consumo da carga de AIG foi superior ($p < 0,05$) àquela constatada após ingestão de BIG, tanto no primeiro dia quanto no quarto dia de teste (Figura 2).

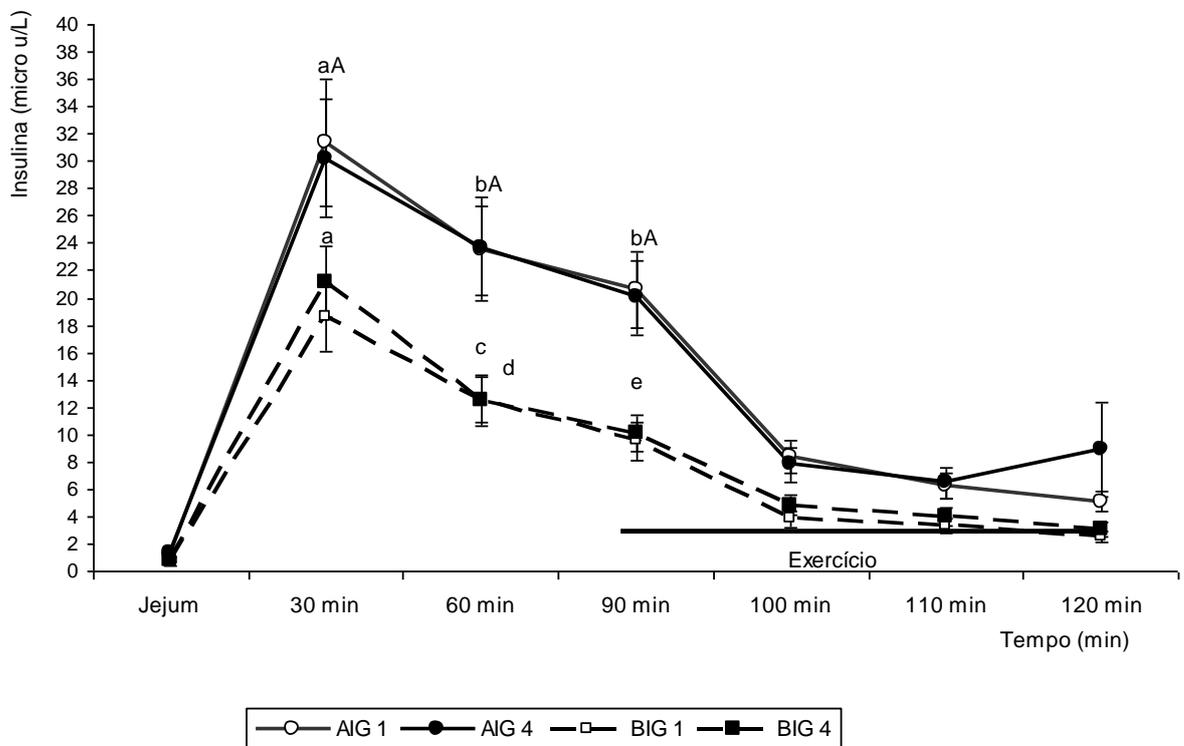


Figura 2: Médias \pm EP da resposta insulinêmica obtida em jejum, no período pós prandial (30 a 90 minutos após a ingestão da carga testada) e durante 30 min de realização do exercício (90, 100, 110 e 120 minutos), associada ao consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Insulinemia superior aos 30 minutos pós-prandiais de AIG ou BIG (b) Insulinemia superior aos 60 e 90 minutos vs jejum e tempos durante o exercício no AIG1 e AIG4, (c) 60 minutos maior que jejum, 110 e 120 minutos de exercício no BIG1, (d) 60 minutos maior que 120 minutos no BIG4, (e) 90 minutos maior que jejum no BIG4, (A) 30, 60 e 90 minutos pós-prandiais maior no AIG que nos mesmos tempos no BIG.

As áreas obtidas abaixo da curva (AAC) de resposta glicêmica no primeiro e quarto dia após consumo da carga de AIG foram superiores ($p < 0,05$) em comparação àquelas obtidas após ingestão da carga de BIG, nos dois dias de teste. Já a AAC insulinêmica foi significativamente superior apenas com o consumo da carga de AIG no quarto dia em comparação com o BIG no primeiro dia. Não foi observada diferença ($p > 0,05$) da AAC glicêmica e insulinêmica entre o primeiro e quarto dia quando avaliados entre si o consumo de AIG1 vs AIG4 ou BIG1 vs BIG4 (Figuras 3 e Figura 4).

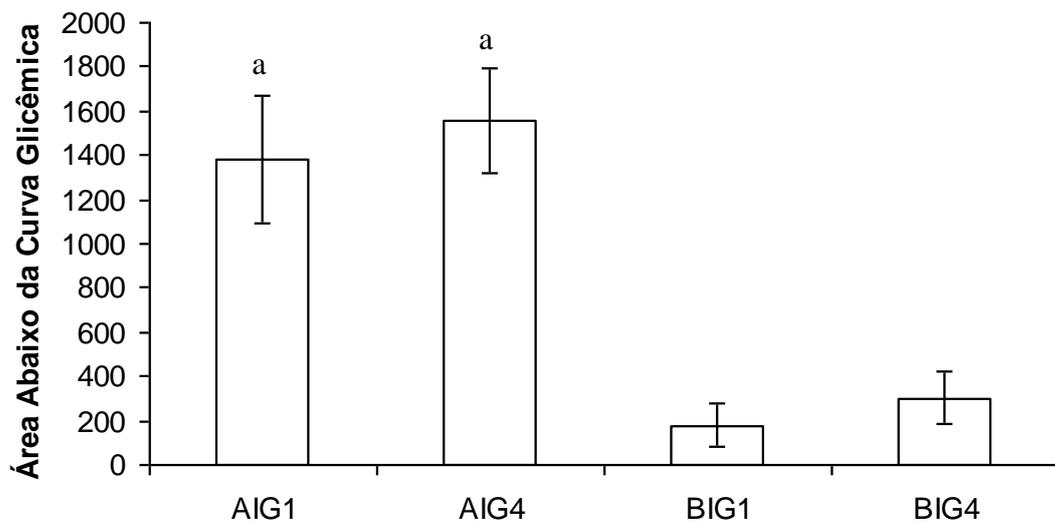


Figura 3: Médias \pm EP das áreas abaixo das curvas (AAC) glicêmicas, obtidas após consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$): (a) As AAC em AIG1 e AIG 4 são maiores que em BIG 1 e BIG4.

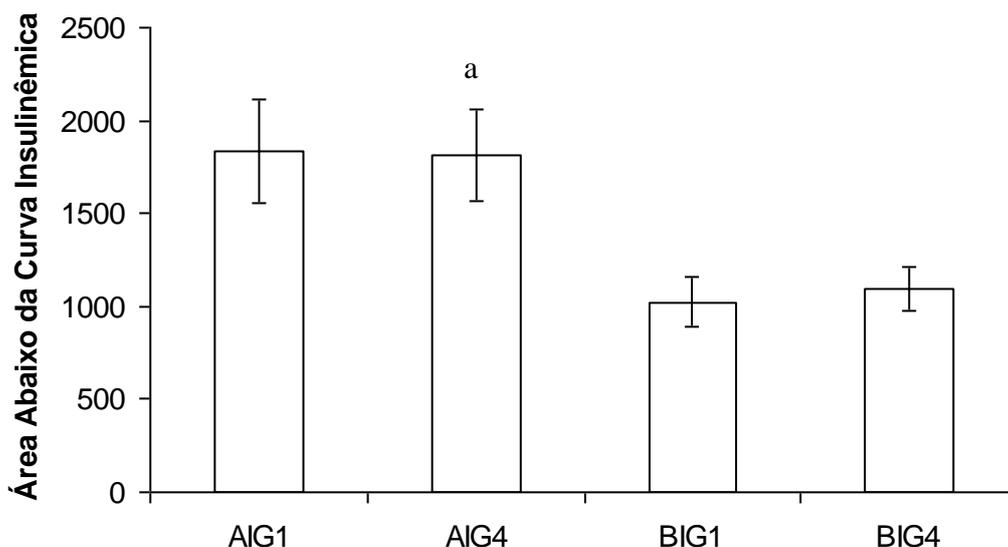


Figura 4: Médias \pm EP das áreas abaixo das curvas (AAC) insulinêmicas, obtidas após consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG 4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). (a) A AAC em AIG4 é maior que em BIG.

Ácido graxo livre

Não foram constatadas diferenças ($p > 0,05$) nas concentrações de ácidos graxos livres obtidas em entre ao consumo de cargas de AIG e BIG durante o estudo. Além disso, o consumo das cargas de AIG ou BIG não afetou ($p > 0,05$) a concentração de ácidos graxos livres entre o primeiro e o último dia de cada etapa. Não foram constatadas diferenças ($p > 0,05$) nos vários tempos em que tais concentrações foram avaliadas em resposta ao consumo das cargas de AIG e BIG. Apenas verificou-se que no quarto dia em que a refeição de AIG foi ingerida, o nível de ácido graxo livre foi superior ($p < 0,05$) em jejum em comparação aos 110 minutos.

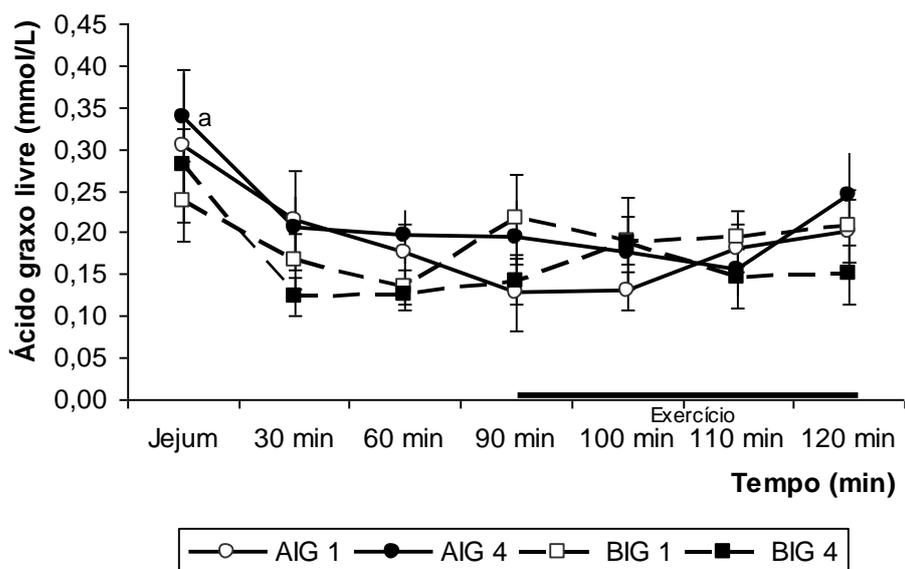


Figura 5: Médias \pm EP do nível de ácidos graxos livres avaliado em jejum, no período pós prandial (30 a 90 min após a ingestão da carga testada) e durante 30 min de realização do exercício (90, 100, 110 e 120 min), associada ao consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Nível de ácidos graxos livres superior em jejum vs 110 min em AIG4.

Lactato sanguíneo

A Figura 6 mostra a oscilação da concentração de lactato sanguíneo, antes e durante a realização do exercício, no primeiro e quarto dias de cada etapa experimental. A concentração de lactato obtido antes da realização do exercício foi menor ($p < 0,05$) do que durante o tempo em que o exercício foi realizado, no primeiro e quarto dia de cada do estudo. Não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os valores obtidos nos diferentes tempos de exercício, nem entre os dois tipos de cargas ingeridas nas duas etapas do estudo.

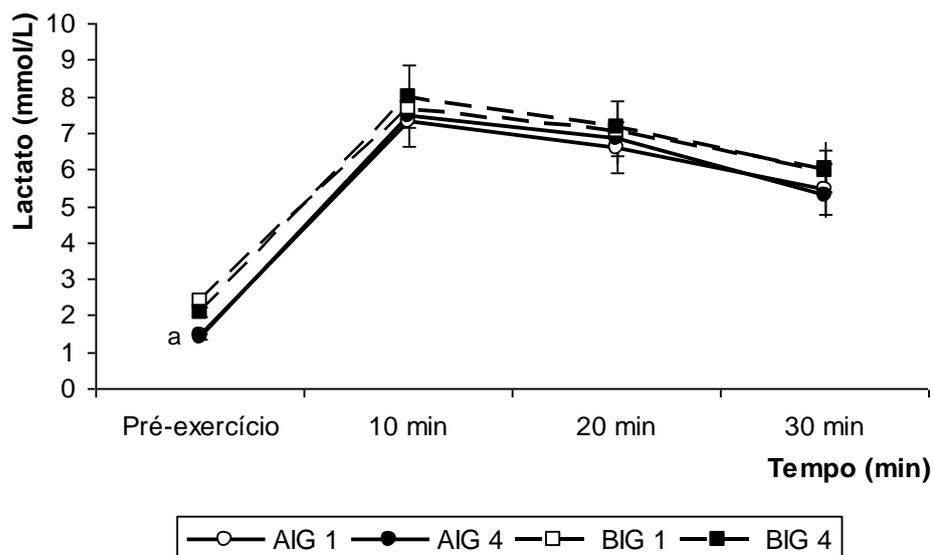


Figura 6: Médias \pm EP do nível de lactato sanguíneo obtido no período pré-exercício (90 min após a ingestão da carga testada) e durante o exercício, associado ao consumo de carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valores de lactato inferiores no pré-exercício que durante os 30 min de exercício no AIG e BIG.

Taxa de oxidação de substrato energético

Durante o período de jejum as taxas de oxidação de gordura e de carboidrato foram semelhantes ($p > 0,05$) para os dois tipos de refeições testadas. No entanto, durante o período em que a TID (90 minutos pós-prandiais) foi avaliada obteve-se taxa de oxidação de gordura maior ($p < 0,05$), no primeiro e no último dia de consumo das refeições de AIG quando comparada à ingestão das refeições de BIG. Além disso, verificou-se que a taxa de oxidação lipídica obtida aos 90 minutos pós-prandiais foi inferior ($p < 0,05$) àquela obtida em jejum, no primeiro e quarto dia de consumo de BIG (Figura 7). Observou-se que a taxa de oxidação de carboidrato obtida durante os 90 minutos de avaliação da TID foi maior ($p < 0,05$) do que a obtida em estado de jejum. A taxa de oxidação de carboidrato obtida no período pós-prandial (TID) foi maior ($p < 0,05$) no primeiro e último dia de consumo de BIG do que de AIG (Figura 8).

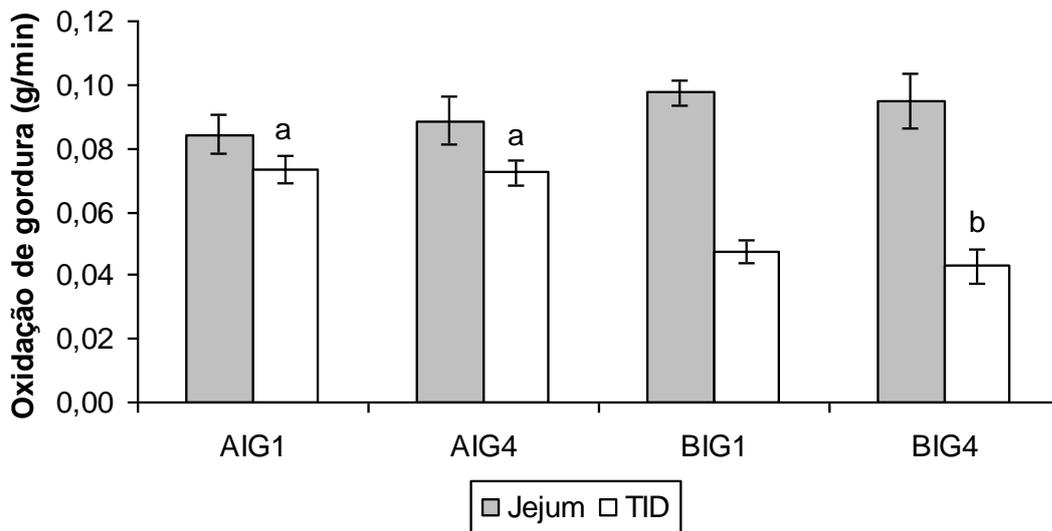


Figura 7: Médias \pm EP da oxidação de gordura obtida na situação jejum e durante a avaliação da termogênese induzida pela dieta (TID) de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Maior oxidação de gordura durante a avaliação da TID de AIG do que de BIG. (b) Menor oxidação de gordura durante a avaliação da TID do que em jejum no quarto dia de BIG.

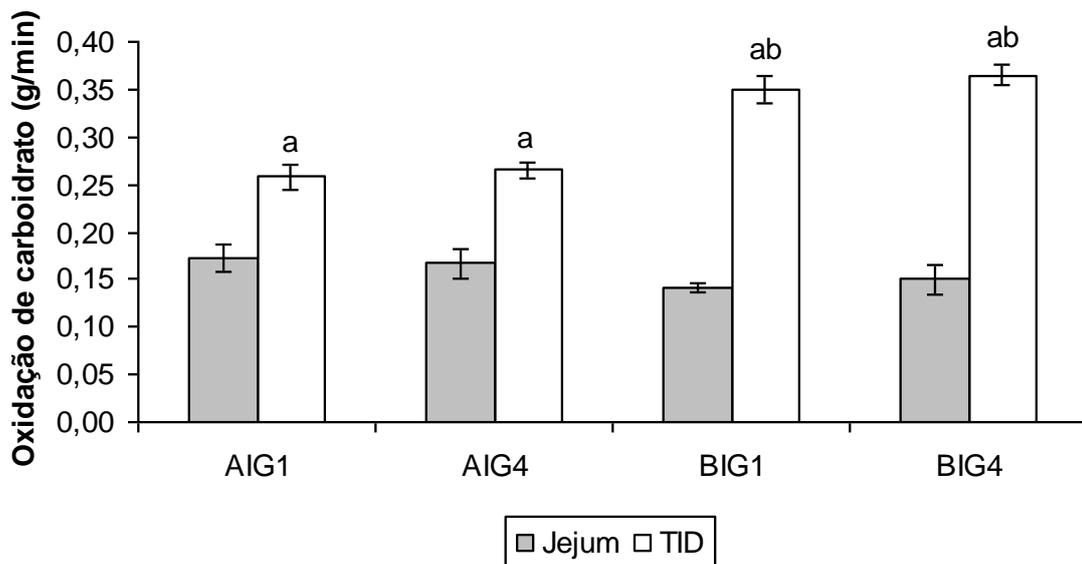


Figura 8: Médias \pm EP da oxidação de carboidrato obtida na situação jejum e durante a avaliação da termogênese induzida pela dieta (TID) de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Maior oxidação de carboidrato durante a avaliação da TID do que em jejum nas etapas de AIG e BIG. (b) Maior oxidação de carboidrato durante a avaliação da TID após a etapa BIG do que a etapa AIG.

Coeficiente respiratório

Não foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) no coeficiente respiratório (CR) em jejum e após o consumo refeições (TID) testadas entre o primeiro e o quarto dia de cada etapa experimental do estudo. Quando as situações foram analisadas no primeiro e quarto dia de cada teste, verificou-se que o CR associado à TID foi superior ($p < 0,05$) àquele observado em jejum no primeiro e no último dia de consumo de refeições de AIG e BIG.

Verificou-se que a TID no primeiro e quarto dia das duas etapas experimentais (ingestão da carga de AIG ou de BIG) foi menor ($p < 0,05$) com o consumo de AIG do que de BIG nos dias correspondentes (Figura 9).

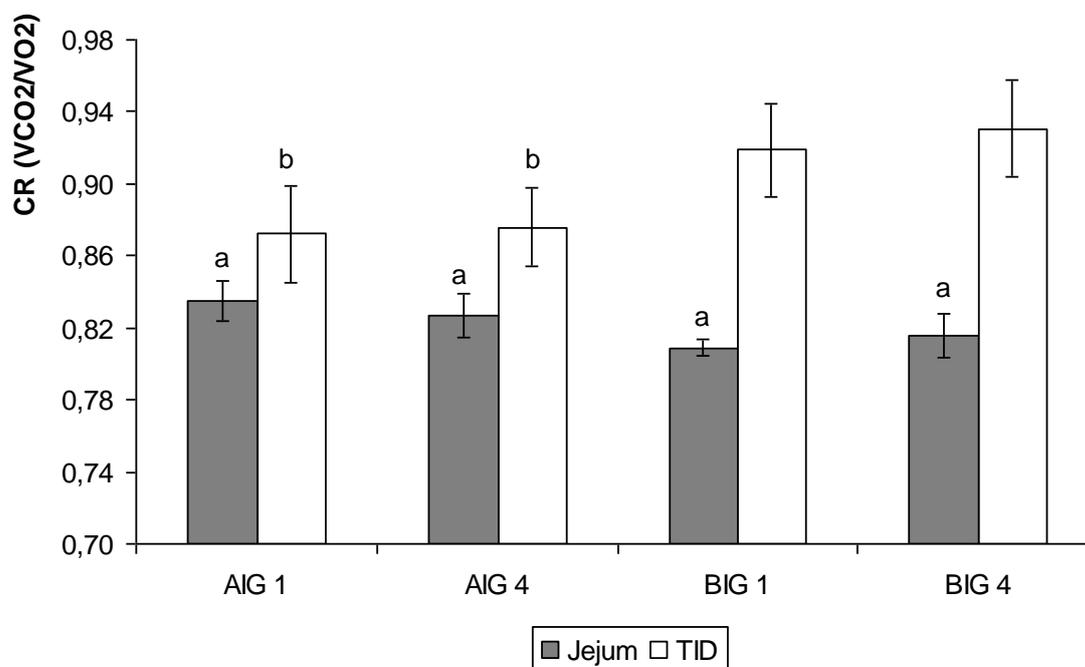


Figura 9: Médias \pm EP do coeficiente respiratório (RQ) obtido em jejum e após o consumo das cargas de AIG e BIG (TID) no primeiro e quarto de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Jejum menor que a TID no AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4, (b) TID de AIG1 e AIG4 menor que BIG1 e BIG4.

Gasto energético

Não foi observada diferença ($p > 0,05$) no gasto energético obtido em jejum ou durante a avaliação da TID entre o primeiro e o último dia da etapa AIG ou BIG. Verificou-se que o gasto de energia em jejum foi menor ($p > 0,05$) que o observado na TID durante o estudo (Figura 10).

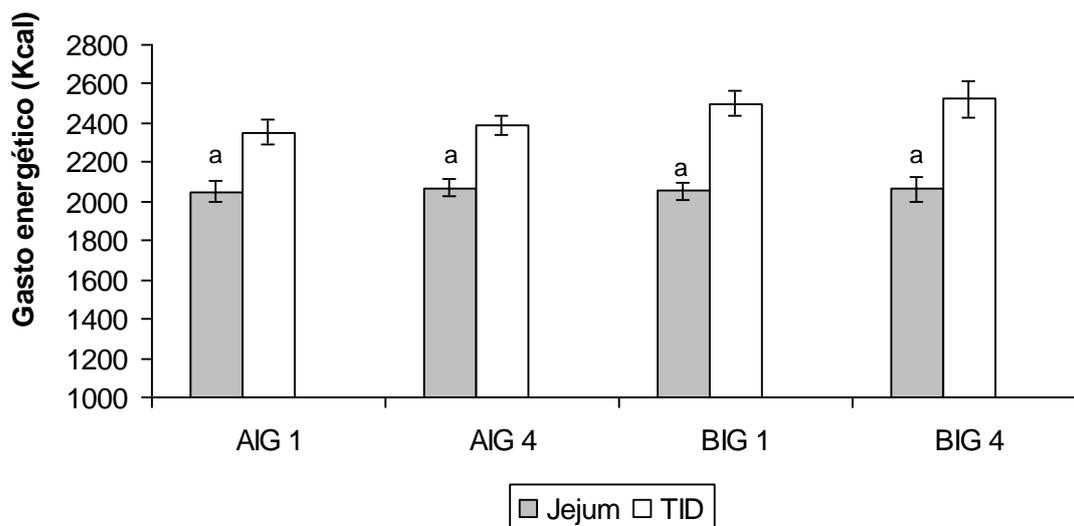


Figura 10: Médias \pm EP do gasto energético em estado de jejum, associado à termogênese induzida pela ingestão de cargas de AIG e BIG (TID) e no período pós-exercício (EPOC) do primeiro e quarto dia de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). (a) Gasto calórico menor na situação de jejum do que na TID com o consumo de AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4.

4. DISCUSSÃO

Efeito do índice glicêmico nos níveis glicêmicos, insulinêmicos, de ácidos graxos livres e de lactato

Segundo alguns autores, o consumo de alimentos de AIG resulta no aumento acentuado da glicemia, o qual é acompanhado por uma maior secreção insulínica, fazendo com que a glicemia caia a níveis inferiores aos observados em níveis basais (Ritz et al., 1991). Por outro lado, o consumo de alimentos de BIG não resulta em elevações glicêmicas e insulinêmicas tão acentuadas, mantendo a glicemia em níveis constantes e mais baixos (Ludwig, 2002; Wu et al., 2003; Stevenson et al., 2005). Em um estudo conduzido por Stannard et al. (2000), constatou-se a ocorrência de pico aos

30 min após consumo de AIG e aos 45 min de BIG, seguido por uma queda aos 60 min pós-prandiais, a qual foi mais acentuada após consumo do alimento de AIG.

Corroborando as informações supracitadas, no presente estudo, o consumo de alimentos de AIG levou ao aumento rápido da glicemia, atingindo pico glicêmico aos 30 minutos após consumo da carga de AIG. A seguir, observou-se queda acentuada dos níveis glicêmicos. Apesar dos valores glicêmicos obtidos durante os 120 minutos de avaliação da glicemia não terem sido inferiores ao nível basal (jejum), a ingestão da refeição de AIG resultou em glicemia significativamente menor nos tempos posteriores ao pico. Por outro lado, apesar do pico glicêmico também ter sido atingido 30 minutos após consumo da refeição de BIG por quatro dias consecutivos, verificou-se a ocorrência de glicemia mais constante ao longo dos 120 minutos de avaliação da resposta glicêmica.

Em um estudo envolvendo 8 corredores treinados (5 homens e 3 mulheres), a ingestão de alimentos de AIG ou de BIG, foi feita 3 horas antes de uma corrida, com intensidade de 70% do VO_2 máximo até a exaustão. Após consumo desses alimentos, a resposta glicêmica foi avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 minutos pós-prandiais e a cada 20 minutos durante o exercício. Verificou-se que a resposta glicêmica obtida após consumo de alimentos de BIG não variou significativamente desde o jejum até o final do exercício (Wee et al., 1999). Resultado semelhante foi observado no primeiro dia de ingestão da refeição de BIG no presente estudo. No entanto, apesar dos valores glicêmicos observados neste primeiro dia não terem variado significativamente, após consumo da carga de BIG, por 4 dias consecutivos, foi observada uma elevação significativa da glicemia aos 30 minutos, em relação aos 60 minutos pós-prandiais. Este resultado sugere que a falta de alteração da glicemia pós-prandial observada quando alimentos de BIG são consumidos de forma aguda ou em um único dia, pode não ser mantida quando esses mesmos alimentos são ingeridos por vários dias consecutivos. Mais estudos devem ser realizados para que se chegue a uma conclusão a respeito do motivo para a mudança no padrão da resposta glicêmica observada do primeiro para o quarto dia de consumo de alimentos de BIG.

De acordo com alguns autores, ao contrário do que se observa após a ingestão de alimentos de AIG, o consumo de alimentos de BIG antes da realização de exercícios físicos é importante para garantir a oferta de glicose, de forma lenta e constante, a ser utilizada como fonte energética durante o exercício (Wee et al., 1999; Wu et al., 2003; Stenvenson et al., 2005; Wee et al., 2005). No presente estudo, observou-se que o

consumo de cargas diferindo em IG não resultou em resposta glicêmica diferente durante a realização do exercício físico. Stevenson et al. (2005) avaliaram a resposta glicêmica durante uma corrida a 70% do VO_2 máx, realizado por 60 min. No referido estudo, homens bem condicionados consumiram 2 refeições isoenergéticas de AIG ou BIG antes do exercício (café da manhã e após 3 horas o almoço), sendo avaliada a resposta glicêmica aos 15, 30, 45 e 60 min durante uma corrida. O consumo de tais refeições, não afetou a glicemia de modo distinto durante os 30 min iniciais do exercício físico. Resposta semelhante foi observada no presente trabalho.

Porém, enquanto no estudo atual a glicemia manteve-se inalterada até o final do exercício, no estudo de Stevenson et al. (2005) foi observada glicemia superior com o consumo da refeição de BIG aos 45 e 60 min de exercício. Deve-se ressaltar que enquanto no presente estudo o teor de fibra oferecido nas refeições de AIG e de BIG foi igual, correspondendo a 0,12g de fibra por grama da refeição consumida, no estudo de Stevenson et al. (2005) este teor diferiu. Apesar daqueles autores (Stevenson et al., 2005) não terem indicado o teor de fibras oferecido nas refeições de BIG, as mesmas eram compostas por frutas, verduras, macarrão feito de farinha integral e cereal contendo grãos integrais. Tais alimentos contêm teor consideravelmente maior de fibras do que aquele oferecido na carga de AIG deste estudo (pão branco, bebida carboidratada artificial e *corn flakes*). Segundo alguns autores, as fibras proporcionam absorção intestinal mais lenta e prolongada dos alimentos (Laville, 2004; Wolever et al., 2004), podendo desta forma ter contribuído para a maior elevação glicêmica ao final do exercício naquele estudo.

No estudo atual, obteve-se resposta insulinêmica significativamente superior de 30 a 90 minutos após consumo da refeição de AIG em relação à refeição de BIG. No entanto, não foram constadas diferenças nos níveis insulinêmicos durante a realização do exercício físico. Respostas comparáveis às obtidas neste estudo também foram constadas em vários outros estudos nos quais alimentos diferindo em IG foram ingeridos antes da realização de exercício cicloergométrico numa intensidade de 70% do VO_2 máximo (Febbraio e Stewart, 1996; Sparks et al., 1998; Febbraio et al., 2000).

A área formada abaixo das curvas glicêmica e insulinêmica apresentou-se superiores após a ingestão da carga de AIG em relação à de BIG, tanto no primeiro como no quarto dia de teste do estudo atual. Este resultado também foi observado no estudo de Wu et al. (2003) e Wu e Williams (2006). Nestes estudos foram oferecidas dietas isocalóricas de AIG ou BIG, 3h antes do exercício realizado durante 60 minutos,

a 65% do VO_2 máximo (Wu et al, 2003) e a 70% do VO_2 máximo até a exaustão (Wu e Williams, 2006). Tais resultados sugerem que a área formada abaixo das curvas glicêmica e insulinêmica após consumo de alimentos de AIG se mantém maior em relação á de BIG, mesmo quando tal ingestão ocorre 3 horas antes da realização do exercício físico.

O consumo de cargas de AIG ou de BIG não afetou de forma distinta as concentrações de ácidos graxos livres, durante os 120 minutos em que este parâmetro foi avaliado no presente estudo. De modo contrário, nos estudos conduzidos por Wee et al. (1999 e 2005), verificou-se que o consumo da dieta de AIG e BIG resultou em valores menores de ácidos graxos livres aos 180 minutos pós-prandiais do que em jejum. Deve-se ressaltar, no entanto, que as cargas de BIG oferecidas no presente estudo apresentavam alto teor de frutose em pó. De acordo com Surmely et al. (1999) a frutose proporciona baixo estímulo da secreção insulínica e suprime a liberação de ácidos graxos livres. Assim, a grande quantidade de frutose em pó contida na carga BIG pode ter contribuído para a menor liberação de ácidos graxos livres, ao contrário do observado nos estudos de Wee et al. (1999 e 2005), nos quais a frutose em pó não foi oferecida.

Entretanto, observou-se que as concentrações de ácidos graxos livres obtidos após consumo da carga de AIG no presente estudo são semelhantes aos verificados em outras pesquisas (Febbraio et al., 2000, Wu et al., 2003, Wee et al., 2005), ou seja, a concentração de ácidos graxos livres obtidas no período pós-prandial (antes e durante o exercício) foram inferiores à obtida em jejum, apresentando variações sem significância estatística neste intervalo de tempo. Tais respostas possivelmente ocorreram em função da AAC glicêmica e insulinêmica após consumo das cargas de AIG, bem como pela maior taxa de oxidação de carboidrato em relação ao estado de jejum

No presente estudo, verificou-se que o consumo das cargas de AIG não resultou em níveis de lactato distintos dos observados durante a realização do exercício físico. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos (Febbraio e Stewart, 1996; Sparks et al., 1998). Em um estudo conduzido por Wu et al. (2003) também não foram identificadas diferenças nas concentrações de ácido láctico durante 60 minutos de exercício, realizado a 65% do VO_2 máx, com o consumo de dietas de AIG e BIG, 3 horas antes do exercício. Stevenson et al. (2005) também não verificaram diferença significativa nas concentrações de ácido láctico sanguíneo, durante uma corrida com intensidade de 70% do VO_2 máx e duração de 60 minutos, após o consumo de café da

manhã e almoço de AIG ou BIG. Assim, os resultados desses 3 estudos são consistentes e indicam que o IG dos alimentos não influencia as concentrações de lactato durante o exercício em indivíduos treinados.

Efeito do índice glicêmico na oxidação de lipídios e carboidratos

No presente estudo, foi identificada menor taxa de oxidação de carboidrato em jejum do que no período pós-prandial. Este resultado pode ter ocorrido em função da elevada proporção de carboidrato em relação aos outros macronutrientes das refeições testadas, fazendo com que a oxidação deste substrato se eleve em relação à condição de jejum. Este resultado também é corroborado pelos verificados no estudo de Wu e Williams (2006), em que cargas de AIG ou de BIG foram consumidas 3 horas antes do exercício. Os resultados desse último estudo e do estudo atual sugerem que a ingestão de carboidrato, independente do seu IG, causa elevação da oxidação de carboidrato em relação à situação de jejum. No entanto, enquanto que em outros estudos (Wu et al., 2003; Wu e Williams, 2006), a taxa de oxidação de carboidrato e de gordura não diferiu após consumo de refeições isoenergéticas, no estudo atual observou-se menor oxidação de gordura e maior oxidação de carboidrato durante os 90 minutos de avaliação da TID da carga de BIG comparada com a carga de AIG.

Tittelbach et al. (2000), identificaram que o consumo de 50g de frutose (BIG) proporcionou maior taxa de oxidação de carboidrato e menor taxa de oxidação de gordura do que o consumo de 50g de glicose (AIG). Apesar da quantidade de frutose ter sido superior à oferecida no presente estudo ($42,6 \pm 1,83$ g diariamente e $21,3 \pm 1,83$ g na refeição ingerida imediatamente antes da avaliação da taxa de oxidação de substrato), no estudo atual também foi constada maior metabolização de carboidrato e menor de gordura após o consumo de BIG. Este resultado indica que a oferta de frutose em quantidades menores também pode desencadear modificações na utilização dos substratos energéticos. A frutose é especialmente metabolizada no fígado. Sua rápida entrada no hepatócito é mediada pela GLUT 2, não havendo gasto de energia ou necessidade de atuação da insulina. No hepatócito, a frutose é rapidamente fosforilada no carbono 1 pela frutoquinase ou cetoquinase, ou no carbono 6 pela hexoquinase. A frutose-1 fosfato é dividida em duas trioses, diidroxiacetona e gliceraldeído-fosfato, em uma reação mediada pela aldolase B. Essas duas trioses podem ser condensadas para formar a frutose-1,6-difosfato, a qual pode ser convertida em glicose, servindo de

abastecimento primário para a glicólise e a fosforilação oxidativa (oxidação de carboidrato) (Barreiros et al., 2005).

A malonil coenzima A tem um papel importante no controle da oxidação da gordura no fígado e tecido muscular. O alto consumo de frutose resulta em fluxo elevado de carboidrato para as células, aumenta a glicólise e a síntese de citrato mitocondrial. O consequente aumento do maloni, coenzima A inibe a atividade da carnitina palmitoil transferase 1, enzima responsável pelo transporte do ácido graxo para dentro da mitocôndria, fazendo com que haja redução na oxidação de gordura (Tittelbach et al., 2000). Assim, a alta ingestão de frutose reduz a oxidação lipídica nas mitocôndrias em função da redução da atividade desta enzima. Os resultados do presente estudo indicam que em atletas o consumo de refeições contendo $21,3 \pm 1,83$ g de frutose em pó, 90 minutos antes de uma competição, não é recomendado, já que neste caso há maior oxidação de carboidrato, podendo por sua vez, resultar na redução dos estoques de glicogênio, o principal combustível energético utilizado durante o exercício.

Efeito do índice glicêmico no metabolismo energético

Na atual pesquisa, o coeficiente respiratório obtido durante 90 minutos após consumo da refeição de BIG (período de avaliação da TID) foi maior que após a ingestão de AIG considerando juntos os resultados do primeiro e o segundo dias de teste. Este resultado diverge do observado por Wee et al. (1999), que verificaram um maior coeficiente respiratório após o consumo de alimentos de AIG em relação aos de BIG. Os resultados obtidos no estudo atual, novamente podem ser explicados pela elevada oferta de frutose na refeição de BIG, proporcionando maior taxa de oxidação de carboidrato e consequentemente maior coeficiente respiratório. Nos estudos conduzidos por Wu et al. (2003) Wu e Williams (2006) não foram identificadas diferenças no coeficiente respiratório em jejum e aquele verificado após consumo de refeições de AIG ou BIG. Entretanto, no presente estudo o coeficiente respiratório obtido durante a avaliação da TID foi maior ($p < 0,05$) em todos os dias de experimento do que em jejum, podendo assim refletir uma maior proporção de oxidação de carboidrato no período pós-prandial.

O gasto energético após o consumo das cargas de AIG e BIG no primeiro e quarto dia de experimento foi superior ao gasto energético de jejum. Resposta

semelhante foi constatada no estudo de Blaak e Saris (1996) após o consumo de 75g de diferentes fontes de carboidrato. Tal efeito reflete o aumento do gasto de energia para a digestão (Diener, 1997), absorção (Westerterp, 2004), metabolização e estocagem dos nutrientes ingeridos, representada pela TID (Diener, 1997). De acordo com Westerterp (2004), o carboidrato é responsável pelo gasto energético de 5-10% da TID. No entanto, no presente estudo não foi observado diferença na TID em função do IG da refeição ingerida.

Entretanto, ao analisar um estudo conduzido por Natah et al. (1997) verificou-se que o consumo de 25g de xilitol (IG = 7) não provocou modificações significantes no gasto energético entre os 60 e 120 minutos pós-prandiais em relação ao estado de jejum. Por outro lado, o consumo de 25g de glicose (IG = 100) proporcionou um gasto de energia significativamente superior ao estado basal. Segundo os autores daquele estudo, este resultado é justificado pelo fato de que, apesar da ingestão isoenergética desses açúcares, o xilitol penetra nas células sem a atuação insulínica, sendo mais lentamente convertido em glicose-6-fosfato, além de não afetar a oxidação de lipídios e/ou carboidratos. Toda D-glicose proveniente do metabolismo de xilitol é primeiramente estocada como glicogênio no fígado e depois liberada gradualmente na corrente sanguínea (Musatto e Roberto, 2002).

5. CONCLUSÃO

No presente estudo, o consumo de cargas de AIG resultou em maior área abaixo da curva de resposta glicêmica e insulinêmica do que a ingestão de cargas de BIG, no primeiro dia e após 4 dias consecutivos de ingestão dos mesmos. No entanto, não foi observada diferença na glicemia e insulinemia durante a realização do exercício, indicando que a ingestão de alimentos diferindo em IG não afeta a disponibilidade sérica de carboidrato a ser metabolizado pelas células durante o exercício.

A ingestão de cargas de AIG ou de BIG não afetou as concentrações de lactato durante os 30 minutos de exercício (100 a 120 minutos pós-prandiais). Esses resultados indicam que apesar da maior oxidação de carboidrato após o consumo da carga de BIG, a quebra de glicogênio e a conseqüente produção de lactato durante o exercício não foram afetadas em função do IG.

O consumo da carga de AIG resultou em maior oxidação de gordura, enquanto a carga de BIG resultou em maior oxidação de carboidrato durante os 90 minutos pós-

prandiais. Este resultado diverge do observado por outros autores e possivelmente pode ser atribuído ao alto teor de frutose das refeições de BIG, que suprime a oxidação de gordura. Esses resultados indicam que apesar de alguns estudos sugerirem que o consumo de cargas de BIG possa favorecer a redução da quantidade de gordura corporal, este efeito não é observado quando tais dietas apresentam alto teor de frutose. Os resultados do presente estudo sugerem que o consumo de refeição contendo $21,3 \pm 1,83$ g de frutose em pó por atletas 90 minutos antes de uma competição pode não a melhor opção, uma vez que nesse caso há uma maior oxidação de carboidrato, podendo por sua vez, reduzir de modo mais acentuado os níveis do principal combustível energético utilizado durante o exercício.

A maior oxidação lipídica constatada após consumo das refeições de AIG, não afetou as concentrações de ácidos graxos livres em relação às refeições de BIG. Esses resultados sugerem que apesar da maior oxidação lipídica constatada após consumo de alimentos de AIG, houve maior utilização de ácidos graxos livres, durante os 120 minutos pós-prandiais, mantendo suas concentrações constantes durante os 90 minutos de avaliação da concentração desses parâmetros.

Verificou-se também, que o consumo de cargas diferindo em IG levou ao aumento do gasto energético pós-prandial em relação à condição de jejum. No entanto, este aumento não foi influenciado pelo tipo de IG apresentado pelas cargas ingeridas.

Assim, recomenda-se a condução de estudos clínicos controlados e de longa duração para que seja verificado o efeito do consumo de alimentos diferindo em IG, sem adição de frutose em pó, na oxidação de carboidrato e gordura.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão do auxílio financeiro (processo 1420/06) para a condução do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brun JF, Dumortier M, Fedou C, Mercier J. Exercise hypoglycemia in nondiabetic subjects. *Diabetes Metab* 2001; 27: 92-106.
2. Wolever TMS, Jenkins DJA., Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54, 846–54.
3. Febbraio MA, Stewart KL CHO feeding before prolonged exercise: effect of glycemic index on muscle glycogenolysis and exercise performance. *J Appl Physiol* 1996; 81, 115–20.
4. Febbraio MA, Keenan J, Angus D, Campbell S, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J Appl Physiol* 2000; 89, 1845–51.
5. Wu CL, Nicholas C, Williams, C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meal with different glycaemic indices on substrate utilization during subsequent exercise. *Br J Nutr* 2003; 90, 1049–56.
6. Wee S, Williams C, Gray S, Horabintitle J. Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(03), 393–9.
7. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol* 2005; 99, 707–14.
8. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilization during the postprandial periods and subsequent exercise. *Br J Nutr* 2005; 93, 885–93.
9. Sparks MJ, Seling SS, Febbraio M A. Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 6, 844–9.
10. Stevenson E, Williams C, Nute M, Humphrey L, Witard D. Influence of the glycaemic index of an evening meal on oxidation following breakfast and during exercise the next day in healthy women. *Eur J Clin Nutr* 2007, 1-9.
11. Pawlak DB, Kushner JA, Ludwig DS. Effects of dietary glycaemic index on adiposity, glucose homeostasis, and plasma lipids in animals. *Lancet* 2004;364, 778-85.

12. Alfenas RCG. Effects of glycemic index and dietary variety on appetite, food intake and satiety factors in healthy adults [dissertação]. West Lafayette: Purdue University; 2003.
13. Bouché C, Rizkalla SW, Jing L, Vidal H, Veronese A, Pacher N, et al. Five-week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. *Diabetes Care* 2002; 25,822-8.
14. McCarty, M.F. The origins of western obesity: a role for animal protein? *Med Hypotheses* 2000; 54(3), 488-594.
15. Eckel, RH. Insulin resistance: an adaptation for weight maintenance. *Lancet* 1992; 12 (340),1452-3.
16. Strunkard AJ, Messick S. The three factor eating questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition, and hunger. *J Psychosom Res* 1985; 29, 71-83.
17. Cooper KH. *O programa aeróbico para o bem estar total*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1982.
18. Pollock ML, Wilmore JH. *Exercício na saúde e na doença*. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.
19. Bray GA, Gray DS. Obesity I: Phathogenesis. *Western. J Med* 1988; 149 (4), 429-41.
20. World Health Organization. *Physical Status: The use and interpretation of antropometry*. Geneva; 1995 (WHO Technical Report Series 854) 452p.
21. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller, JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (1), 5–56.
22. Food and Agriculture Organization. Carbohydrates in Human Nutrition. *Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates*. Rome, Italy, 1998.
23. Wolever TM, Bolognesi, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. *J Nutr* 1996; 126 (11), 2798-806.
24. Diener, JRC. Artigo de Revisão: Calorimetria Indireta. *Rev Ass Med Brasil* 1997; 43, 245-53.
25. Buscemi S, Caimi G, Verga S. Resting metabolic rate and postabsorptive substrate oxidation in morbidly obese subjects before and after massive weight loss. *Int J Obes* 1996; 20 (1), 41-6.

26. Valtueña S, Salas-Salvadó J, Lorda PG. The respiratory quotient as a prognostic factor in weight-loss rebound. *Int J Obes* 1997; 21 (9): 811-7.
27. Fray KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol* 1983, 55, 628-34.
28. Marins J, Giannichi R. *Avaliação e prescrição de atividade física*. 3. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
29. Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate, a “longitudinal” Study. *Ann Med Esp Biol Fenn* 1957; 35: 307.
30. Borg G. *Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido*. São Paulo: Manole, 2000.
31. Cintra IP, Heyde M, Shmitz B, Franceschini SCC, Taddei J, Sigulem DM. Métodos de inquéritos dietéticos. *Cad Nutr* 1997; 13, 11-23.
32. Ritz P, Krempf M, Cloarec D, Champ M, Charbonnel B. Comparative continuous-indirect- calorimetry study of two carbohydrates with different glycemic indexes. *Am J Clin Nutr* 1991; 54, 855-9.
33. Ludwig DS, Eckel RH. Thiglycemic index at 20y. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (Suppl), 264S–5S.
34. Stannard SR, Thompson MW, Brand-Miller JC. The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol* 2000; 10, 51-61.
35. Laville M. Could glycemic index be the basis of simple nutrition recommendations? *Br J Nutr* 2004; 24, 803–4.
36. Wolever TMS, Campbell JE, Geleva D, Anderson GH. High-fiber cereal reduces postprandial insulin responses in hyperinsulinemic but not normoinsulinemic subjects. *Diabetes Care* 2004; 27, 1281–5.
37. Wu C, Williams C. A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport Nutr* 2006; 16, 510-527.
38. Roberts SB, Mc Crory MA, Saltzman E. The influence of dietary composition on energy intake and body weight. *J Am Coll Nutr* 2002; 21:140S-5S.
39. Tittelbach T J, Mattes RD, Gretebeck RJ. Post-exercise substrate utilization after a high glucose vs. high fructose meal during negative energy balance in the obese. *Obesity Research* 2000; 8 (7), 496-505.

40. Barreiros RC, Bossolan G, Trindade, CEP. Fructose in humans: metabolic effects, clinical utilization, and associated inherent errors. *Rev Nutr* 2005; 18 (3), 377-89.
41. Blaak EE, Saris WHM. Postprandial thermogenesis and substrate utilization after ingestion of different dietary carbohydrates. *Metabolism* 1996; 45 (10): 1235-42.
42. Westertep KR. Diet induced thermogenesis. *Nutrition and Metabolism* 2004; 1(5), 1-5.
43. Natah SS, Hussien KR, Tuominen JA, Koivisto VA. Metabolic response to lactitol and xylitol in healthy men. *Am J Clin Nutr* 1997; 65, 947-50.
44. Mussatto SI, Roberto IC. Xilitol: Edulcorante com efeitos benéficos para a saúde humana. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêutica* 2002; 38(4), 401-13.

ARTIGO 3: EFEITO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NA UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS ENERGÉTICOS ANTES E APÓS A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE

Paula Guedes Cocate, Letícia Gonçalves Pereira, João Carlos Bouzas Marins, Josefina Bressan, Rita de Cássia Gonçalves Alfenas Universidade Federal de Viçosa - MG.

Autor correspondente: Paula Guedes Cocate, Endereço: Rua Liberato Antônio da Cunha, nº110, Cidade: Astolfo Dutra-MG, CEP: 36.780-000, email: guedescocate@yahoo.com.br

RESUMO

Os resultados de alguns estudos sugerem que o consumo de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG), em relação aos de alto índice glicêmico (AIG), promove maior oxidação de gordura e menor de carboidrato no período pós-prandial (PP). A realização de exercícios de alta intensidade, em relação aos de baixa intensidade, também tem sido considerada como uma medida efetiva para aumentar o gasto energético e a oxidação de gordura no período pós-exercício. O presente estudo objetivou avaliar o efeito da ingestão de duas cargas isocalóricas de AIG (IG=93,62) ou de BIG (IG=33,19), durante 4 dias consecutivos, na resposta metabólica antes e após a realização de exercício de alta intensidade. Participaram do estudo 15 ciclistas, com idade de $24,4 \pm 3,7$ anos, índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg/m² e VO₂máx de $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Durante os 90 minutos PP avaliou-se o gasto energético, utilizando o monitor metabólico Deltatrac[®]. A seguir, os participantes realizaram um exercício de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, em três estágios de 10 minutos. O gasto energético foi novamente avaliado durante os 60 minutos seguintes. As cargas de BIG resultaram em maior oxidação de carboidrato, menor de gordura e maior coeficiente respiratório (RQ) no PP. Entretanto, não foi observada diferença no RQ, gasto energético, oxidação de gordura e carboidrato, e consumo de oxigênio após o exercício em função do IG apresentado pela carga ingerida. Os resultados deste estudo indicam que o consumo de alimentos de BIG nem sempre leva ao aumento da taxa de oxidação de gordura no período PP e que de acordo com os resultados obtidos o gasto energético após a realização de exercício de alta intensidade não é afetado pelo IG dos alimentos ingeridos por ciclistas antes deste exercício.

Palavras chave: Índice glicêmico, resposta metabólica, pós-exercício

EFFECT OF GLYCEMIC INDEX OF FOODS IN THE ENERGETIC SUBSTRATE UTILIZATION BEFORE AND AFTER A HIGH INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE CONDUCTED

ABSTRACT

The results of some studies suggest that the consumption of low glycemic index (LGI) foods compared to high glycemic index (HGI) foods leads to higher fat oxidation and to a reduction in carbohydrate oxidation in the post-prandial interval (PP). High intensity exercises in comparison to low intensity ones have also been considered as an effective measure to increase the energy expenditure and fat oxidation in the post-exercise interval. The purpose of this present study was to evaluate the effect of the ingestion of HGI (glycemic index (GI)=93.62) or LGI (GI=33.19) isocaloric loads, during 4 consecutive days, in the metabolic response before and after a high intensity exercise. Participated in the study 15 cyclists, aged 24.4 ± 3.7 years, body mass index of 21.97 ± 1.46 kg/m², and VO₂máx of 70.00 ± 5.32 mL(kg.min)⁻¹. Energy expenditure was evaluated during 90 minutes PP, using the metabolic monitor Deltatrac®. Following that, participants underwent an 85 to 95% maximum cardiac frequency exercise, in three stages of 10 minutes each. The energy expenditure was again evaluated during the following 60 minutes. LGI loads resulted in higher carbohydrate oxidation, lower fat oxidation and higher respiratory coefficient (RQ) in the PP. However, the GI of the ingested loads did not affect the RQ, energy expenditure, fat and carbohydrate oxidation, and oxygen consumption after the exercise. The results of this study indicate that the consumption of LGI foods does not always lead to an increase in fat oxidation rate in the PP interval and that post- high intensity exercise energy expenditure is not affected by the GI.

Keywords: glycemic index, metabolic response, post-exercise

1. INTRODUÇÃO

A alta ingestão de carboidrato antes da realização de um exercício pode resultar no aumento da reserva de glicogênio hepático e muscular (Coyle, 2004a), favorecendo assim a disponibilidade de glicose a ser utilizada como substrato energético antes e

durante o exercício (Coyle, 1997; Wee et al., 1999). Além da quantidade, a qualidade (representada pelo índice glicêmico (IG)) do alimento fonte de carboidrato ingerido também pode ser importante. Alguns pesquisadores têm demonstrado que a ingestão de 1 g de carboidrato derivado de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG) por quilo de peso corporal, entre 30 e 45 minutos antes do exercício, promove uma maior estabilidade glicêmica e menor oxidação de carboidrato durante o exercício cicloergométrico (70% VO₂máx), quando comparado ao carboidrato derivado de alimentos de alto índice glicêmico (AIG) (Sparks et al., 1998; Febbraio et al., 2000).

Outros pesquisadores também têm observado que o consumo de 2 - 2,5 g de carboidrato originado de alimentos de BIG por quilo de peso corporal, 3 horas antes de um exercício (corrida) a uma intensidade de 70% do VO₂ máx proporciona maior estabilidade glicêmica e insulinêmica, quando este é realizado até a exaustão (Wee et al., 1999), ou durante uma corrida com 30 minutos de duração (Wee et al., 2005), levando a uma menor oxidação de carboidrato e maior oxidação de gordura. Esses resultados sugerem que além de proporcionar a oferta de glicose em concentrações constantes a ser utilizada como substrato energético durante o exercício, o consumo de alimentos de BIG pode favorecer a redução da quantidade de gordura corporal.

Alguns autores têm reportado que o gasto energético após um exercício de alta intensidade é superior a um outro de baixa intensidade (Gillette et al., 1994, Phelain et al., 1997), produzindo assim um fenômeno chamado de efeito EPOC (consumo de oxigênio aumentado pós-exercício). Além disso, tem sido relatado que exercícios de alta intensidade proporcionam maior consumo de oxigênio após o exercício e resulta no aumento da oxidação de gordura, tendo um efeito benéfico no controle de peso e na gordura corporal (Yoshioka et al., 2001). Dentro deste contexto, Tremblay e Doucet (1999) ainda relataram que o exercício de alta intensidade pode resultar em um efeito importante na diminuição de ingestão energética no período pós-exercício.

Entretanto, poucos estudos têm avaliado o efeito do consumo de alimentos diferindo em IG antes da realização de exercícios físicos na metabolização de substratos energéticos após tais exercícios. Em pesquisa recente à base de dados Medline, Scielo, Science Direct, Pubmed, verificou-se que apenas um estudo avaliou a influência da ingestão de cargas apresentando IG distintos antes do exercício nos parâmetros metabólicos (oxidação de substrato e gasto energético), obtidos na primeira e segunda hora após o exercício (Bennard e Doucet, 2006). Assim, o presente estudo objetivou averiguar o efeito do consumo de cargas de AIG ou de BIG, 90 minutos antes do início

da realização do exercício, na resposta metabólica antes e após um exercício intervalado de alta intensidade.

2. CAUSUÍSTICA E MÉTODOS

Participaram do presente estudo 15 ciclistas do sexo masculino, com idade de $24,4 \pm 3,7$ anos (média \pm desvio padrão), índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg, percentual de gordura $7,93 \pm 2,36\%$ e VO_2 máx de $70,00 \pm 5,32$ mL(kg.min)⁻¹. Todos os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Metabolismo Energético e Composição Corporal (LAMECC) da Universidade Federal de Viçosa-MG. Durante o experimento, tal laboratório foi mantido a temperatura entre 24 e 26 °C e umidade relativa do ar de 70 – 75%.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente no estudo. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa-MG, atendendo as orientações da resolução 196/96 do CNS, de 10/10/96, sobre experimentos com seres humanos.

Critérios de seleção da amostra

Foram considerados os seguintes critérios de seleção: sexo masculino; nível de restrição/desinibição alimentar < 14 (Strunkard e Messick, 1985); idade entre 18 e 35 anos; não estar fazendo dieta para controle de peso; peso estável (alteração < 3 kg) nos últimos 3 meses; excelente nível de aptidão física, de acordo com a classificação proposta por Cooper (1982); não obtenção de resposta positiva a todas as perguntas do questionário “Par Q & Você” (Pollock e Wilmore, 1993); pressão arterial em repouso normal; praticante regular (no mínimo 3 vezes por semana) de exercício físico; não fumantes; não usuários de álcool ou de medicamentos que afetem a ingestão de alimentos e ou metabolismo energético.

Desenho experimental

O presente estudo é do tipo *crossover*, onde os voluntários selecionados participaram aleatoriamente de 2 etapas experimentais, quando os mesmos ingeriram

alimentos de AIG ou de BIG, dentro de 15 minutos, em duas refeições diárias, durante 4 dias consecutivos. Tais etapas foram separadas entre si por um intervalo de no mínimo 1 semana. Do primeiro ao quarto dia de cada etapa experimental, os voluntários fizeram a ingestão da carga de AIG ou de BIG, de acordo com a etapa em que estavam, no desjejum e no lanche da tarde. No quarto dia de tais etapas, os voluntários ingeriram apenas o desjejum.

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram ao LAMECC, da Universidade Federal de Viçosa-MG, após 12 horas de jejum, para avaliação da composição corporal, antropometria e gasto energético de repouso, após o consumo das refeições de AIG e BIG e no período pós-exercício foram determinados o gasto energético e a taxa de oxidação lipídica e de carboidratos.

Após a realização de todos os testes, os voluntários foram liberados para exercer suas atividades normais em condições de vida livre, mantendo o registro dos tipos e quantidades de alimentos ingeridos do primeiro ao quarto dia do estudo. O consumo calórico habitual dos mesmos foi avaliado, antes de qualquer intervenção. Durante o estudo, os voluntários foram orientados a ingerir preferencialmente, alimentos de AIG ou BIG, de acordo com a etapa na qual estavam participando. Para tal, todos receberam uma lista de substituição de alimentos de AIG e de BIG e foram orientados a substituir os alimentos da dieta por outros que apresentavam IG semelhantes. Durante o experimento, os avaliados foram solicitados a manter o mesmo nível de atividade física.

Avaliação Antropométrica e da Composição Corporal

Foi calculado o índice de massa corporal (IMC) (Bray e Gray, 1988), relacionando o peso (Kg) e a altura (metros ao quadrado). Os voluntários foram pesados utilizando-se balança eletrônica digital da marca Tanita[®], com capacidade de 150 kg, graduação de peso de 0,1 kg e graduação de gordura de 0,1%, usando o mínimo de roupa possível. A altura foi determinada utilizando-se um antropômetro vertical milimetrado, com extensão de 2m e escala de 0,5 cm. Para a determinação do peso e da altura, os avaliados encontraram-se de pé, em posição firme, com os braços relaxados e cabeça no plano horizontal. Foram considerados eutróficos os voluntários que apresentaram valores de IMC de 18,5 a 24,9 kg/m² (WHO, 1995).

A composição corporal (quantidades e percentuais de gordura corporal total, massa magra e água corporal total) dos participantes do estudo foi avaliada utilizando-se o

método da bioimpedância (TANITA, modelo TBF-300A). Para tal, os voluntários foram orientados a fazer o mínimo de atividade física e se abster do consumo de café no dia anterior ao teste, não consumir álcool nas 48 horas antecedentes e evitar a ingestão de água nas horas precedentes ao teste.

Os parâmetros antropométricos e de composição corporal foram avaliados no estado de jejum em todas as etapas do estudo. Além disso, o peso corporal foi mensurado no período imediatamente antes e após a realização do exercício para a análise do percentual de perda de peso (líquido) após a prática do exercício cicloergométrico.

Cargas testadas

Todas as cargas servidas durante o estudo foram preparadas no Laboratório de Estudo Experimental dos Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Tais cargas apresentavam semelhança em termos de quantidade de macronutrientes (73,30% de carboidrato disponível; 7,55% de proteína; 9,80% de lipídios), densidade calórica (4,48 kcal/g) e teor de fibras (0,12g de fibra por grama da refeição consumida). As cargas teste foram consumidas pelos voluntários dentro de 15 minutos. Essas cargas apresentavam teor calórico correspondente a 1/3 do gasto energético de repouso (mensurado por calorimetria indireta no primeiro dia de teste) e aproximadamente 2 g de carboidrato disponível por quilograma de peso corporal de cada voluntário (Wu et al, 2003; Stevenson et al, 2005).

As cargas oferecidas no desjejum e lanche da tarde das etapas de BIG e de AIG continham os seguintes alimentos:

Carga de alto IG (AIG): *Corn Flakes*, leite integral, glicose, pão branco, margarina, bebida carboidratada (repositor hidroeletrolítico para praticante de exercício físico) e Benefiber (fibra solúvel).

Carga de baixo IG (BIG): *All Bran*, iogurte desnatado de morango, frutose em pó, pão multigrãos, margarina, suco de uva e maçã.

Na tabela 1 está representada a quantidade de macronutrientes e de fibras e o valor de IG das cargas de AIG e BIG.

Tabela 1 – Média da quantidade de macronutrientes e de fibras, densidade calórica e índice glicêmico apresentados pelas cargas de AIG e BIG

Características apresentadas*	Tipo de carga testada	
	Alto índice glicêmico	Baixo índice glicêmico
Composição nutricional (g/refeição)		
Carboidrato	122,76 ± 18,63	124,69 ± 10,9
Proteína	12,07 ± 3,71	13,42 ± 2,76
Lipídio	15,77 ± 3,71	13,79 ± 3,76
Fibras	17,74 ± 6,09	17,34 ± 4,22
Índice glicêmico	74,42	26,57

* Valores apresentados em média ± DP

Determinação do índice glicêmico das cargas teste

A seleção prévia dos alimentos a serem incluídos nas cargas de alto e de baixo IG foi feita baseando-se nos valores de IG publicados na Tabela Internacional de Índice Glicêmico (Foster-Powell et al., 2002).

A determinação do IG das cargas foi feita em um estudo piloto. Para tal, foram recrutados 7 voluntários (2 homens e 5 mulheres) eutróficos com idade de $22,8 \pm 3,1$ anos (IMC de $21,4 \pm 2,5$ kg/m², glicemia normal, não diabéticos, sem história familiar de diabetes ou de intolerância à glicose, sem uso de medicamentos que afetem a glicemia). Os voluntários ingeriram as refeições teste uma vez. A glicose foi utilizada como alimento de referência, sendo ingerida três vezes por cada voluntário (FAO, 1998).

Tais voluntários se apresentaram ao laboratório após 10-12 horas de jejum. Uma porção da carga a ser testada, contendo 50 g de carboidrato disponível, foi ingerida em 15 minutos (Wolever e Bolognesi, 1996). Alterações glicêmicas resultantes desta ingestão foram avaliadas pela determinação da glicemia capilar utilizando o aparelho *One Touch Ultra*[®], nos tempos 0 (imediatamente antes da ingestão), 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min (após início da ingestão) (FAO, 1998). A área positiva formada abaixo da curva de resposta glicêmica foi calculada pelo método trapezoidal (Wolever et al., 1991). Os valores de IG das refeições foram calculados a partir da área obtida após a ingestão de cada refeição, sendo expressa em termos da porcentagem da resposta

glicêmica obtida após a ingestão da glicose. O IG de cada refeição foi determinado a partir da média aritmética dos valores obtidos pelos 7 voluntários (Wolever et al., 1991; FAO, 1998).

Avaliação do gasto energético e da oxidação de substrato energético

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram no LAMECC, da Universidade Federal de Viçosa-MG, após 12 horas de jejum. Ao chegarem ao laboratório, os voluntários permaneceram em repouso por 30 minutos em ambiente silencioso, com pouca iluminação e com temperatura confortável, para evitar alterações causadas por frio ou ansiedade (Diener, 1997).

A seguir, procedeu-se a mensuração do metabolismo em repouso durante 30 minutos, utilizando o aparelho de calorimetria indireta (Deltatrac II[®] Datex, Finlândia), que mede a taxa metabólica pela determinação do consumo de oxigênio e da produção de dióxido de carbono por um dado período de tempo. Foram obtidos também os valores do coeficiente respiratório (RQ), que relaciona os moles de CO₂ expirado/moles de O₂ consumido (Den besten et al., 1988; Valtueña et al., 1995; Buscemi et al., 1996; Valtueña et al., 1997). Esta determinação é convertida em quilocalorias de calor produzido por metro quadrado de superfície corporal por hora, e extrapolado para o gasto energético total. No dia anterior à aferição do metabolismo energético, os voluntários foram orientados a evitar a ingestão de álcool e o excesso de atividade física.

Após esse período, os participantes ingeriram a carga de AIG ou de BIG e retornaram ao aparelho de calorimetria indireta, permanecendo neste durante 90 min para mensuração do gasto energético, VO₂, VCO₂ e RQ (período pré-exercício). Em seguida, os participantes fizeram um exercício cicloergométrico (intervalado, com 3 estágios de 10 min de duração), com intensidade de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, obtida no teste máximo de Balke, realizado na semana anterior. Durante o exercício, os participantes consumiram 3mL de água por quilo de peso corporal em três situações: após o aquecimento, aos 5 min do segundo estágio e no último minuto do último estágio. Após a realização do exercício, os voluntários retornaram novamente ao calorímetro indireto, para a mensuração do gasto energético pós-exercício, durante 60 minutos (período pós-exercício). O aumento do consumo de oxigênio pós-exercício em relação ao período de jejum (EPOC) foi calculado pela diferença entre o valor médio do

consumo de oxigênio (VO₂) obtido durante os 60 minutos pós-exercício e o valor médio de VO₂ obtido durante os 30 minutos em estado de jejum.

As taxas de oxidação de lipídios e carboidratos foram estimadas a partir do VO₂ e VCO₂ avaliados no período de determinação do metabolismo de repouso, no período pré e pós-exercício, usando as seguintes equações estequiométricas (Frayn, 1983):

$$\text{Taxa de oxidação de lipídios (g/min)} = 1,695 \times \text{VO}_2 - 1,701 \times \text{VCO}_2$$

$$\text{Taxa de oxidação de carboidrato (g/min)} = 4,585 \times \text{VCO}_2 - 3,226 \times \text{VO}_2$$

Determinação da frequência cardíaca máxima

Na semana anterior ao início do experimento, os participantes foram submetidos ao teste máximo de Balke, utilizado um cicloergômetro eletromagnético, da marca Ergo Fit, modelo Ergo Cycle 167. Neste teste, foram empregados estágios múltiplos, iniciando com carga de 50 Watts, a qual foi aumentada a cada dois minutos, com magnitude de 50 Watts, até o alcance do limite máximo (Marins e Giannichi, 2003). A seguir, foi registrado o valor da última carga completada pelo voluntário em Watts, bem como o valor do peso corporal avaliado antes da realização do teste, para a determinação do volume máximo de oxigênio (VO_{2máx}) e do nível de aptidão física dos voluntários (Cooper, 1982). A intensidade do exercício foi determinada utilizando o valor da frequência máxima obtida no teste para o cálculo da frequência cardíaca de treino (FCT), que leva em consideração a frequência cardíaca de reserva, utilizando a seguinte fórmula: $FCT = FC_{\text{repouso}} + \% (FC_{\text{máxima calculada}} - FC_{\text{repouso}})$, proposta por Karvonen et al. (1957).

Exercício Físico

Os voluntários realizaram um exercício cicloergométrico, com intensidade de 85 a 95% da frequência cardíaca máxima, em três estágios com duração de 10 minutos e intervalo de 2 minutos. No período de repouso (imediatamente antes do exercício) e no quinto e décimo minuto de cada estágio a frequência cardíaca foi monitorizada adotando um frequencímetro modelo M31 da marca Polar[®], sendo a pressão arterial sistólica e diastólica mensuradas por meio de um esfigmonamômetro e um estetoscópio da marca Wan Med[®]. A frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica foram determinadas em repouso (0 minutos) e a cada 5 minutos de realização do exercício. Além destes

parâmetros cardiovasculares, nos mesmos intervalos de tempo durante o exercício, foi avaliado o parâmetro subjetivo denominado índice de percepção de esforço (IPE) por meio da Escala de Borg (Borg, 2000), que varia de seis (extremamente leve) a vinte (esforço máximo). Durante o exercício, os participantes consumiram 3mL de água por quilo de peso corporal em três situações: após o aquecimento, aos 5 minutos do segundo estágio e no último minuto do último estágio.

Avaliação da ingestão alimentar

A ingestão alimentar habitual antes do estudo e a ingestão alimentar em cada etapa experimental foi avaliada a partir do registro dos tipos e quantidades dos alimentos consumidos diariamente. A ingestão habitual foi avaliada a partir de registro alimentar de 3 dias não consecutivos, sendo 2 dias durante a semana e 1 dia de final de semana (Cintra et al., 1997). O efeito de cada tratamento sobre a ingestão foi determinado pelo registro alimentar de 24 horas após o consumo das refeições teste durante os 4 dias de cada etapa do estudo.

Para estimar as quantidades de alimentos ingeridos, os voluntários receberam um treinamento utilizando réplicas plásticas de alimentos. Cada registro alimentar foi revisado na presença do voluntário para garantir sua precisão. As quantidades, em medidas caseiras, dos alimentos ingeridos foram então convertidas em gramas e a ingestão calórica e de macronutrientes foi analisada utilizando o software DietPro® (versão 4).

Análises Estatísticas

Para comparar o efeito dos tratamentos durante o estudo foi utilizado o teste de medidas repetidas de Análise de Variância (ANOVA) para as variáveis com distribuição normal e o Teste de Kruskal-Wallis para os que não apresentavam distribuição normal. Quando estes resultados se apresentaram significantes, utilizou-se o procedimento de comparações múltiplas de Tukey e Dunn's respectivamente, para completá-los. As análises foram conduzidas utilizando o programa estatístico SigmaStat 3.0. Valores de probabilidade abaixo de 0,05 foram considerados estatisticamente significantes. Os resultados estão apresentados como médias e erro padrão (EP) quando utilizou-se estatística paramétrica e mediana quando utilizou-se estatística não-paramétrica.

3. RESULTADOS

Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca obtida em repouso foi menor ($p < 0,001$) que aquela observada em todos os tempos de avaliação deste parâmetro durante o exercício nas duas etapas do estudo. Ao analisar em Box Plot os dados obtidos durante o estudo, verificou-se que um voluntário apresentou frequência cardíaca discrepante (outliers) em relação aos demais, no primeiro dia de teste, aos 30 minutos após ingestão da carga de AIG. Como o valor da frequência cardíaca apresentada pelo mesmo foi superior ao valor do terceiro quartil + $1,5 \times$ (valor do terceiro quartil – valor do primeiro quartil), o mesmo não foi incluído para as análises estatísticas (Bussab e Morettin, 2005). Não foi verificada diferença ($p > 0,05$) nos valores obtidos entre as etapas do estudo e nem nos dados obtidos nos diversos tempos de avaliação da frequência cardíaca em todos os dias de teste (Figura 1).

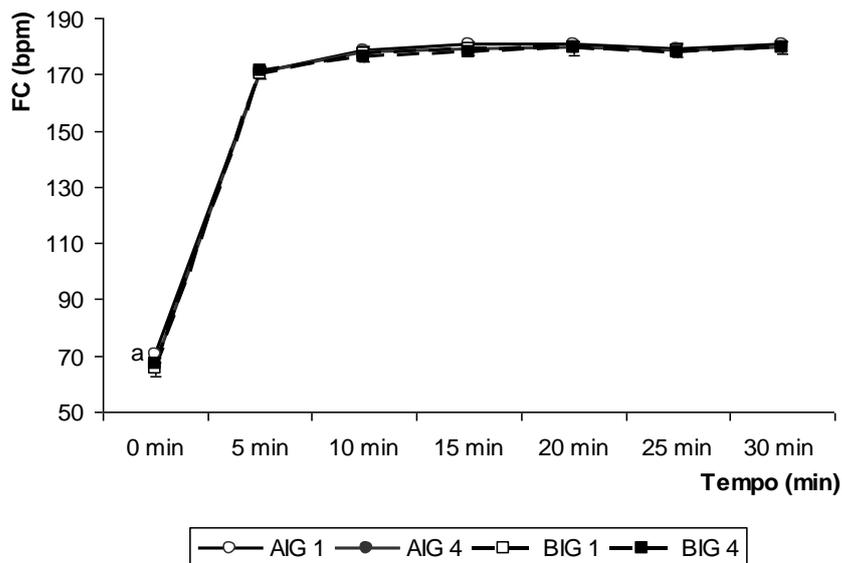


Figura 1: Médias \pm EP da resposta da frequência cardíaca (FC) obtidas em repouso (tempo 0 min) e em intervalos de 5 minutos, durante os 30 minutos de realização do exercício. Esses dados foram obtidos 90 minutos após consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4). Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valor em repouso menor que os obtidos nos demais tempos de avaliação durante o exercício em AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4 pelo teste de Anova One Way, complementado pelo teste de Tukey.

Pressão Arterial Sistólica

Observou-se que o valor obtido em repouso foi menor ($p < 0,05$) que os demais valores obtidos durante o exercício. Não foi verificada diferença ($p > 0,05$) em função do IG da carga ingerida, nos diversos tempos em que este parâmetro foi avaliado, tanto no primeiro quanto no quarto dia de cada etapa experimental (Figura 2).

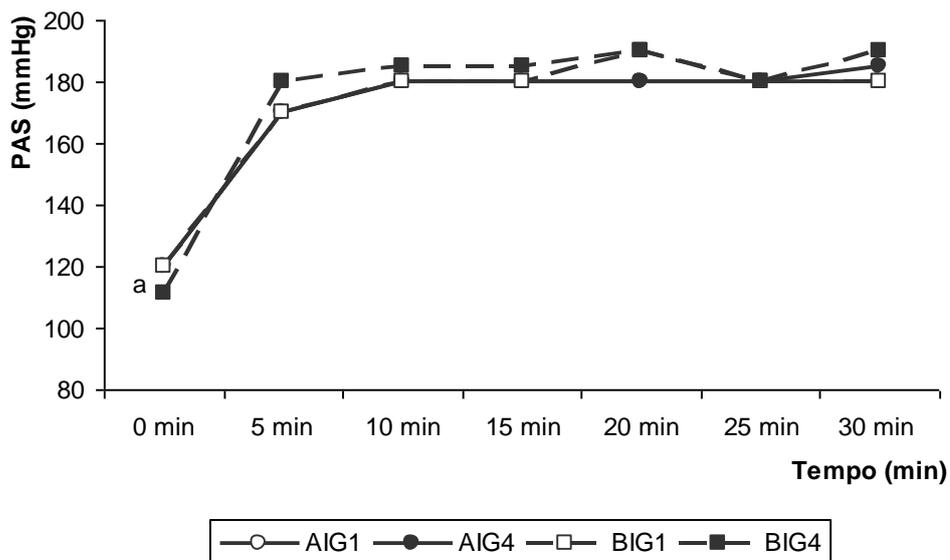


Figura 2: Mediana da pressão arterial sistólica (PAS) obtidas em repouso (tempo 0 min) e em intervalos de 5 minutos, durante os 30 minutos de realização do exercício. Esses dados foram obtidos 90 minutos após o consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4). Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valor em repouso menor que os obtidos nos demais tempos de avaliação durante o exercício em AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4 pelo teste Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

Pressão Arterial Diastólica

Não foram observadas diferenças na pressão arterial diastólica durante a realização do exercício, nos tempos em que este parâmetro foi avaliado em cada etapa ($p > 0,05$), como também entre as duas etapas do estudo ($p > 0,05$) (Figura 3).

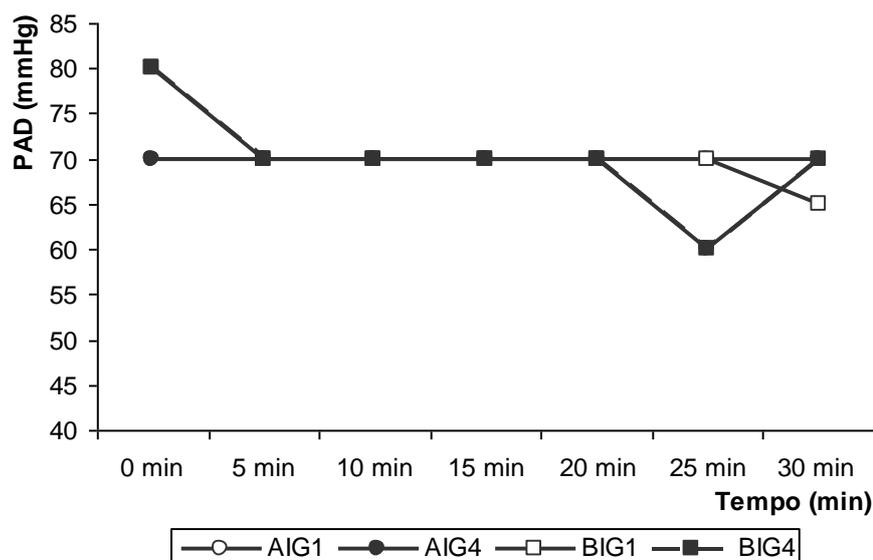


Figura 3: Mediana da pressão arterial diastólica (PAD) obtidas em repouso (tempo 0 min) e em intervalos de 5 minutos, durante os 30 minutos de realização do exercício. Esses dados foram obtidos 90 minutos após consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4). Não foi observada diferença estatística nos valores obtidos nos diversos tempos, dentro de cada tratamento ou entre os tratamentos do estudo pelo teste de Kruskal-Wallis.

Índice de Percepção de Esforço

O índice de percepção de esforço (IPE) foi avaliado a cada 5 minutos de realização do exercício, nas duas etapas do estudo. O valor de IPE avaliado nos primeiros 5 minutos foi significativamente inferior ($p < 0,05$) ao observado aos 25 e 30 minutos de exercício, no quarto dia de consumo da dieta de BIG. Também foi observado menor ($p < 0,05$) IPE aos 5 minutos de exercício do que aos 15, 20, 25 e 30 minutos no primeiro dia após a ingestão da carga de BIG. Não foram verificadas diferenças estatísticas nos valores de IPE avaliados durante o exercício após o consumo das cargas de AIG no primeiro dia e de BIG no quarto dia de experimento. Além disso, não foram observadas diferenças significantes entre as etapas do estudo (Figura 4).

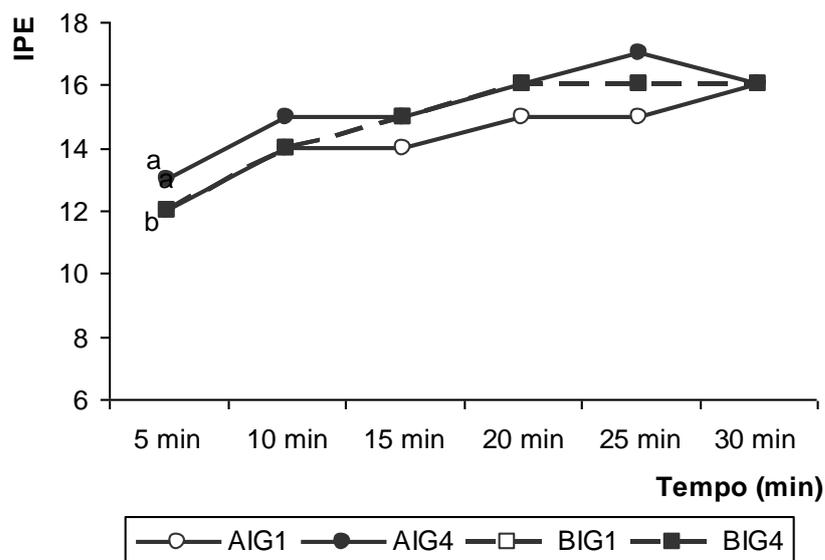


Figura 4: Mediana do índice de percepção de esforço (IPE) obtidas a cada 5 minutos de realização do exercício. Esses dados foram obtidos 90 minutos após consumo da carga de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4). Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valor aos 5 minutos menor que os obtidos aos 25 e 30 minutos de exercício, com o consumo da carga de AIG4; (b) Valor aos 5 minutos menor que os obtidos aos 15, 20, 25 e 30 minutos de exercício, com o consumo da carga de BIG1. As diferenças encontradas foram contatadas pelo teste de Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

Peso corporal

No atual estudo, o peso corporal foi avaliado antes e após o exercício no primeiro e quarto dia de consumo da carga de AIG e de BIG, com o intuito de averiguar o estado de hidratação dos participantes após a realização do exercício. Não foi observada diferença ($p > 0,05$) no peso apresentado antes e após a realização do exercício durante o estudo (Tabela 2).

Tabela 2: Média \pm erro padrão do peso corporal e porcentagem de perda de peso apresentado antes e após a realização do exercício físico no primeiro e no quarto de ingestão das cargas de alto ou de baixo índice glicêmico:

	AIG1	AIG4	BIG1	BIG4
Peso Antes	67,32 \pm 1,50A,a	67,15 \pm 1,46A,b	67,27 \pm 1,50A,c	67,41 \pm 1,55A,d
Peso Depois	67,18 \pm 1,52B,a	66,91 \pm 1,49B,b	67,20 \pm 1,53B,c	67,37 \pm 1,58B,d
% Perda de Peso	0,21 \pm 0,13	0,36 \pm 0,14	0,12 \pm 0,16	0,08 \pm 0,13

Letras iguais (maiúscula em linhas e minúscula em colunas) não diferem estatisticamente pelo teste t de Student ($p>0,05$).

Legenda: AIG1=alto índice glicêmico primeiro dia, AIG4=alto índice glicêmico quarto dia, BIG1=baixo índice glicêmico primeiro dia, BIG4=baixo índice glicêmico quarto dia.

Coefficiente Respiratório

Não foi observada diferença ($p>0,05$) no coeficiente respiratório (RQ) em jejum, avaliado durante 90 minutos após o consumo das cargas testadas (período pré-exercício) ou após a realização do exercício (período pós-exercício) entre o primeiro e o quarto dia de cada etapa experimental do estudo. Verificou-se que o RQ pré-exercício foi superior ao apresentado em jejum e pós-exercício em associação ao consumo das cargas de AIG ou BIG, no mesmo dia de teste. Além disso, foi observado que o RQ após o consumo de AIG foi significativamente menor do que de BIG, tanto no primeiro quanto no quarto dia de teste (Figura 5).

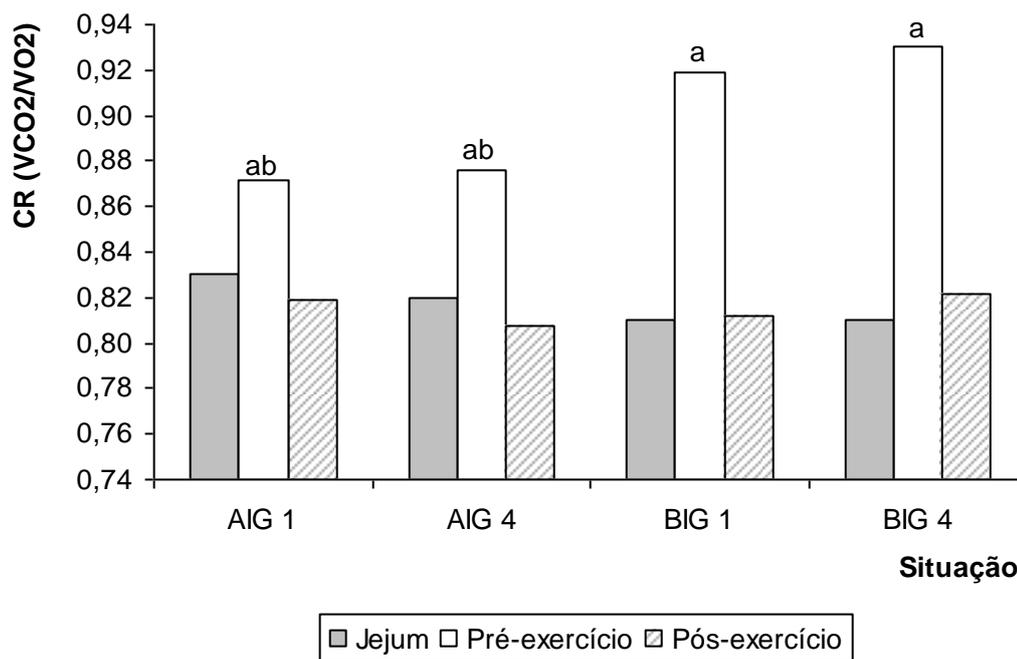


Figura 5: Mediana do coeficiente respiratório (CR) obtidos em jejum, após o consumo das cargas de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) (Pré-exercício) e no período pós-exercício. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valor obtido no período pré-exercício superior ao obtido em jejum e no pós-exercício, em AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4; (b) Valores obtidos em AIG1 e AIG4 menores que em BIG1 e BIG4, no período pré-exercício. As diferenças encontradas foram contatadas pelo teste Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

Gasto energético

Não foi constatada diferença ($p > 0,05$) no gasto energético em função do tipo de carga ingerida nos diversos tempos de avaliação durante o estudo. O gasto energético obtido em jejum foi menor ($p < 0,05$) do que aquele obtido nos períodos pré e pós-exercício em todos os grupos (AIG1, AIG 4, BIG 1 e BIG 4) (Figura 6).

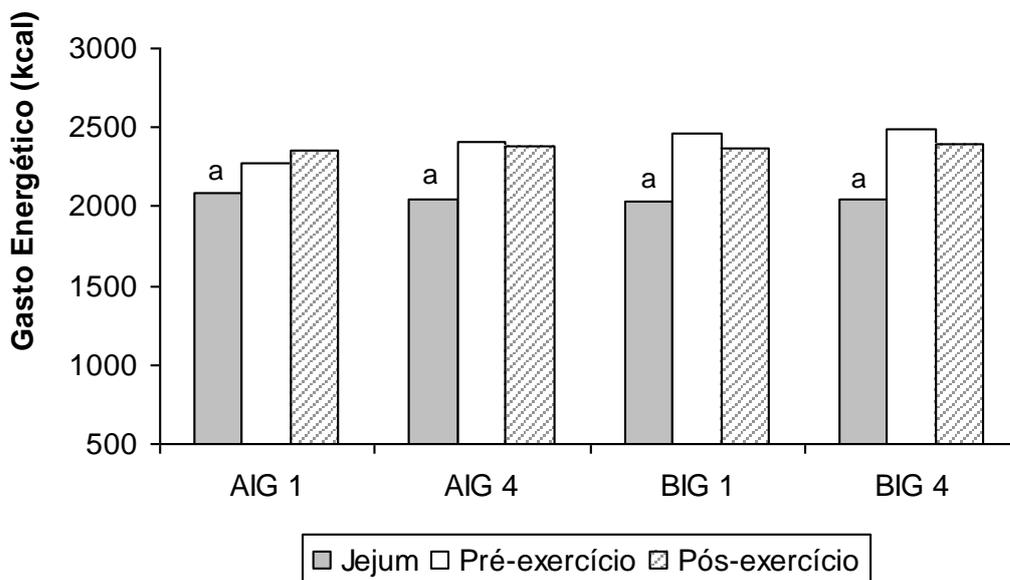


Figura 6: Mediana do gasto energético (kcal) obtidas em jejum, durante 90 minutos após o consumo das cargas (período pré-exercício) e no período pós-exercício, do primeiro e quarto dia de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Valores obtidos em jejum foram menores que no pré e pós-exercício, com o consumo das cargas de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) pelo teste Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

Taxa de oxidação de substrato energético

Durante o período de jejum as taxas de oxidação de gordura e de carboidrato foram semelhantes ($p > 0,05$) para os dois tipos de cargas testadas. No entanto, durante os 90 minutos pós-prandiais (período pré-exercício) obteve-se uma taxa de oxidação de gordura maior ($p < 0,05$), no primeiro e no último dia de consumo das cargas de AIG em relação à ingestão das refeições de BIG. Além disso, verificou-se que a taxa de oxidação lipídica obtida no período pré-exercício foi inferior ($p < 0,05$) àquela obtida em jejum e no período pós-exercício, no primeiro e quarto dia de consumo de BIG. A taxa de oxidação lipídica também foi significativamente superior no período pós-exercício em relação ao período pré-exercício ($p < 0,05$) e estado de jejum ($p < 0,05$), quando os avaliados consumiram as cargas de AIG no primeiro e quarto dia de experimento (Figura 7). Observou-se que a taxa de oxidação de carboidrato obtida período pré-

exercício foi maior ($p < 0,05$) do que a obtida em jejum e no período pós-exercício em ambas as cargas. A taxa de oxidação de carboidrato obtida no pré-exercício foi menor ($p < 0,05$) no primeiro e último dia de consumo de AIG do que de BIG (Figura 8).

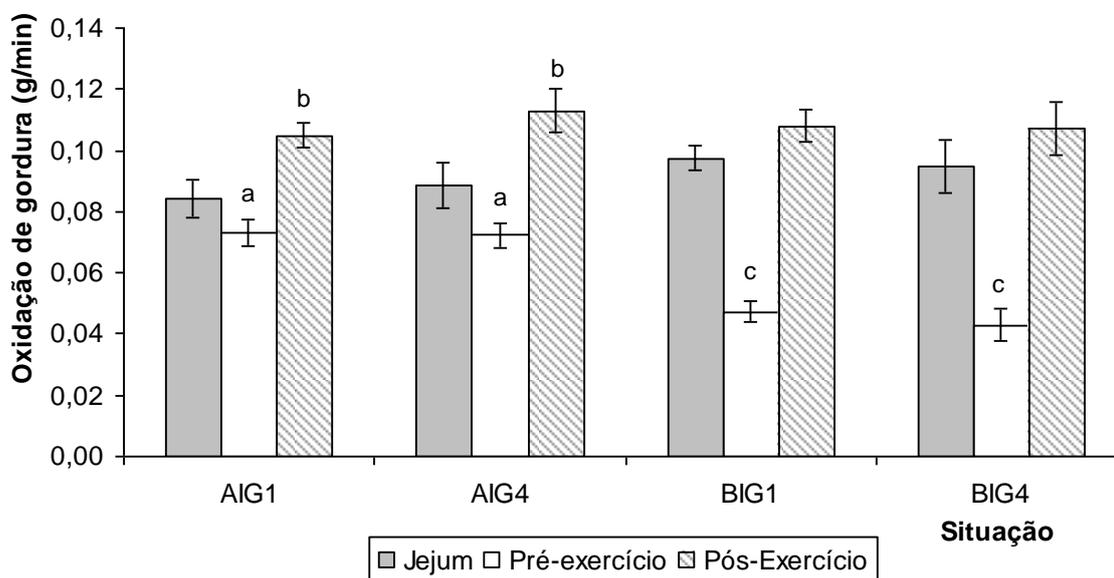


Figura 7: Média \pm EP da oxidação de gordura em jejum, durante 90 minutos após o consumo das cargas (período pré-exercício) e no período pós-exercício, no primeiro dia de consumo da carga de alto índice glicêmico (AIG1), no quarto dia de consumo da carga alto índice glicêmico (AIG4), no primeiro dia de consumo da carga baixo índice glicêmico (BIG1) e no quarto dia de consumo da carga baixo índice glicêmico (BIG4). Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) Maior oxidação de gordura no período pré-exercício em alto índice glicêmico (AIG) do que de baixo índice glicêmico (BIG); (b) Maior oxidação de gordura no período pós-exercício do que em jejum e no período pré-exercício, no primeiro e no quarto dia de ingestão da carga de AIG; (c) Menor oxidação de gordura no período pré-exercício do que em jejum e no pós-exercício, no primeiro e no quarto dia de ingestão da carga de BIG. As diferenças encontradas foram contatadas pelo teste de Anova One Way, complementado pelo teste de Tukey.

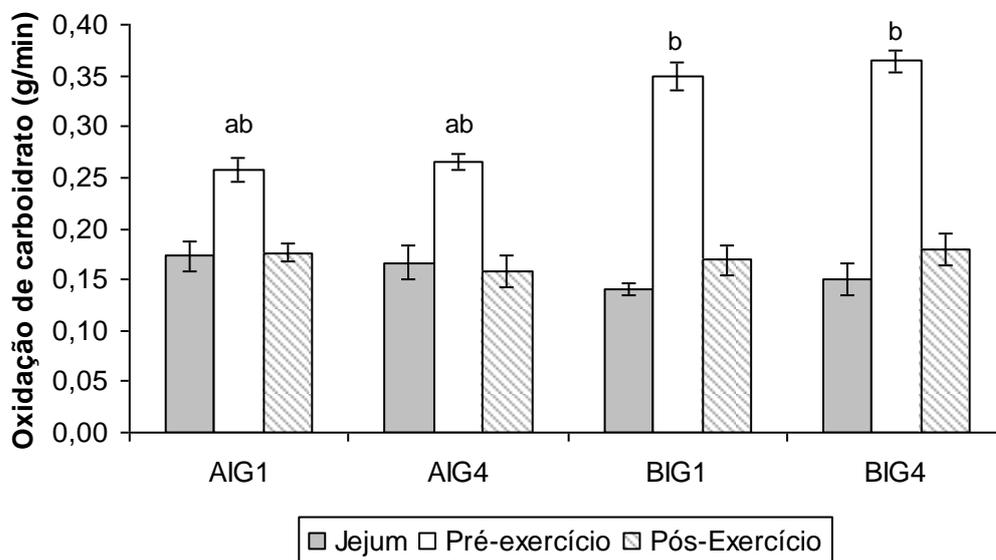


Figura 8: Média \pm EP da oxidação de carboidrato em jejum, durante 90 minutos após o consumo das cargas (período pré-exercício) e no período pós-exercício, no primeiro dia de consumo da carga de alto índice glicêmico (AIG1), no quarto dia de consumo da carga alto índice glicêmico (AIG4), no primeiro dia de consumo da carga baixo índice glicêmico (BIG1) e no quarto dia de consumo da carga baixo índice glicêmico (BIG4). Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) AIG apresentou menor oxidação de carboidrato no pré-exercício do que BIG. (b) Oxidação de carboidrato avaliada no mesmo dia foi maior no pré-exercício do que em jejum e no pós-exercício. As diferenças encontradas foram contatadas pelo teste de Anova One Way, complementado pelo teste de Tukey.

Consumo de oxigênio (VO_2)

Não foram constatadas diferenças no consumo de oxigênio no período de jejum ($p > 0,05$) após a ingestão das cargas (período pré-exercício) ($p > 0,05$) e no consumo de oxigênio no período pós-exercício ($p > 0,05$) entre os tratamentos adotados no estudo. Entretanto, o consumo médio de oxigênio em jejum foi menor ($p < 0,05$) que aquele observado no período pré e pós-exercício no primeiro e quarto dia de cada uma das duas etapas do estudo (Figura 9).

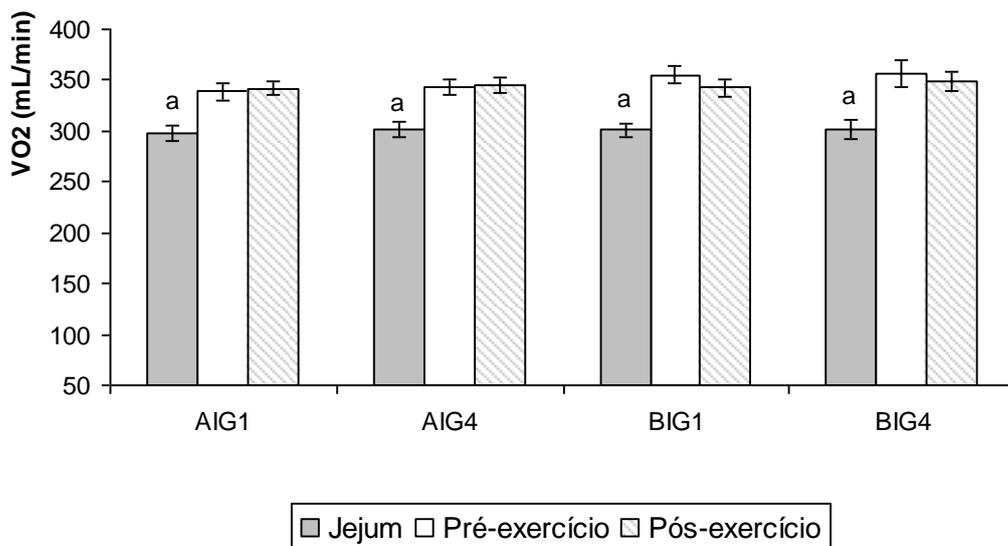


Figura 9: Médias \pm EP do consumo de oxigênio (VO_2) no período de jejum, após a ingestão das cargas (período pré-exercício) e após o exercício no primeiro e quarto dia de cada uma das duas etapas do estudo. Diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$): (a) Consumo de oxigênio inferior no estado de jejum em relação ao período pré e pós-exercício para todas as situações estudadas (AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4) pelo teste de Anova One Way, complementado pelo teste de Tukey.

Consumo de oxigênio em excesso pós-exercício (EPOC)

O consumo de oxigênio excessivo pós-exercício não diferiu ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

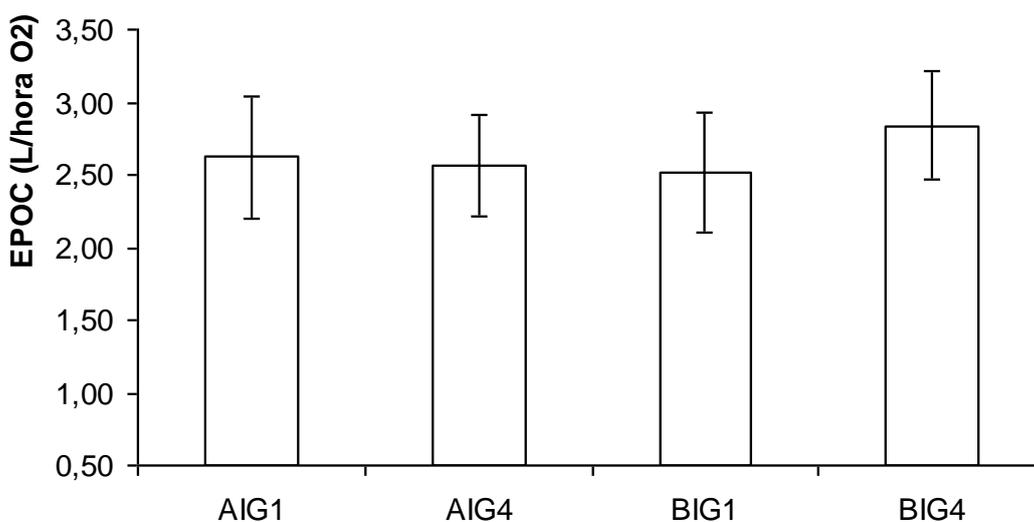


Figura 10: Médias \pm EP do consumo de oxigênio em excesso pós-exercício (EPOC) no primeiro e quarto

dia de cada uma das duas etapas do estudo. O EPOC não difere ($p < 0,05$) entre os tratamentos por meio do teste Anova One Way.

4. DISCUSSÃO

No presente estudo, o consumo de cargas diferindo em IG não afetou a frequência cardíaca apresentada pelos voluntários. Resultado semelhante foi observado em um outro estudo, em que foram oferecidas refeições isocalóricas, diferindo também em IG, 3 horas antes do início de um exercício, com intensidade de 65% do $VO_{2máx}$ e duração de 60 minutos (Wu et al., 2003). Além disso, no estudo atual não foi constatada diferença significativa na resposta da frequência cardíaca ao longo do exercício em todos os dias de teste. Porém, alguns autores têm relatado a ocorrência de aumento da frequência cardíaca durante a realização de exercício de intensidade controlada (40% do VO_2 máximo por 60 minutos), sendo esse fenômeno denominado de cardiovascular *drift* (Ribeiro et al., 2004; Saat et al., 2005). Os resultados de FC indicam que neste estudo o consumo de cargas diferindo em IG não afetou a resposta cardíaca avaliada. Apesar disto, foi verificado um aumento de aproximadamente nove batimentos por minutos, aos 30 minutos de exercício, em relação aos 5 minutos em todos os dias de teste.

A ingestão adequada de fluidos antes e durante a realização do exercício é importante para retardar a elevação da temperatura interna, reduzindo o risco de hipertermia, além de resultar em menor sensação de fadiga, mantendo assim o nível de performance dos praticantes de exercícios físicos (Ribeiro et al. 2004). No entanto, quando estas pessoas deixam de hidratar durante o exercício físico, frequência cardíaca pode aumentar numa proporção de 20 batimentos, em relação àquelas que se hidratam durante o exercício (Saltin, 1964). No estudo atual, os voluntários foram hidratados em intervalos de aproximadamente 15 minutos. Durante os 3 estágios de realização do exercício físico, foram oferecidos 3 mL de água por quilo de peso corporal após o aquecimento, aos 5 minutos do segundo estágio e no último minuto do último estágio. Não foi observada diferença significativa na frequência cardíaca em resposta ao tipo de tratamento aplicado no estudo. Esse resultado se assemelha ao constatado no estudo de Cocate e Marins (2007), em que o mesmo protocolo de hidratação foi utilizado, durante a realização de corrida, com duração de 60 minutos e intensidade correspondente a 50-60% da frequência cardíaca máxima. Além disso, os resultados desses estudos são

corroborados pelos de outros, que também adotaram os mesmos procedimentos de hidratação (Almeida et al., 2004; Cocate et al., 2005).

A determinação do peso corporal de praticantes de exercício físico tem sido realizada antes e após a realização do exercício por alguns autores com o intuito de avaliar o grau de desidratação (Salum e Fiamoncini, 2003; Perrella et al., 2005). A determinação do percentual da perda de peso corporal é um procedimento considerado eficaz para determinar o nível de desidratação apresentado (Marins, 1998). Segundo Coyle (2004b) a perda de 1 – 2% do peso corporal não afeta de forma significativa a performance de atletas. No presente estudo, foi observado um percentual da perda de peso $\leq 0,36\%$, indicando que o protocolo de hidratação adotado foi eficaz para manter a euhidratação dos ciclistas.

Durante o estudo, não foram constatadas diferenças nos valores de pressão arterial sistólica e diastólica ao longo do exercício cicloergométrico, retratando a homogeneidade da resposta cardiovascular em resposta aos tratamentos aplicados. Resultados semelhantes foram verificados por Cocate e Marins (2007), porém em resposta a exercício físico realizado em esteira rolante. Alguns autores (Cocate et al., 2005, Cocate e Marins, 2007) constataram que a pressão arterial sistólica aumenta paralelamente à intensidade do exercício aplicado em ergômetro. No presente estudo, a realização de exercício provocou elevação da pressão arterial em relação ao repouso. Este efeito ocorre em função do aumento da frequência cardíaca ter promovido maior resistência periférica em resposta ao esforço físico (Marins e Giannichi, 2003). Por outro lado, no presente estudo, assim como observado por outros autores (Marins e Giannichi, 2003), a pressão arterial diastólica apresentou pequena variação durante o esforço físico em relação ao estado de repouso.

Em um estudo conduzido por Stevenson et al. (2005) homens bem condicionados ingeriram 2 refeições isoenergéticas (café da manhã e após 3 horas no almoço) de AIG ou de BIG, antes da realização de um exercício. Os participantes realizaram uma corrida, com duração de 60 minutos e intensidade de 70% do VO_2 máx, 3 horas após o almoço. Assim como no estudo atual, não foi observada diferença no IPE em resposta aos tratamentos aplicados. Esses resultados são semelhantes ao verificado por Garcin et al. (2001), que realizaram um estudo envolvendo homens triatletas, para avaliar o efeito do consumo de alimentos de AIG ou de BIG, 3 horas antes de um exercício a 80% do VO_2 máx, realizado durante 1 hora. Os resultados desses três estudos

sugerem então que o consumo pré-exercício de alimentos diferindo em IG, não influencia o IPE, quando este é avaliado durante o exercício de alta intensidade.

No entanto, verificou-se que neste estudo o IPE avaliado aos 5 minutos foi inferior ao constatado aos 25 e 30 minutos de exercício, no quarto dia de consumo das cargas de AIG. Além disso, observou-se que no primeiro dia de ingestão da carga de BIG, o IPE foi significativamente menor aos 5 minutos do que aos 15, 20, 25 e 30 minutos de exercício. Apesar de não ter sido constatado alterações significantes no IPE no primeiro dia de consumo de AIG e no quarto dia de ingestão da carga de BIG, verificou-se aumento numérico deste parâmetro ao longo do tempo, após 10 minutos de realização de exercício. Esta situação é considerada normal, tendo em vista o processo de desgaste físico que ocorre ao longo do exercício.

De acordo com Kesaniemi et al. (2001) existe uma relação direta entre IPE e FC com o aumento da intensidade do exercício. No entanto, mesmo quando a intensidade do exercício físico é mantida constante pode ser observado um aumento da frequência cardíaca, durante a atividade física (Ribeiro et al., 2004; Saat et al., 2005). No estudo atual, apesar da FC não ter se elevado significativamente ao longo do exercício em resposta aos tratamentos aplicados, este parâmetro foi numericamente superior ao final do exercício. Este aumento pode ter levado à maior sensação de esforço em função do exercício praticado no estudo, refletindo na avaliação subjetiva do IPE, com maiores valores ao final do exercício, no primeiro dia de consumo de AIG e no quarto dia de BIG.

No estudo atual, o consumo de cargas de AIG ou de BIG, em duas refeições ao dia, durante 4 dias consecutivos, não afetou o coeficiente respiratório e gasto energético avaliado em jejum, no período pré e no pós-exercício. Em concordância, Wee et al. (2005) também não observaram efeito do IG no gasto energético, avaliado durante 3 horas pós-prandiais, antes do exercício. No entanto, no presente estudo verificou-se que o coeficiente respiratório obtido no período pré-exercício (durante os 90 minutos pós-prandiais) foi superior ao obtido em jejum e no pós-exercício, em AIG1, AIG4, BIG1 e BIG4. O consumo das cargas de BIG resultou em maior coeficiente respiratório no pré-exercício do que a ingestão das cargas de AIG. No entanto, Stannard et al. (2000) verificaram que o coeficiente respiratório obtido aos 60 minutos após consumo de alimentos de AIG antes do exercício foi superior ao observado após consumo de alimentos de BIG. A resposta constatada no presente estudo pode ter ocorrido devido ao

alto teor de frutose da carga de BIG, açúcar este que promove um maior coeficiente respiratório, por estimular a oxidação de carboidratos (Barreiros et al., 2005).

A avaliação do efeito do IG dos alimentos na resposta metabólica pós-exercício tem sido pouco explorada na literatura. Em um estudo conduzido por Bennard e Doucet (2006), o consumo de cargas diferindo em IG 45 minutos antes de um exercício com intensidade de $50,9 \pm 8,4\%$ do VO_2 máx, também não foi suficiente para alterar o coeficiente respiratório e gasto energético, avaliado durante 1 hora no período de pós-exercício. Tais resultados sugerem que o índice glicêmico do alimento não influencia estes parâmetros metabólicos no período posterior ao exercício.

O valor do coeficiente respiratório apresenta relação direta com a metabolização de macronutriente. Assim, a obtenção de valores próximos de 1,0 indica a ocorrência de maior oxidação de carboidrato. Por outro lado, quando são obtidos valores próximos a 0,7 e 0,8, há oxidação preferencial de gordura e de proteína, respectivamente (Diener, 1997). No presente estudo, verificou-se que após o consumo das cargas de AIG e BIG ocorreu um aumento significativo deste parâmetro. O coeficiente respiratório médio obtido durante os 90 minutos pós-prandiais variaram entre 0,87 e 0,93 no primeiro e no quarto dia das duas etapas do estudo, indicando assim a ocorrência de maior oxidação de carboidrato. De acordo com Bennard e Doucet (2006), após o consumo de refeições ricas em carboidrato, a glicose passa a ser o principal substrato oxidado. Assim, os resultados aqui obtidos confirmam tal afirmativa.

A ingestão da carga de BIG proporcionou maior coeficiente respiratório, maior oxidação de carboidrato e menor oxidação de gordura, durante os 90 minutos após o seu consumo do que após o consumo da carga de AIG. Resposta semelhante foi constatada no período pós-exercício no estudo de Tittelbach et al. (2000), que ofereceram 50g de frutose (BIG) e 50 g de glicose (AIG). A glicose é a principal fonte de energia utilizada durante a realização de exercícios físicos (Rogatto, 2003). Apesar disto, no presente estudo mesmo que tenha ocorrido maior oxidação de carboidrato no período prévio ao exercício com a ingestão da carga de BIG, as respostas glicêmica e insulinêmica durante o exercício não diferiram em função do IG da carga consumida. Esse resultado indica que o consumo de cargas apresentando IG distintos, mas teor de macronutrientes semelhante, 90 minutos antes do exercício, não provoca alterações na disponibilidade de carboidrato a ser utilizado como fonte energética, durante os 30 minutos de realização de um exercício cicloergométrico de alta intensidade. Entretanto, os resultados de outros estudos indicam que em relação às dietas de AIG, o consumo de dietas de BIG,

apresentando concentrações de macronutrientes e densidade calórica semelhantes às de AIG, favorece o aumento da oxidação de lipídios no período pós-prandial antes e durante o exercício (Wee et al., 1999, Wu et al., 2003, Wee et al., 2005).

A divergência nos resultados desses estudos, pode estar associada à ingestão de frutose no presente estudo e no estudo de Tittelbach et al. (2000). A frutose é especialmente metabolizada no fígado. Sua rápida entrada no hepatócito é mediada pela GLUT 2, não havendo gasto de energia ou necessidade de atuação da insulina. No hepatócito, a frutose é rapidamente fosforilada no carbono 1 pela frutoquinase ou cetoquinase, ou no carbono 6 pela hexoquinase. A frutose-1 fosfato é dividida em duas trioses, diidroxiacetona e gliceraldeído-fosfato, em uma reação mediada pela aldolase B. Essas duas trioses podem ser condensadas para formar a frutose-1,6-difosfato, a qual pode ser convertida em glicose, servindo de abastecimento primário para a glicólise e a fosforilação oxidativa (oxidação de carboidrato) (Barreiros et al., 2005). Apesar da quantidade de frutose oferecida naquele estudo (Tittelbach et al., 2000) ter sido superior à oferecida no presente estudo ($42,6 \pm 1,83$ g diariamente e $21,3 \pm 1,83$ g na refeição ingerida imediatamente antes da avaliação da taxa de oxidação de substrato), indica que a oferta de frutose em pó em quantidades menores também pode desencadear modificações na utilização dos substratos energéticos.

A taxa de oxidação de gordura após a realização de exercício de alta intensidade tem sido associada ao estímulo do sistema nervoso simpático, resultando no aumento das concentrações de ácido graxo livre na corrente sanguínea, os quais são utilizados para a produção de energia (Yoshioka et al., 2001; Foureaux et al., 2006). De acordo com Foureaux et al. (2006), há um aumento de 20 a 35% da ocorrência de lipólise no adipócito após a realização de exercícios físicos. A maior taxa de oxidação de gorduras associada ao maior gasto energético obtido após a realização de um exercício de alta intensidade (Phelain et al., 1997) pode favorecer a perda de peso corporal (Yoshioka et al., 2001). No entanto, no presente estudo, a taxa de oxidação de gordura no período pós-exercício não diferiu em função do tipo de carga consumida. Tal resultado vai de encontro ao observado na pesquisa de Bennard e Doucet (2006). Entretanto, verificou-se que o consumo da carga de AIG resultou em maior oxidação lipídica no período pós-exercício que aquela observada em jejum e durante os 90 minutos pós-prandiais (período pré-exercício), no primeiro e quarto dia de teste. Vale ressaltar que o consumo da carga de BIG levou ao aumento da oxidação lipídica no pós-exercício em relação ao período de jejum. No entanto, este aumento não foi suficiente para atingir efeito

estatístico. Acredita-se que este resultado tenha ocorrido em função da supressão lipolítica causada pela ingestão da carga de BIG apresentando alto teor de frutose (Tittelbach et al., 2000).

Um outro estudo (Yoshioka et al., 2001) envolveu a participação de 8 homens moderadamente treinados. Após a realização de um exercício de baixa intensidade (38% do VO_2 máx) com duração de 65 ± 9 minutos, de um exercício de alta intensidade (77% do VO_2 máx) com duração de 33 ± 6 minutos e de um período de repouso com 67 ± 11 minutos de duração, os participantes consumiram uma refeição padrão de 900 kcal (45% de carboidrato, 36% de lipídio e 19% de proteína). As respostas metabólicas foram avaliadas no intervalo de 60 a 270 minutos pós-exercício e após repouso, correspondendo ao período pós-prandial imediato. Verificou-se que o consumo de oxigênio foi superior após o exercício de alta intensidade em relação à situação de exercício de baixa intensidade e condição de repouso. O consumo de oxigênio apresenta relação direta com o gasto energético, ou seja, para cada litro de oxigênio consumido, são gastas aproximadamente 5 kcal (Matsuura et al., 2006). Assim, o maior consumo de oxigênio após a realização do exercício de alta intensidade no período pós-prandial imediato pode contribuir para que haja maior gasto energético, contribuindo assim para a perda de peso corporal (Foureaux et al., 2006). Na pesquisa atual, em que também foi realizado exercício de alta intensidade, foi observado maior consumo de oxigênio nos períodos pré-exercício e pós-exercício em relação ao estado de jejum para ambos os tratamentos adotados.

No presente estudo, o consumo excessivo de oxigênio pós-exercício por 60 minutos foi de aproximadamente 2,63 L/hora nos dias em que os participantes consumiram as cargas de AIG e BIG, correspondendo a um gasto extra de aproximadamente de 13,15 kcal. No entanto, o consumo de oxigênio não foi afetado pelo tipo de IG apresentado pela carga ingerida, sugerindo que o IG dos alimentos não influencia o EPOC. Em um outro estudo (Asano, 2005), os participantes realizaram três tipos de exercícios físicos (exercício contínuo, com duração de 20 minutos e intensidade de $50,7 \pm 2,85\%$ do VO_2 máx; exercício com intensidade de $70,1 \pm 2,36\%$ do VO_2 máx, realizado em 5 séries de 3 minutos, com 1 minuto de intervalo, totalizando 20 minutos e exercício com intensidade de $93,7 \pm 0,97\%$ do VO_2 máx., realizado em 10 séries de 1 minuto, com 1 minuto de recuperação, também totalizando 20 minutos) e o EPOC foi avaliado durante 1 hora. Foram obtidos valores de EPOC correspondentes a $2,106 \pm 0,219$ L/hora, $2,840 \pm 0,309$ L/hora e $4,969 \pm 0,52$ L/hora, respectivamente na ordem

das intensidades crescentes dos exercícios. O resultado obtido no presente estudo em resposta à realização de exercício de alta intensidade assemelha-se ao observado para o exercício com intensidade de $70,1 \pm 2,36\%$ do VO_2 máx, no estudo de Asano (2005) e não com o exercício de maior intensidade.

Em outro estudo (Short e Sedlock, 1997), envolvendo indivíduos treinados (5 mulheres e 7 homens), a realização de um exercício cicloergométrico, com duração de 30 minutos e intensidade de 70% do VO_2 máx, promoveu um EPOC de $3,24 \pm 14,8$ L, avaliado durante $40,3 \pm 14,8$ minutos. No presente estudo, o consumo de cargas diferindo em IG não afetou o EPOC. Além disso, os valores médios de EPOC obtidos em resposta à realização ao exercício de alta intensidade associada ao consumo de tais cargas nos quatro dias de teste (AIG1, AIG4, BIG1, BIG4) foram $\leq 2,84$ L/hora. Assim, enquanto neste estudo houve consumo prévio de cargas de AIG ou de BIG, nos dois últimos citados (Asano, 2005; Short e Sedlock, 1997), os exercícios foram realizados em condições de jejum.

No estudo de Short e Sedlock (1997) foi identificada uma queda expressiva do coeficiente respiratório no período pós-exercício em relação aos valores obtidos em jejum. De acordo com esses autores, a queda do coeficiente respiratório evidencia uma maior oxidação de gordura e aumento da circulação de colesterol e ácido graxo livre, contribuindo assim com um maior gasto energético pós-exercício. Alguns autores têm observado que o valor do EPOC de jejum foi significativamente superior ao EPOC obtido no período pós-prandial (refeição com 1075,5 kcal, consumida 2 h pós-exercício) (Bahr et al., 1991). De acordo com Bahr et al. (1991), durante o jejum há uma menor taxa de ressíntese de glicogênio em função da menor disponibilidade de carboidrato, em decorrência destas condições os autores mencionam a possibilidade do organismo estimular outros processos energéticos que contribuiriam mais para o aumento do EPOC em relação à situação quando os indivíduos consomem carboidrato.

No presente estudo, o coeficiente respiratório obtido em jejum e no pós-exercício foi menor que o valor obtido para o período pré-exercício (pós-prandial imediato) para ambas as cargas de IG testadas. Deve-se destacar que o consumo de tais cargas, com alta concentração de carboidrato, pode ter impedido uma maior redução do coeficiente respiratório no período pós-exercício em relação ao período de jejum. Este fato pode ter promovido um menor impacto sobre a oxidação de gordura, o ciclo triacilglicerol-ácido graxo e, conseqüentemente, sobre o EPOC. Segundo alguns autores, os ácidos graxos liberados durante a lipólise no ciclo triacilglicerol-ácido graxo

são reesterificados a triacilgliceróis ao invés de serem oxidados. Este é um processo dependente de ATP. O custo energético associado ao aumento desse ciclo pode ser responsável por uma parte significativa do aumento do gasto energético associado ao EPOC (Matsuura et al., 2006). Vale ressaltar que após revisão nas bases de dados Pubmed, Scielo e Science Direct não foi encontrado nenhum estudo que tenha avaliado o efeito do IG no consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC), dificultando assim a comparação dos resultados aqui obtidos com os de outros estudos.

5. CONCLUSÃO

No atual estudo, não foram verificadas diferenças significantes entre os parâmetros cardiovasculares (frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica) e parâmetro subjetivo (índice de percepção de esforço) em função do tipo de tratamento aplicado. Esses resultados comprovam a homogeneidade das condições em que as etapas do estudo foram conduzidas e também a ausência de efeito do IG dos alimentos em tais parâmetros, durante a realização de exercício intervalado de alta intensidade.

Em decorrência da pequena alteração do peso corporal dos atletas, verificou-se que o estado de hidratação dos mesmos não foi afetado após a realização do exercício. Tal fato nos mostra que o oferecimento de 3 mL de água por quilo de peso corporal em três estágios, durante o exercício, foi eficiente para manutenção das condições hídricas dos participantes.

A carga de BIG proporcionou maior oxidação de carboidrato, menor oxidação de gordura e maior coeficiente respiratório do que a carga de AIG. Tal resposta pode ter ocorrido em função do elevado teor de frutose da carga de BIG.

O consumo de cargas diferindo em IG não afetou o coeficiente respiratório, o gasto energético, o consumo de oxigênio e EPOC. No entanto, obteve-se maior gasto energético, maior metabolismo lipídico e maior consumo de oxigênio no período pós-exercício em relação ao estado de repouso, ilustrando os efeitos benéficos da realização do exercício físicos na redução do peso e na obtenção de uma composição corporal adequada.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão do auxílio financeiro (processo 1420/06) para a condução do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Coyle, EF. Altos e baixo das dietas a base de carboidratos. *Sport Science Exchange*, v.17, n.12, 2004a. Disponível em:<<<http://www.gssi.com.br>>>. Acesso em 20 jun. 2007.
2. Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ, Saris WH. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *Am J Physiol* 1997; 273, E268-E275.
3. Wee S, Williams C, Gray S, Horabintitle J. Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(03), 393 – 399.
4. Sparks MJ, Seling SS, Febbraio M A. Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 6, 844 – 849.
5. Febbraio MA, Keenan J, Angus D, Campbell S, Garnham AP. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *J. Appl. Physiol.* 2000; 89, 1845 – 1851.
6. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J. Appl. Physiol.* 2005; 99, 707 – 714.
7. Gillette CA, Bullough RC, and Melby CL. Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *Int J Sport Nutr* 1994; 4, 347–360.
8. Phelain JF, Reinke E, Harris MA, and Melby CL. Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *J Am Coll Nutr* 1997; 16, 140–146.
9. Yoshioka M, Doucet E, St-Pierre S, Améras N, Richard D, Labrie A, Després JO, Bouchard C, Tremblay A. Impact of high-intensity exercise on energy

- expenditure, lipid oxidation and body fatness. *International Journal of Obesity* 2001; 25, 332-339.
10. Tremblay A, Doucet E. Influence of intense physical activity on energy balance and body fatness. *Proceedings of the Nutrition Society* 1999; 58, 99-105.
 11. Bennard P, Doucet E. Acute effects of exercise timing and breakfast meal glycaemic index on exercise-induced fat oxidation. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31:502-511.
 12. Strunkard AJ, Messick S. The three factor eating questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition and hunger. *J Psychosom Res* 1985; 29, 71-83.
 13. Cooper KH. *O programa aeróbico para o bem estar total*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1982.
 14. Pollock ML, Wilmore JH. *Exercício na saúde e na doença*. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.
 15. Bray GA, Gray DS. Obesity I: Pathogenesis. *Western. J Med* 1988; 149 (4), 429-441.
 16. World Health Organization. *Physical Status: The use and interpretation of antropometry*. Geneva; 1995 (WHO Technical Report Series 854) 452p.
 17. Wu CL, Nicholas C, Williams, C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meal with different glycaemic indices on substrate utilization during subsequent exercise. *Br J Nutr* 2003; 90, 1049 – 1056.
 18. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilization during the postprandial periods and subsequent exercise. *Br J Nutr* 2005; 93, 885 – 893.
 19. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller, JC. International table of glycaemic index and glycaemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (1), 5 – 56.
 20. Food and Agriculture Organization. *Carbohydrates in Human Nutrition*. Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates. Rome, Italy, 1998.
 21. Wolever TM, Bolognesi, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. *J Nutr* 1996; 126 (11), 2798-2806.
 22. Wolever TMS, Jenkins DJA., Jenkins AL, Josse RG. The glycaemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54, 846 – 854.
 23. Diener, JRC. Artigo de Revisão: Calorimetria Indireta. *Rev Ass Med Brasil* 1997; 43: 245-253.

24. Den Bensten C, Vansant G, Weststrate J.A., Deurenberg, P. Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis in abdominal and gluteo-femoral obese women before and after weight reduction. *Am J Clin Nutr* 1988; 47, 840-847.
25. Valtueña S, Blanch S, Barenys M, Solá R, Salas-Salvadó J. Changes in body composition and resting energy expenditure after rapid weight loss: is there an energy-metabolism adaptation in obese patients? *Int J Obes* 1995; 19 (2), 119-25.
26. Buscemi S, Caimi G, Verga S. Resting metabolic rate and postabsorptive substrate oxidation in morbidly obese subjects before and after massive weight loss. *Int J Obes* 1996; 20 (1), 41-46.
27. Valtueña S, Salas-Salvadó J, Lorda PG. The respiratory quotient as a prognostic factor in weight-loss rebound. *Int J Obes* 21 (9): 811-817, 1997.
28. Fray KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol* 1983, 55, 628-634.
29. Marins J, Giannichi R. *Avaliação e prescrição de atividade física*. 3. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
30. Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate, a "longitudinal" Study. *Ann Med Esp Biol Fenn*, 1957; 35: 307.
31. Borg G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000.
32. Cintra IP, Heyde M, Shmitz B, Franceschini SCC, Taddei J, Sigulem DM. Métodos de inquéritos dietéticos. *Cad Nutr* 1997; 13, 11-23.
33. SPSS Inc. Sigma Stat for Windows [computer program]. Version 3.0. 2003
34. Bussab WO, Morettin PA. *Estatística básica*. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
35. Ribeiro GA, Rodrigues LOC, Moreira MCV, Silami-Garcia E, Páscoa MRC, Camargos FFO. Thermoregulation in hypertensive men exercising in the heat with water ingestion. *Braz J Med Biol Res* 2004; 37(3): 409-417.
36. Saat M, Tochihara Y, Hashiguchi N, Sirisinghe RG, Fujita M, Chou CM. Effects of exercise in the heat on the thermoregulation of Japanese and Malaysian males. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2005; 24(4): 267-275.
37. Saltin, B. Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. *J Appl Physiol* 1964; 19 (6): 1114-1118.

38. Cocate PG, Marins JCB. Efeito de três ações de “café da manhã” sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Rev Bras de Cineantropom Desempenho Hum* 2007; 9 (1): 67-75.
39. Almeida GL, Cocate PG, Carvalho MV, Marins NM, Marins JCB. Comportamento da glicemia sanguínea em dois procedimentos de hidratação durante um trabalho de ciclismo intervalado. *Revista Mineira Educação Física* 2004; 12 (2): 563.
40. Cocate PG, Marins NMO, Brasil TM, Marins, JC. Ingestão pré-exercício de um café da manhã: efeito na glicemia sanguínea durante um exercício de baixa intensidade. *Fitness & Performance Journal*. 2005; 4(5):261-273.
41. Salum A, Fiamoncini RL. Controle do peso corporal x desidratação de atletas profissionais de futebol. *Revista digital Efdeportes* 2006. ano 10 (92). Disponível em: <http://www.efdeportes.com/>. Acesso em: 16 de jul. 2007.
42. Parrella MM, Nowyuki OS, Rossi L. Avaliação da perda hídrica durante treino intenso de rugby. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11 (4), 229-232.
43. Coyle EF. Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences* 2004b; 22, 39-35.
44. Marins, J.C.B. Homeostase hídrica corporal em condições de repouso e durante o exercício físico. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde* 1998; 3 (2), 58-72.
45. Garcin M, Brésillion S, Pítou A, Péres G. Does perceived exertion depend on glycemic index of foods ingested throughout three hours before a one-hour high-intensity exercise? *Percept Mot Skills* 2001; 93(3), 599-608.
46. Kesaniemi Y, Danforth E, Jensen M, Kopelman P, Lefebvre P, Reeder B. Dose-response issues concerning physical activity and health an evidence based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (6):351-358S.
47. Stannard SR, Thompson MW, Brand-Miller JC. The effect of glycemic index on plasma glucose and lactate levels during incremental exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol*, 2000, 10, 51-61.
48. Barreiros RC, Bossolan G, Trindade, CEP. Fructose in humans: metabolic effects, clinical utilization, and associated inherent errors. *Rev Nutr*, 2005, 18 (3), 377-389.

49. Tittelbach T J, Mattes RD, Gretebeck RJ. Post-exercise substrate utilization after a high glucose vs. high fructose meal during negative energy balance in the obese. *Obesity Research* 2000; 8 (7), 496-505.
50. Rogatto GP. Hidratos de carbono: aspectos básicos e aplicados ao exercício físico. *Revista Digital* 2003; 56. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com>>. Acesso em: 30 jul 2007.
51. Foureaux G, Pinto K M de C, Damaso A. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após o exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. *Rev Bras Med Esporte* 2006; 12 (6), 393-398.
52. Matsuura C, Meirelles C M, Gomes PSC. Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência. *Rev Nutr* 2006; 19 (6), 729-740.
53. Short KR, Sedlock DA. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol* 1997; 83(1), 153-159.
54. Asano, S. Excess postexercise oxygen consumption and interval training. *Thesis*. College of Marshall University, Division of Exercise Science, Sport and Recreation, West Virginia, Huntington May 2005.
55. Bahr R, Sejersted OM. Effect of feeding and fasting on excess postexercise oxygen consumption. *J Appl Physiol* 1991; 71(6):2088-2093.

ARTIGO 4: IMPACTO DO ÍNDICE GLICÊMICO DOS ALIMENTOS NO BALANÇO ENERGÉTICO EM CICLISTAS

Paula Guedes Cocate¹, Letícia Gonçalves Pereira², João Carlos Bouzas Marins³, Josefina Bressan³, Paulo Roberto Cecon³, Rita de Cássia Gonçalves Alfenas³.

1.Mestranda em Ciências da Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2.Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 3. Professor(a) Dr.(a) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Endereço para correspondência: Nome do autor: Paula Guedes Cocate. Endereço: Rua Liberato Antônio da Cunha, num. 110. Cidade: Astolfo Dutra – MG (Brasil). CEP:36780-0000. Telefone: (32) 3451-1712, Celular: (32) 8412-6922. Email: guedescocate@yahoo.com.br. Instituição: Universidade Federal de Viçosa – MG (Brasil).

RESUMO

Alguns autores têm sugerido que a ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico (BIG) resulta no aumento lento e prolongado da glicemia, favorecendo maior saciedade em relação à ingestão de alimentos de alto IG (AIG). O presente estudo objetivou averiguar o efeito do consumo de cargas diferindo em índice glicêmico (IG) com similaridade na composição de macronutrientes e densidade calórica, durante 4 dias consecutivos, na glicemia e insulinemia de jejum, ingestão calórica, taxa metabólica de repouso e composição corporal. Participaram do estudo 15 homens, apresentando $24,4 \pm 3,7$ anos e índice de massa corporal de $22,04 \pm 1,31$ kg/m². Os participantes ingeriram em laboratório cargas de AIG (IG=74,42) ou BIG (IG=26,57) em duas refeições diárias, durante 4 dias consecutivos, fazendo registro de todos os alimentos consumidos em condições de vida livre nestes dias. O consumo de cargas de AIG resultou em área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica aos 90 minutos pós-prandiais maior que a do BIG. Na etapa do BIG verificou-se menor consumo de lipídios e maior de fibras ($p < 0,05$) que na etapa de AIG e que o consumo habitual. Entretanto, o peso corporal, a massa magra, o percentual de gordura, a glicemia, a insulinemia, o coeficiente respiratório e a taxa metabólica de repouso em jejum não foram afetados. Conclui-se que o consumo de cargas diferindo em IG por 4 dias não provoca alterações bioquímicas ou na composição corporal. A ingestão de alimentos de BIG pode resultar

em menor consumo calórico e de lipídios e maior de fibra, podendo assim favorecer a perda de peso corporal caso tal ingestão seja feita de forma crônica.

Palavras chave: Índice glicêmico, balanço energético, composição corporal.

IMPACT OF GLYCEMIC INDEX OF FOODS ON ENERGY BALANCE OF CYCLISTS

ABSTRACT

Some authors have suggested that the ingestion of low glycemic index (LGI) foods result in slow and prolonged increase in glycemia, favoring higher satiety than the ingestion of high glycemic index (HGI) foods. The purpose of the present study was to evaluate the effect of the consumption of loads differing in glycemic index (GI), presenting similar macronutrients composition and energy density, during 4 consecutive days, in fasting glycemia and insulinemia, caloric intake, resting metabolic rate, and body composition. Participated in the study 15 men, aged 24.4 ± 3.7 years, and body mass index of 22.04 ± 1.31 kg/m². The participants ingested HGI (GI=74.42) or LGI (GI=26.57) loads in the laboratory, in two meals per day, during 4 consecutive days, registering all types and amounts of foods consumed under free living conditions in these days. The consumption of HGI loads resulted in higher area under the glycemic and insulinemic curves during the 90 minutes post-prandial than the ingestion of LGI foods. During LGI ingestion it was verified a lower energy and fat consumption and higher ($p < 0.05$) fiber consumption than during the HGI and the habitual consumption. However, body weight, lean body mass, body fat percentage, glycemia, insulinemia, respiratory coefficient, and fasting resting metabolic rate were not affected. These results indicate that the consumption of loads differing in GI during 4 days does not lead to biochemical or body composition changes. The ingestion of LGI foods can result in lower caloric and fat consumption, and higher fiber ingestion, which may favor body weight reduction if these foods are chronically consumed.

Keywords: Glycemic index, energy balance and body composition.

1. INTRODUÇÃO

A prevalência da obesidade vem aumentando consideravelmente no mundo, afetando todos os níveis sociais, sendo considerada atualmente uma epidemia mundial. A obesidade, condição resultante do acúmulo excessivo de tecido adiposo no organismo é uma desordem metabólica associada principalmente ao baixo nível de atividade física e ingestão energética acima da necessária para a manutenção das atividades orgânicas (WHO, 2003). A epidemia da obesidade sobrecarrega o sistema de saúde pelo aumento da demanda de tratamento das doenças crônicas associadas à obesidade, como o diabetes do tipo 2 e as doenças cardiovasculares (Chopra et al., 2002). Os componentes desta síndrome são caracterizados pela hiperinsulinemia e por diferentes graus de resistência insulínica (Pereira et al., 2003).

Tem sido demonstrado que a prática de exercício físico associado à ingestão de dietas hipocalóricas exerce um impacto importante no controle do peso corporal (Sciacqua et al., 2003; Racette et al., 2001). No entanto, observa-se que a ingestão de dietas hipocalóricas, resulta na ativação de mecanismos homeostáticos, que levam ao aumento da fome e à redução da taxa metabólica basal (Rogers, 1999). Por esse motivo, a adesão a tais dietas por longos períodos torna-se difícil, dificultando assim que os resultados esperados sejam atingidos. Por outro lado, a ingestão de alimentos com alto poder de saciedade favorece no controle da ingestão energética, sem levar ao aumento da sensação de fome entre as refeições (Holt et al., 2001), podendo desta forma favorecer para o controle do peso corporal (Spieth et al., 2002).

Alguns autores têm sugerido que a ingestão de alimentos de BIG resulta no aumento lento e prolongado da glicemia, favorecendo uma maior saciedade em relação à ingestão de alimentos de AIG (Ludwig et al., 1999; Warren et al., 2003). No entanto, no estudo conduzido por tais autores os alimentos de BIG continham quase duas vezes mais proteínas do que os alimentos de AIG. Enquanto os alimentos de AIG eram semi-sólidos, os de BIG eram sólidos (Ludwig et al., 1999). Evidências científicas indicam que as proteínas apresentam maior poder de saciedade que os demais macronutrientes (Blundell e MacDiarmid, 1997; Jequier e Tappy, 1999; Jequier, 2002). Além disso, alguns estudos indicam que os alimentos sólidos desempenham um papel mais efetivo no controle da fome que os semi-sólidos (DiMeglio e Mattes, 2000; Mattes e Rothacker, 2001). Assim, as diferenças na composição de macronutrientes e na consistência dos

alimentos testados afetam a interpretação dos resultados daquele estudo (Ludwig et al., 1999).

O efeito da prática de exercício físico associado à ingestão de dieta de BIG ou de dieta hipolipídica foi testada, em 107 crianças obesas. Ao final do estudo, o grupo de crianças que recebeu dieta de BIG apresentou índice de massa corporal significativamente menor (Spieth et al., 2002). Entretanto, devido a diferenças na composição de macronutrientes das dietas testadas e também porque os participantes do grupo de BIG foram mais estimulados a seguir as orientações nutricionais e as referentes à prática de exercícios físicos, os resultados desse estudo não podem ser atribuídos apenas à ingestão de alimentos de BIG.

Em um outro estudo, observou-se que embora o consumo calórico tivesse sido menor 2 horas após a ingestão de alimentos de BIG, quando estas calorias foram adicionadas às ingeridas no restante do dia, nenhuma diferença foi verificada na ingestão calórica total (Holt e Miller, 1995). Estes resultados indicam claramente que em estudos dessa natureza, o efeito da ingestão de alimentos diferindo em IG na saciedade precisa ser avaliado pelo menos durante todo o dia.

A ingestão *ad libitum* de dietas de AIG ou de BIG em condições laboratoriais, por 19 mulheres e 20 homens, durante 8 dias consecutivos, não resultou em diferença significativa na ingestão calórica (Alfenas e Mattes, 2005). Naquele estudo, o IG de todos os alimentos testados foi determinado em um estudo piloto, após a ingestão de 50 g de carboidratos disponível, em 15 minutos. Os alimentos de BIG apresentaram valores de IG quase 3 vezes menor do que aqueles apresentados pelos alimentos de AIG. No entanto, o efeito do consumo destes mesmos alimentos na ingestão calórica foi avaliado sem que a quantidade de carboidratos ingeridos ou o tempo designado para tal ingestão fossem controlados. Tal conduta foi adotada visando reproduzir a forma em que os alimentos são normalmente consumidos em condições de vida livre. Em consequência disto, não foram observadas respostas glicêmicas e insulinêmicas diferentes após a ingestão das dietas diferindo em IG. Estas respostas por sua vez não foram então capazes de afetar a ingestão (Alfenas e Mattes, 2005).

Como a glicemia pós-prandial pode ser afetada tanto pela quantidade de carboidratos ingeridos (Brand-Miller et al., 2002), quanto pela a velocidade de ingestão dos mesmos (Berry et al., 2003), a não padronização destes parâmetros pode ter afetado os resultados observados naquele estudo (Alfenas e Mattes, 2005). É possível que os efeitos da ingestão de alimentos diferindo em IG na saciedade só sejam observados

quando tais alimentos apresentarem quantidades semelhantes de carboidratos e o tempo para a ingestão dos mesmos for controlado.

O efeito do consumo de dietas de AIG ou BIG no índice de massa corporal, na massa magra e na massa gordurosa foi avaliado durante 2 períodos, com duração de 8 dias consecutivos. Ao final do estudo, não foram observadas diferenças nos parâmetros antropométricos e de composição corporal avaliados. No entanto, observou-se redução significativamente diferente de zero no índice de massa corporal e massa gordurosa, após a ingestão da dieta de BIG (Alfenas, 2003). Estes resultados sugerem que as alterações nos parâmetros avaliados poderiam ter sido mais evidentes, caso o estudo tivesse uma duração maior. Por outro lado, os efeitos da ingestão dos alimentos de BIG nos parâmetros avaliados naquele estudo poderiam ter se mostrado mais evidentes, caso a taxa de oxidação lipídica tivesse sido avaliada.

Em um estudo de *crossover*, dietas de AIG e de BIG foram ingeridas por homens durante 5 semanas. Embora o registro da quantidade de alimentos ingeridos durante o período de estudo não tivesse se alterado, observou-se uma redução significativa da adiposidade quando os homens ingeriram dietas de BIG. Além disso, de modo semelhante ao observado no estudo de Alfenas (2003), apesar dos participantes desse estudo não terem apresentado alteração em termos de peso corporal, quando a dieta de BIG foi ingerida, observou-se uma tendência para aumento da massa livre de gordura (Bouche et al., 2002). A ingestão de tais dietas de BIG possivelmente teria favorecido a redução do peso dos participantes deste estudo, caso esta ingestão tivesse sido associada à prática de exercícios físicos nesses dois últimos estudos citados.

Tem sido divulgado que um alto coeficiente respiratório (RQ) de jejum é o principal fator envolvido no ganho de peso (McCarty, 2000). A ingestão de dietas de AIG leva a uma menor oxidação lipídica do que as de BIG em humanos (Wee et al., 2005). Assim, a ingestão de alimentos de BIG pode favorecer uma redução do teor de gordura corporal por aumentar a oxidação lipídica e reduzir a oxidação de carboidratos, em função da menor liberação insulínica (Eckel, 1992).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou averiguar o efeito do consumo diário de duas cargas isoenergéticas, diferindo em IG, apresentado, porém composição de macronutrientes, densidade energética similares e a mesma consistência, durante 4 dias consecutivos na área abaixo da curva glicêmica e insulinêmica, na glicemia e insulinemia de jejum, na composição corporal, na taxa metabólica de repouso e na ingestão calórica.

2. CASUÍSTICA E MÉTODOS

Participaram do presente estudo 15 ciclistas do sexo masculino, com idade de $24,4 \pm 3,7$ anos (média \pm desvio padrão), peso corporal de $67,11 \pm 5,53$ kg, estatura de $174,73 \pm 4,91$ m e índice de massa corporal de $21,97 \pm 1,46$ kg/m². Todos os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Metabolismo Energético e Composição Corporal (LAMECC), da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente no estudo. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa-MG (parecer nº 021/2006), atendendo as orientações da resolução 196/96 do CNS, de 10/10/96, sobre experimentos com seres humanos.

Crítérios de seleção da amostra

Foram considerados os seguintes critérios de seleção: sexo masculino; nível de restrição/desinibição alimentar < 14 (Strunkard e Messick, 1985); idade entre 18 e 35 anos; não estar fazendo dieta para controle de peso; peso estável (alteração < 3 kg) nos últimos 3 meses; excelente nível de aptidão física, de acordo com a classificação proposta por Cooper (1982); não obtenção de resposta positiva a todas as perguntas do questionário “Par Q & Você” (Pollock e Wilmore, 1993); pressão arterial em repouso normal, segundo os critérios da Sociedade Brasileira de Hipertensão (2007); praticante regular (no mínimo 3 vezes por semana) de exercício físico; não fumantes; não usuários de álcool ou de medicamentos que afetem a ingestão de alimentos e ou metabolismo energético.

Desenho experimental

O presente estudo é do tipo *crossover*, onde os voluntários selecionados participaram aleatoriamente de 2 etapas experimentais, quando os mesmos ingeriram alimentos de AIG ou de BIG, durante 4 dias consecutivos. Tais etapas foram separadas entre si por um intervalo de no mínimo 1 semana. Do primeiro ao quarto dia de cada etapa experimental, os voluntários fizeram a ingestão em condições laboratoriais de

carga de AIG ou de BIG, de acordo com a etapa em que estavam, no desjejum e no lanche da tarde.

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram no LAMECC, da Universidade Federal de Viçosa-MG, após 12 horas de jejum, para avaliação antropométrica, da composição corporal e da taxa metabólica de repouso. Nesses dias, os voluntários também foram submetidos à avaliação dos níveis glicêmicos e insulinêmicos imediatamente antes da ingestão (tempo 0 minutos) e aos 30, 60, e 90 minutos após consumo das cargas.

Após a realização de todos os testes, os voluntários foram liberados para exercer suas atividades normais em condições de vida livre, mantendo o registro dos tipos e quantidades de alimentos ingeridos do primeiro ao quarto dia do estudo. Os voluntários foram orientados a ingerir preferencialmente, alimentos de AIG ou de BIG, de acordo com a etapa na qual estavam participando. Para tal, todos receberam uma lista de substituição de alimentos de AIG e de BIG e foram orientados a substituir os alimentos da dieta por outros que apresentavam IG semelhantes. Durante o experimento, os avaliados foram solicitados a manter o mesmo nível de atividade física, porém no dia anterior ao teste, eles foram orientados a fazer o mínimo de atividade física.

Avaliação Antropométrica e da Composição Corporal

Foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) (Bray e Gray, 1988), relacionando o peso (kg) e a altura (metros ao quadrado). Os voluntários foram pesados utilizando-se balança eletrônica digital da marca Tanita®, com capacidade de 150 kg, graduação de peso de 0,1 kg e graduação de gordura de 0,1%, usando o mínimo de roupa possível. A altura foi determinada utilizando-se um antropômetro vertical milimetrado, com extensão de 2m e escala de 0,5 cm. Para a determinação do peso e da altura, os avaliados encontraram-se de pé, em posição firme, com os braços relaxados e cabeça no plano horizontal. Foram considerados eutróficos os voluntários que apresentaram valores de IMC de 18,5 a 24,9 Kg/m² (WHO, 1995).

A composição corporal (quantidades e percentuais de gordura corporal total, massa magra e água corporal total) dos participantes do estudo foi avaliada utilizando-se o método da bioimpedância (TANITA, modelo TBF-300A). Para tal, os voluntários foram orientados a fazer o mínimo de atividade física e se abster do consumo de café no dia

anterior ao teste, não consumir álcool nas 48 horas antecedentes e evitar a ingestão de água nas horas precedentes ao teste.

Cargas testadas

As cargas servidas durante o estudo foram preparadas no Laboratório de Estudo Experimental dos Alimentos da Universidade Federal de Viçosa. Tais cargas apresentavam semelhança em termos de quantidade de macronutrientes (73,30% de carboidrato disponível; 7,55% de proteína; 9,80% de lipídios), densidade calórica (4,48 kcal/g) e teor de fibras (0,12g de fibra por grama da refeição consumida). As cargas testadas foram consumidas pelos voluntários dentro de 15 minutos. Essas cargas forneciam teor calórico correspondente a 1/3 do gasto energético de repouso (mensurado no primeiro dia de teste) e aproximadamente 2 g de carboidrato disponível por quilograma de peso corporal de cada voluntário (Wu et al, 2003; Stevenson et al, 2005).

As cargas oferecidas no desjejum e lanche da tarde das etapas de baixo e de alto IG continham os seguintes alimentos:

Refeição de baixo IG (BIG): *All Bran*, iogurte desnatado de morango, frutose em pó, pão multigrãos, margarina, suco de uva e maçã.

Refeição de alto IG (AIG): *Corn Flakes*, leite integral, glicose, pão branco, margarina, bebida carboidratada (repositor hidroeletrolítico para praticante de atividade física) e Benefiber (fibra solúvel).

Na tabela 1 está representada a quantidade de macronutrientes e de fibras e o valor de IG das cargas de AIG e BIG.

Tabela 1 – Média do teor de macronutrientes e de fibras, densidade calórica e índice glicêmico apresentados pelas refeições de alto e de baixo índice glicêmico

Características apresentadas*	Tipo de refeição testada	
	Alto índice glicêmico	Baixo índice glicêmico
Composição nutricional (g/refeição)		
Carboidrato	122,76 ± 18,63	124,69 ± 10,9
Proteína	12,07 ± 3,71	13,42 ± 2,76
Lipídio	15,77 ± 3,71	13,79 ± 3,76
Fibras	17,74 ± 6,09	17,34 ± 4,22
Índice glicêmico	74,42	26,57

* Valores apresentados em média ± DP

Determinação do índice glicêmico das cargas testadas

A seleção prévia dos alimentos a serem incluídos nas cargas de alto e de baixo IG foi feita baseando-se nos valores de IG publicados na Tabela Internacional de Índice Glicêmico (Foster-Powell et al., 2002). A determinação do IG das cargas foi feita em um estudo piloto. Para tal, foram recrutados 7 voluntários (2 homens e 5 mulheres) eutróficos com idade de $22,8 \pm 3,1$ anos (IMC de $21,4 \pm 2,5$ kg/m², glicemia normal, não diabéticos, sem história familiar de diabetes ou de intolerância à glicose, sem uso de medicamentos que afetem a glicemia). Os voluntários ingeriram as cargas testadas uma vez. A glicose foi utilizada como alimento de referência, sendo ingerida três vezes por cada voluntário (FAO, 1998).

Tais voluntários se apresentaram ao laboratório após 10-12 horas de jejum. Uma porção da carga a ser testada, contendo 50 g de carboidrato disponível, foi ingerida em 15 minutos (Wolever e Bolognesi, 1996). Alterações glicêmicas resultantes desta ingestão foram avaliadas pela determinação da glicemia capilar utilizando o aparelho *One Touch Ultra*[®], nos tempos 0 (imediatamente antes da ingestão), 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min (após início da ingestão) (FAO, 1998). A área positiva formada abaixo da curva de resposta glicêmica foi calculada pelo método trapezoidal (Wolever et al., 1991). Os valores de IG das cargas foram calculados a partir da área obtida após a ingestão de cada carga, sendo expressa em termos da porcentagem da resposta glicêmica obtida após a ingestão da glicose. O IG de cada carga foi determinado a partir

da média aritmética dos valores obtidos pelos 7 voluntários (Wolever et al., 1991; FAO, 1998).

Avaliação da taxa metabólica de repouso

No primeiro e no último dia de cada etapa do estudo, os voluntários se apresentaram no LAMECC, após 12 horas de jejum. Ao chegarem ao laboratório, os voluntários permaneceram em repouso por 30 minutos em ambiente silencioso, com pouca iluminação e com temperatura confortável, para evitar alterações causadas por frio ou ansiedade (Diener, 1997).

A seguir, procedeu-se a mensuração do metabolismo em repouso durante 30 minutos, utilizando o aparelho de calorimetria indireta (Deltatrac II[®] Datex, Finlândia), que mede a taxa metabólica pela determinação do consumo de oxigênio e da produção de dióxido de carbono por um dado período de tempo. Foram obtidos também os valores do quociente respiratório (RQ), que relaciona os moles de CO₂ expirado/moles de O₂ consumido (Buscemi et al, 1996; Valtueña et al, 1997). Esta determinação é convertida em quilocalorias de calor produzido por metro quadrado de superfície corporal por hora, e extrapolado para o gasto energético total. No dia anterior à aferição do metabolismo energético, os voluntários foram orientados a evitar o excesso de atividade física e a ingestão de álcool e de café.

Avaliação da ingestão alimentar

A ingestão alimentar habitual antes do estudo e a ingestão alimentar em cada etapa experimental foi avaliada a partir do registro dos tipos e quantidades dos alimentos consumidos diariamente. A ingestão habitual foi avaliada a partir de registro alimentar de 3 dias não consecutivos, sendo 2 dias durante a semana e 1 dia de final de semana (Cintra et al., 1997). O efeito de cada tratamento sobre a ingestão foi determinado pelo registro alimentar de 24 horas após o consumo das cargas testadas durante os 4 dias de cada etapa do estudo.

Para estimar as quantidades de alimentos ingeridos, os voluntários receberam um treinamento utilizando réplicas plásticas de alimentos. Cada registro alimentar foi revisado na presença do voluntário para garantir sua precisão. As quantidades, em medidas caseiras, dos alimentos ingeridos foram então convertidas em gramas e a

ingestão calórica e de macronutrientes foi analisada utilizando o software DietPro® (versão 4). Tais avaliações foram realizadas por uma estudante do último período do curso de nutrição capacitada previamente para o desempenho destas funções.

Avaliações bioquímicas

As coletas de sangue foram realizadas em veias do antebraço esquerdo ou direito, utilizando seringa descartável BD® de 10 mL e agulhas BD® PrecisionGlide (0,80 x 25 mm). Após a coleta, 5 mL do sangue foram introduzidos no tubo a vácuo sem aditivo com gel separador. Os 5 mL restantes foram colocados em tubo com fluoreto de sódio (na proporção de 1 gota/3 mL de sangue). Logo após esses procedimentos, o soro foi separado do plasma por centrifugação, aplicando rotação de 3000m/s (centrífuga para tubos Quimis®), durante 10 min. O soro obtido no tubo com gel foi utilizado para análise da insulinemia, enquanto o soro obtido no tubo fluoreto foi destinado para a análise da glicemia. Esses tubos foram estocados de 2 a 8 °C até a sua análise 24h depois.

A glicemia foi determinada pelo teste enzimático-colorimétrico, utilizando o método sem desproteinização (Kit glicose enzimática da marca In vitro diagnóstica®), sendo analisado pelo aparelho Cobas Mira da marca Roche®) e a insulina foi avaliada por quimiluminescência no aparelho Immulite 2000 (DPC®).

Análise estatística

Para comparar o efeito dos tratamentos utilizou-se o teste de medidas repetidas de Análise de Variância (Anova One Way) para as variáveis com distribuição normal e o Teste de Kruskal-Wallis para os que não apresentavam distribuição normal. Quando estes resultados se apresentaram significantes, utilizou-se o procedimento de comparações múltiplas de Tukey e Dunn´s respectivamente, para completá-los.

As análises foram conduzidas utilizando o software SigmaStat 3.0. Valores de probabilidade abaixo de 0,05 foram considerados estatisticamente significantes. Os resultados estão apresentados como médias/medianas e erro padrão (EP).

3. RESULTADOS

Respostas glicêmica e insulinêmica

Os valores de glicemia e insulinemia de jejum obtidos no primeiro dia de teste, antes do consumo das cargas de AIG e BIG, não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$). Além disso, o consumo destas cargas durante 4 dias consecutivos não alterou ($p > 0,05$) tais respostas em relação ao primeiro dia de teste (Figura 1 e Figura 2).

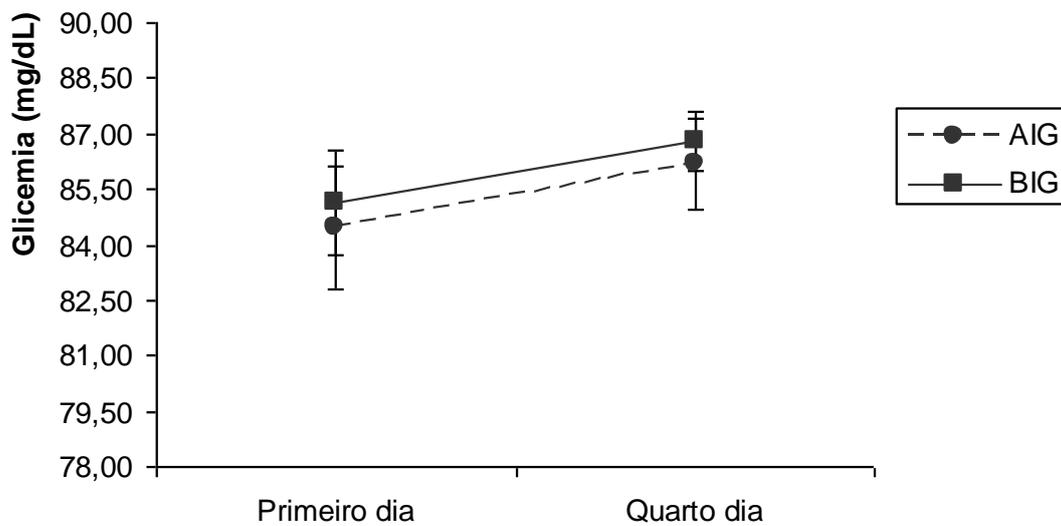


Figura 1: Médias \pm EP da glicemia de jejum obtida no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si por meio do teste Anova One Way.

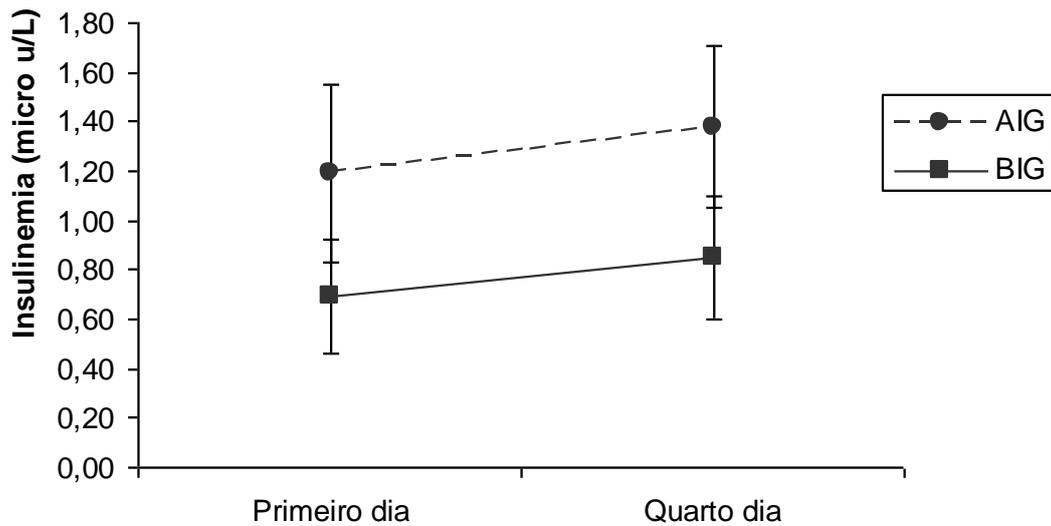


Figura 2: Médias \pm EP da insulinemia de jejum obtida no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si por meio do teste Anova One Way.

No entanto, verificou-se que as áreas obtidas abaixo da curva (AAC) de resposta glicêmica durante os 90 minutos de avaliação desse parâmetro no primeiro e quarto dia após consumo da refeição de AIG foram superiores ($p < 0,05$) em comparação àquelas obtidas após ingestão da refeição de BIG nos dois dias de teste (Figura 3). A AAC insulinêmica obtida após o quarto dia de ingestão de AIG foi maior ($p < 0,05$) que a observada na carga de BIG no primeiro dia (Figura 4). As AACs glicêmica e insulinêmica obtidas no quarto dia não diferiram das obtidas no primeiro dia de ingestão das cargas de AIG ou de BIG (Figura 3 e Figura 4).

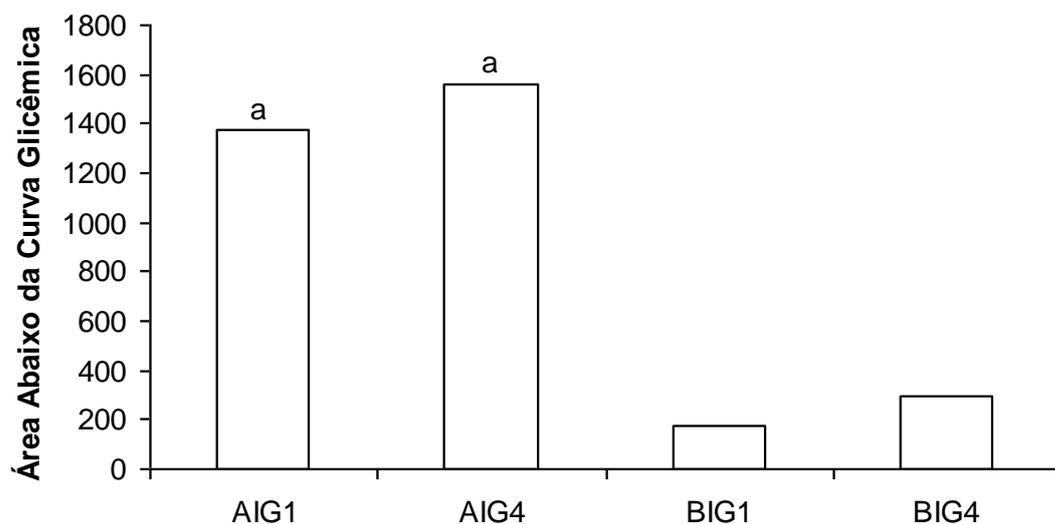


Figura 3: Mediana das áreas abaixo das curvas (AAC) glicêmicas, obtidas após consumo da refeição de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG4) de cada uma das duas etapas do estudo. Os valores de AAC variaram de 323,99-3599,99 (AIG1), 0-3209,990 (AIG4), 0-1169,99 (BIG1) e 0-679,99 (BIG4), respectivamente. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) AAC maior no AIG1 e AIG 4 vs BIG 1 e BIG4 pelo teste Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

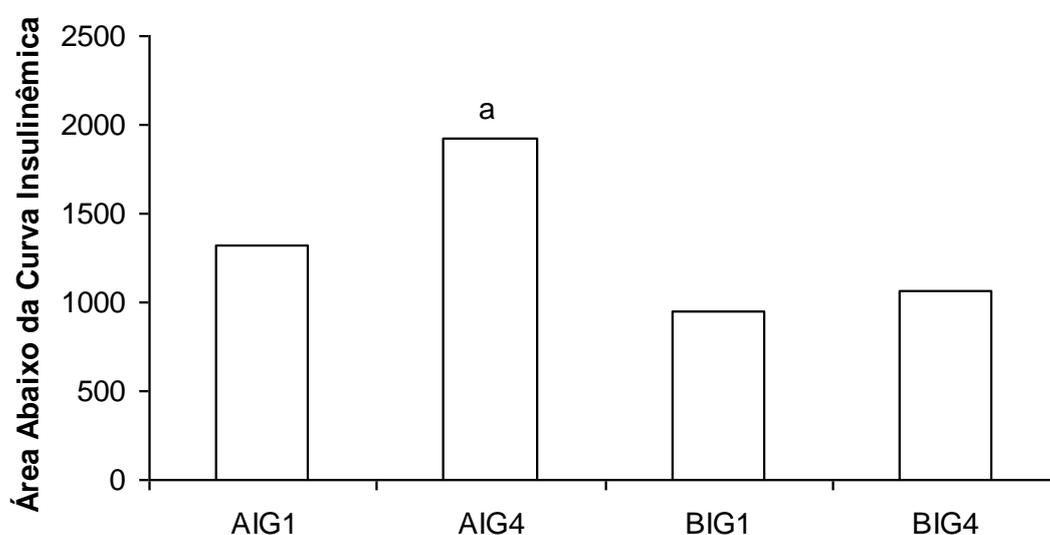


Figura 4: Mediana das áreas abaixo das curvas (AAC) insulinêmicas, obtidas após consumo da refeição de alto índice glicêmico no primeiro dia (AIG1), alto índice glicêmico no quarto dia (AIG4), baixo índice glicêmico no primeiro dia (BIG1) e baixo índice glicêmico no quarto dia (BIG 4) de cada uma das duas etapas do estudo. Os valores de AAC variaram de 754,19-4166,99 (AIG1), 748,49-4394,99 (AIG4), 367,49-2150,99 (BIG1) e 481,49-2071,49 (BIG4), respectivamente. Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$): (a) AAC maior no AIG4 vs BIG1 pelo teste Kruskal-Wallis complementado pelo teste de Dunn's.

Coeficiente respiratório em jejum

O coeficiente respiratório (CR) de jejum obtidos no quarto dia de tratamento não foi afetado em relação ao primeiro dia de consumo das cargas de AIG ou de BIG.

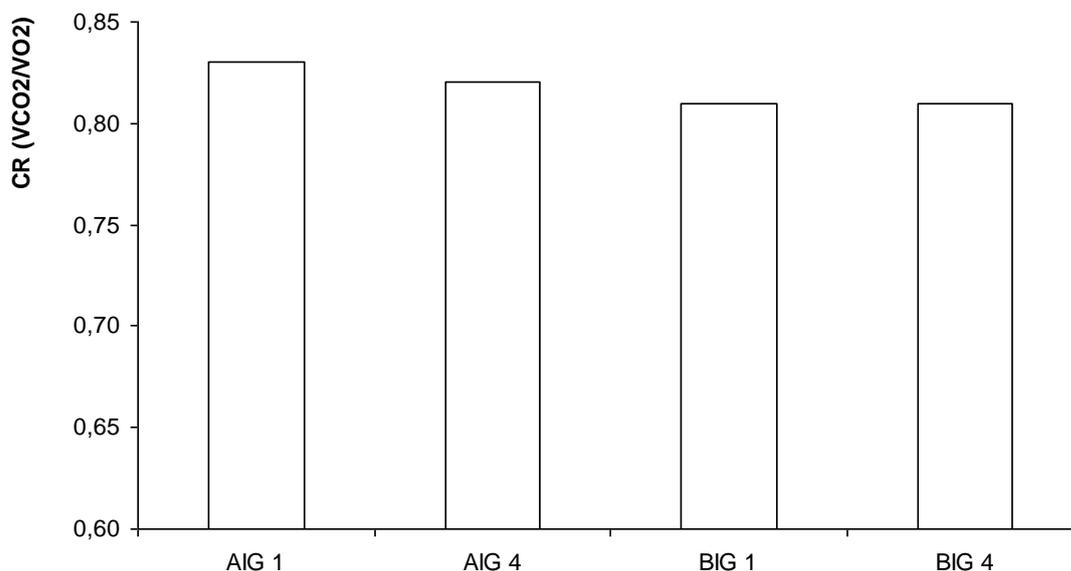


Figura 5: Mediana do coeficiente respiratório em jejum no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores de coeficiente respiratório variaram de 0,78-0,90 (AIG1), 0,75-0,92 (AIG4), 0,77-0,83 (BIG1) e 0,75-0,90 (BIG4), respectivamente. Os valores obtidos não diferem ($p > 0,05$) estatisticamente entre si, por meio do teste Kruskal-Wallis.

Taxa metabólica de repouso

Não foi observada diferença estatística na taxa metabólica de repouso obtida no primeiro e após 4 dias de consumo das cargas de AIG ou de BIG (Figura 6).

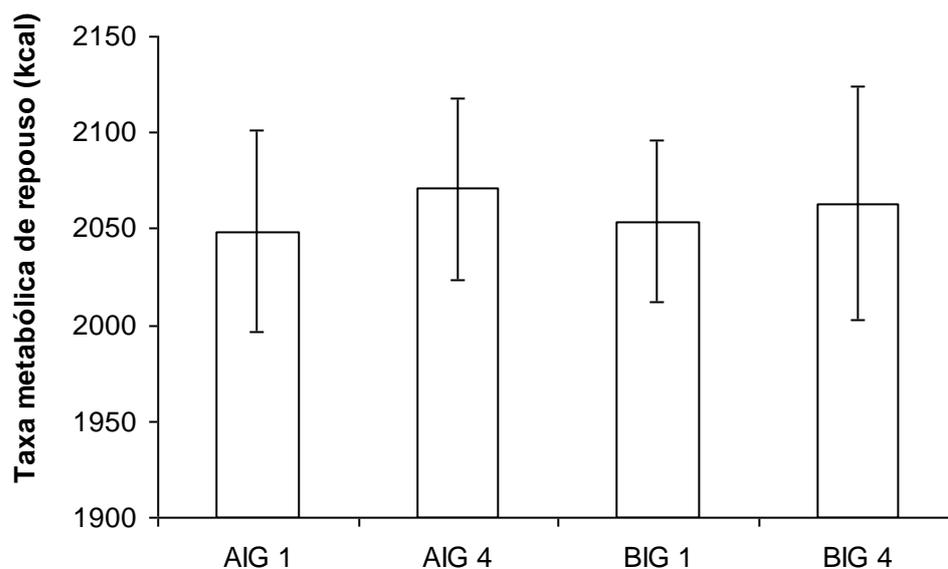


Figura 6: Médias \pm EP da taxa metabólica de repouso obtida em jejum no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si, por meio do teste Anova One Way.

Ingestão alimentar habitual e durante o estudo

Observou-se que na etapa de BIG o consumo diário de lipídios foi inferior ($p < 0,05$) em relação ao consumo habitual que aquele constatado na etapa de AIG. Além disso, verificou-se que durante as etapas de ingestão das cargas de AIG e BIG houve maior consumo diário de fibra ($p < 0,05$) do que a ingestão habitual. A ingestão diária de fibra na etapa de ingestão da carga de BIG foi superior ($p < 0,05$) à observada na etapa de consumo da carga de AIG (Figura 7).

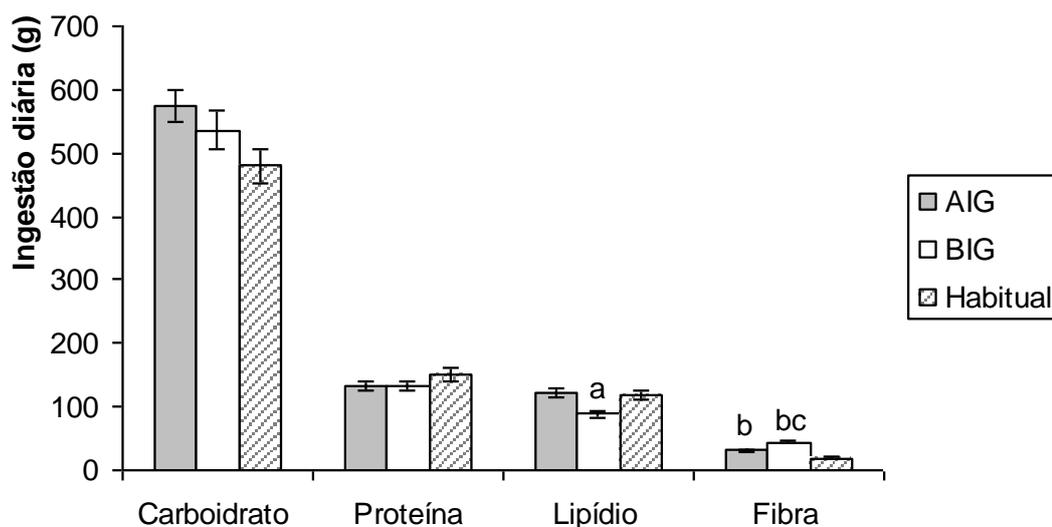


Figura 7 – Média \pm EP das quantidades (g) de macronutrientes (carboidrato, proteína, lipídios) e de fibras ingeridos diariamente durante os 4 dias de consumo de refeições de alto (AIG) ou de baixo (BIG) índice glicêmico. Diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$): (a) A ingestão de lipídios na etapa de BIG é significante ($p < 0,05$) menor que a observada habitualmente e na etapa de AIG; (b) O consumo de fibra nas etapas de AIG e BIG é significante ($p < 0,05$) superior que na ingestão habitual; (c) O consumo de fibra na etapa de AIG é significante ($p < 0,05$) inferior que na etapa de BIG. As diferenças encontradas foram contatadas pelo teste de Anova One Way, complementado pelo teste de Tukey.

O consumo calórico diário médio durante a etapa de AIG e a ingestão habitual foram 447,76 kcal e 97,94 kcal, respectivamente, superior ao constatado durante os quatro dias da etapa de BIG. No entanto, tal ingestão não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) (Figura 8).

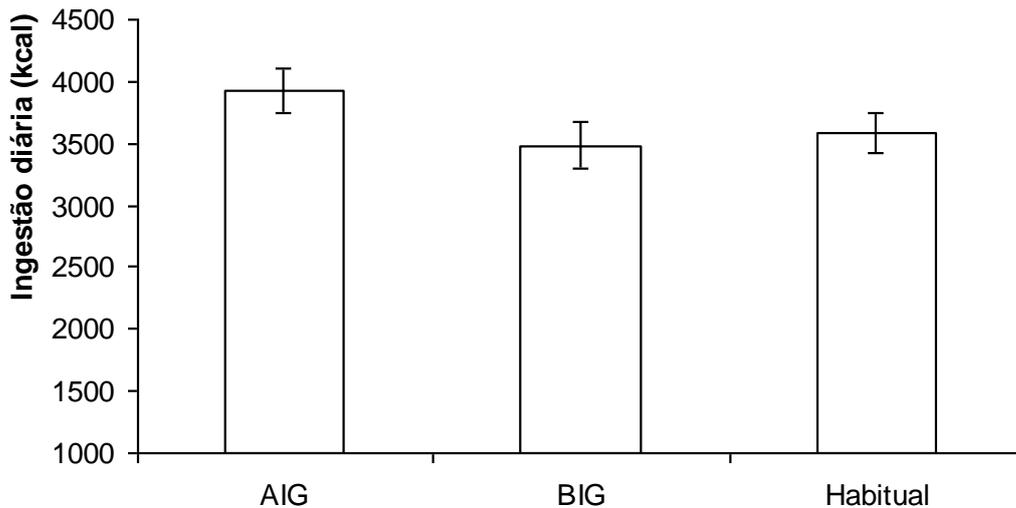


Figura 8 – Média \pm EP da ingestão calórica (kcal) diária habitual e a observada durante os 4 dias de consumo da carga de BIG e de AIG. Os dados apresentados acima não diferem ($p > 0,05$) entre si por meio do teste Anova One Way.

Parâmetros antropométricos e de composição corporal

Não foi observada diferença ($p > 0,05$) no peso corporal (Figura 9), percentual de gordura (Figura 10) e a massa magra (Figura 11) avaliados no primeiro e quarto dia de cada tratamento ou entre os tratamentos.

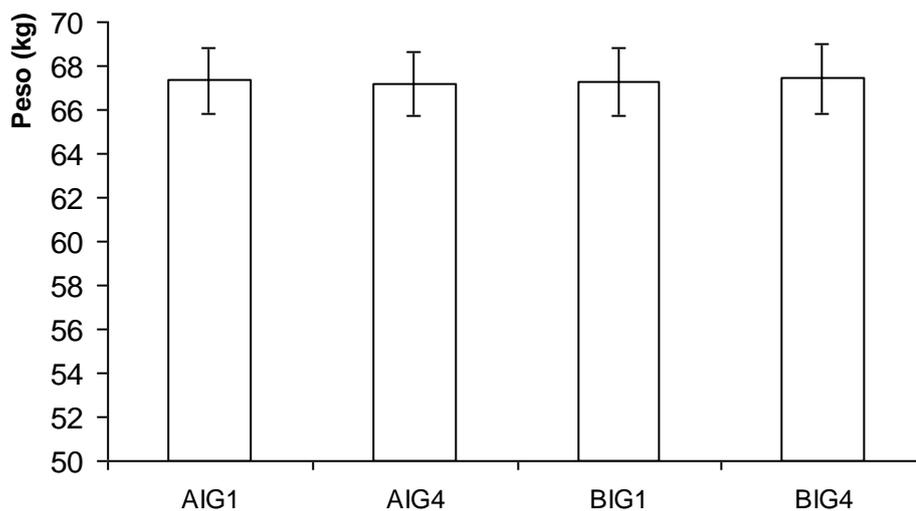


Figura 9: Médias \pm EP do peso corporal avaliadas em jejum no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si por meio do teste Anova One Way.

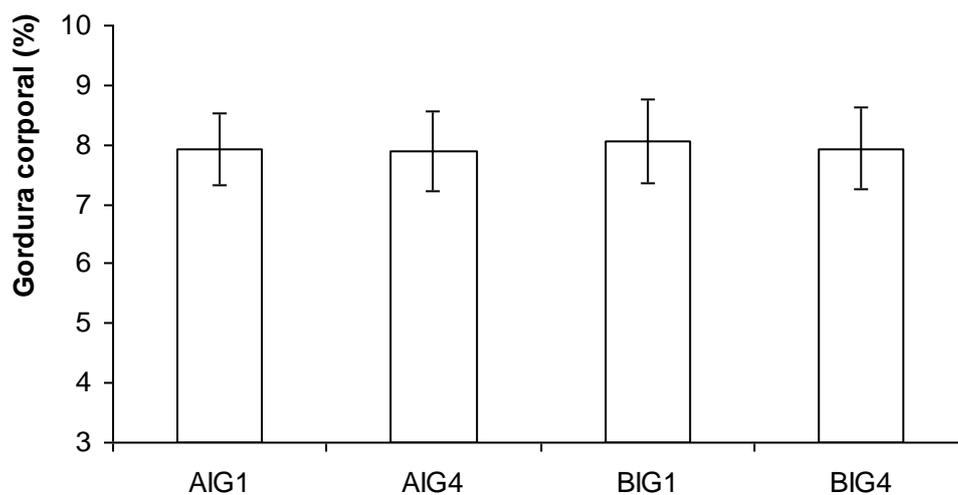


Figura 10: Médias \pm EP do percentual de gordura corporal avaliadas em jejum no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si por meio do teste Anova One Way.

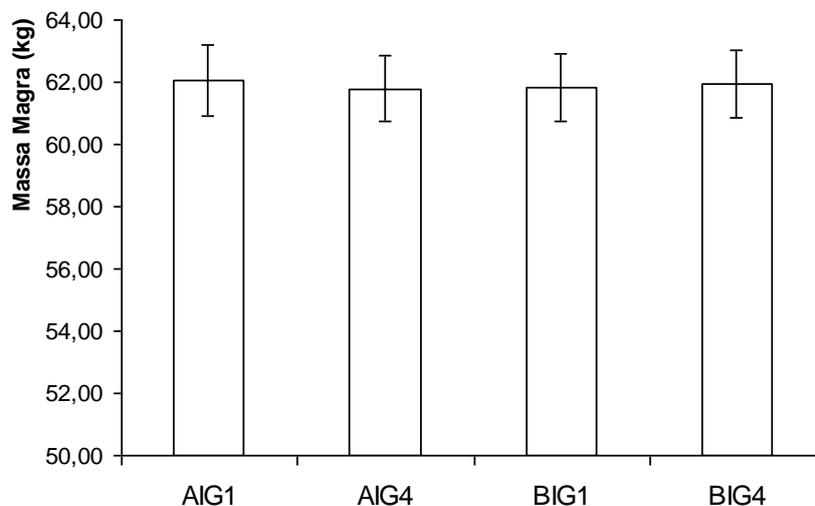


Figura 11: Médias \pm EP da massa magra avaliadas em jejum no primeiro dia de consumo das cargas de alto índice glicêmico (AIG1) e baixo índice glicêmico (BIG1), e após quatro dias consecutivos de ingestão das cargas de alto índice glicêmico (AIG4) e baixo índice glicêmico (BIG4). Os valores obtidos não diferiram ($p > 0,05$) estatisticamente entre si por meio do teste Anova One Way.

4. DISCUSSÃO

No presente estudo, 15 participantes ingeriram no período de 15 minutos, em condições laboratoriais, 2 refeições diárias de AIG ou de BIG, fornecendo 1/3 de suas necessidade energética em repouso, durante 4 dias consecutivos. A ingestão dos alimentos de AIG resultou em áreas abaixo das curvas de resposta glicêmica maiores que as observadas após o consumo das cargas de BIG. Entretanto, em um outro estudo (Alfenas e Mattes, 2005) envolvendo 39 adultos saudáveis, o consumo *ad libitum* de refeições de AIG e BIG durante 8 dias consecutivos, não foi capaz de resultar diferenças significantes nas áreas obtidas abaixo das curvas de respostas glicêmica.

A divergência no resultado desses dois estudos provavelmente se deve à forma em que os alimentos testados foram ingeridos. Enquanto no estudo de Alfenas e Mattes (2005) os alimentos diferindo em IG foram consumidos de forma *ad libitum*, ou seja, sem que a quantidade de alimentos ingeridos ou o tempo das refeições fossem controlados, no estudo atual esses dois parâmetros o foram. Este fato sugere que para que os efeitos do IG sejam evidenciados tanto a quantidade dos alimentos ingeridos, quanto o tempo de ingestão dos mesmos precisa ser controlado.

No entanto, no presente estudo, a ingestão dessas cargas em duas refeições diárias, durante 4 dias consecutivos, não foi suficiente para resultar em valores glicêmicos e insulinêmicos de jejum distintos em função do tipo de IG ingerido. Resposta semelhante foi constatada no estudo de Bouché et al. (2002), que ofereceram refeições diferindo em IG, no desjejum e almoço, durante 5 semanas, para 11 homens não-diabéticos. Tais resultados sugerem que o consumo de alimentos de AIG ou BIG por não diabéticos, de 4 dias a 5 semanas consecutivas, seja insuficiente para provocar modificações significantes nas respostas glicêmica e insulinêmica de jejum.

Alguns estudos têm demonstrado que consumo de refeições de AIG promove uma maior área abaixo da curva de resposta glicêmica e insulinêmica (Wu et al., 2003, Wee et al., 2005), sendo que seu consumo crônico tem sido associado à manifestação de diabetes (Schulze et al., 2004). Por outro lado, o consumo de dietas de BIG resulta em menores elevações glicêmicas (Wu et al., 2003, Wee et al., 2005), favorecendo um melhor controle da glicemia (Buyken et al., 2001) e menores valores glicêmicos de jejum (Brand-Miller, 1994). Considerando que a glicemia de jejum é um dos parâmetros avaliados para a identificação de diabéticos e pré-diabéticos (Sociedade Brasileira de

Diabetes, 2002), seria interessante avaliar em estudos futuros se o consumo das cargas de BIG por períodos ainda maiores seria capaz de reduzir tais respostas.

Tem sido reportado que a secreção insulínica elevada leva ao aumento do CR, por estimular a oxidação de carboidrato. Valores elevados do CR de jejum têm sido associados com o aumento do peso corporal (McCarty, 2000). No presente estudo, apesar da AAC de resposta glicêmica obtida após consumo da carga de AIG ter sido significativamente maior que a observada após ingestão da carga de BIG, o mesmo não ocorreu em relação à resposta insulinêmica. O consumo das cargas testadas neste estudo durante 4 dias consecutivos não provocou modificações significantes nos valores de CR. No entanto, o estudo atual foi de curta duração. Seria interessante avaliar o efeito do consumo crônico de alimentos diferindo em IG na resposta insulínica, no CR de jejum e no peso corporal.

Enquanto o IG se refere à resposta glicêmica após o consumo de uma quantidade fixa de carboidrato, a carga glicêmica (CG) se refere à este tipo de resposta observada após o consumo de uma refeição contendo quantidade variável de carboidrato. A CG pode ser calculada multiplicando o total de carboidratos (g) ingeridos em uma refeição pelo IG dos alimentos ingeridos. Este valor é então dividido por 100 (Foster-Power et al., 2002).

No estudo de Pereira et al. (2004) foi avaliado o efeito da CG na taxa metabólica de repouso. Nesta pesquisa, dietas hipocalóricas, contendo 60% da necessidade energética total dos avaliados, de baixa ou alta carga glicêmica (hipolipídica) foram oferecidas a 22 pessoas com sobrepeso e 17 obesos, durante 6 – 10 semanas. Após a perda de 10% do peso corporal, verificou-se que o consumo da dieta de alta carga glicêmica reduziu significativamente a taxa metabólica de repouso em relação à dieta de baixa carga glicêmica. Esses resultados assemelham-se aos observados no estudo de Agus et al. (2000), que ofereceram dieta de restrição energética (50% da necessidade energética total) de alta ou baixa carga glicêmica, a 10 obesos, durante uma semana. Segundo alguns autores, o consumo de refeições de AIG pode levar à elevação aguda da glicemia pós-prandial, seguida por um aumento marcante da secreção insulínica (Stenvenson et al., 2005). A seguir, há ocorrência de hipoglicemia e de baixos níveis de ácidos graxos livres, indicando que o organismo está apresentando baixa disponibilidade dos principais substratos energéticos (Ludwig et al., 1999), levando à redução da taxa metabólica de repouso (Pawlak et al., 2004).

No entanto, no presente estudo, o consumo de cargas isoenergéticas, diferindo em IG, mas contendo as mesmas quantidades de macronutrientes e fibras, em duas refeições diárias, por 4 dias consecutivos não afetou a taxa metabólica de repouso. Este resultado difere dos resultados observados nos estudos de Pereira et al. (2004) e de Agus et al. (2000). Entretanto, deve-se destacar que nesses últimos estudos, as dietas testadas diferiam em macronutrientes e teor de fibras. A dieta de baixa CG testada nesses estudos apresentou menor teor de carboidrato e maior quantidade de proteína e fibra. A elevação glicêmica observada após consumo de uma dada refeição depende diretamente da quantidade de carboidrato ingerido na mesma (Brand-Miller et al., 2002). O maior teor de proteína da dieta de baixa CG estimula para que haja maior secreção insulínica, atenuando a elevação da glicemia (Pi-Sunyer, 2002). As fibras podem diminuir a velocidade de esvaziamento gástrico, retardando a absorção de carboidrato e favorecendo para que haja aumento gradual da glicemia e da insulinemia (Tiwari e Rao, 2002), resultando assim na redução do IG do alimento. Portanto, os benefícios observados nos estudos de Pereira et al. (2004) e de Agus et al. (2000) certamente não podem ser atribuídos à CG/IG das dietas testadas.

Segundo alguns autores como Raben et al. (1994), Ludwig et al. (1999), Brand-Miller et al. (2002), as dietas de BIG apresentam maior poder de saciedade que as dietas de AIG. Este efeito é atribuído à liberação lenta e prolongada de glicose para a corrente sanguínea em resposta ao consumo de alimentos de BIG (Brand-Miller et al., 2002). Por este motivo, o consumo de alimentos de BIG pode favorecer na prevenção e controle do diabetes (Spieth et al., 2002) e de doenças cardiovasculares (Dickinson e Brand-Miller, 2005), por reduzir o risco de obesidade. No entanto, os alimentos testados no estudo de Brand-Miller et al. (2002) apresentavam diferença na composição de macronutrientes, na densidade energética e no peso, confundindo assim a interpretação dos resultados obtidos. Porém, na presente pesquisa, foram ingeridas refeições apresentando teor de macronutrientes e densidade calórica similares. Os resultados indicaram que o consumo da carga de BIG tendeu a levar a uma maior saciedade (menor ingestão calórica) do que de AIG e consumo habitual, confirmando a afirmativa dos autores acima.

De acordo com Ludwig et al. (2002) o consumo de alimentos de AIG, em relação aos de BIG, resulta no aumento da sensação de fome. Este efeito ocorre em função dos baixos níveis dos principais substratos energéticos (glicose e ácidos graxos livres) observados após ingestão de alimentos de AIG. No presente estudo, o consumo de duas refeições diárias de AIG resultou em maior ingestão de lipídios e menor

consumo de fibra que aquela observada quando foram ingeridas refeições de BIG, por 4 dias consecutivos. Apesar desse maior consumo de lipídios ter sido acompanhado por uma ingestão calórica maior, o nível de significância estatística não foi atingida.

Em outro estudo (Warren et al., 2003), crianças eutróficas e com sobrepeso consumiram desjejum de AIG ou de BIG, durante 3 dias consecutivos. Após o desjejum, as crianças foram instruídas a não ingerir alimentos antes do horário do almoço. Verificou-se que o consumo dos alimentos de AIG levou a maior sensação de fome antes do almoço e maior ingestão calórica no almoço, em relação aos de BIG. Resultados semelhantes foram observados em um outro estudo (Ludwig et al., 1999), em *crossover*, em que 20 meninos obesos consumiram desjejum de baixo, médio e alto IG, sendo feito a avaliação subjetiva de apetite e avaliado o consumo *ad libitum* no almoço.

Entretanto, em ambos os estudos (Ludwig et al., 1999; Warren et al., 2003), as dietas de BIG e AIG apresentaram composição de macronutrientes diferentes. Nestes, a dieta de BIG continha maior quantidade de proteína. Tal macronutriente apresenta maior poder de saciedade do que os demais (Jequier, 2002). Além disso, tal dieta apresentava menor teor de carboidrato, proporcionando assim, menor resposta glicêmica e insulinêmica no período pós-prandial (Brand-Miller et al., 2002). Diante disto, pode-se inferir que os resultados alcançados nas pesquisas mencionadas possivelmente não ocorreram em decorrência apenas do IG apresentado pelos alimentos ingeridos.

Outros autores (Anderson et al., 2002) verificaram, no entanto a ocorrência de menor ingestão 60 minutos após consumo de bebidas de AIG. De acordo com esses autores, o rápido aumento da glicemia após a ingestão de carboidratos de fácil digestão de AIG pode aumentar a saciedade a curto prazo. Por outro lado, a ingestão de carboidratos de BIG que resultam na liberação lenta e prolongada de glicose para a corrente sanguínea, pode ser mais efetiva para manter a saciedade por período de tempo mais longo. Portanto, o menor consumo calórico obtido com a ingestão das refeições de BIG no presente estudo pode ter sido em decorrência deste prolongamento da saciedade como mencionado por tais autores.

Entretanto, em um outro estudo, alimentos de AIG (solução de glicose ou batatas) ou de BIG (cevada) ou placebo (bebida sem caloria) foram ingeridos por 10 homens e 10 mulheres, após jejum noturno. Apesar dos alimentos testados terem apresentado diferentes valores de IG, tal diferença não foi capaz de prever o efeito dos mesmos na ingestão alimentar (Kaplan e Greenwood, 2002). Os resultados deste estudo

não concordam com a hipótese de que o consumo de alimentos de BIG resulta em maior saciedade e menor ingestão alimentar do que alimentos de AIG. No entanto, os alimentos testados naquele estudo (Kaplan e Greenwood, 2002) diferiram em peso, volume, densidade energética, composição de macronutrientes e conteúdo de fibras. Embora Holt e Miller (1995) verificaram que o consumo calórico era inversamente relacionado às respostas glicêmica e insulinêmica, 2 horas após ingestão de cargas diferindo em IG, quando essas calorias foram adicionadas às calorias ingeridas no restante do dia, nenhuma diferença na ingestão calórica total foi observada.

Em um estudo envolvendo 72 diabéticos do tipo 2, alimentos de AIG ou de BIG foram ingeridos no jejum, durante 6 meses. Nenhuma diferença na ingestão energética total foi verificada em função do IG ingerido. No entanto, a avaliação da ingestão dos participantes daquele estudo foi feita a partir da análise de recordatórios de 3 dias (Tsihlias et al., 2000). Alguns pesquisadores têm ressaltado que em função da falta de registro acurado, tais recordatórios podem não refletir de forma fidedigna a ingestão (Jonnalagadda et al., 2000).

Em um outro estudo, 39 adultos saudáveis ingeriram *ad libitum* em laboratório, durante 8 dias consecutivos, apenas refeições de AIG ou BIG (Alfenas e Mattes, 2005). No presente estudo, 15 participantes ingeriram dentro de 15 minutos 2 refeições diárias de AIG ou de BIG, fornecendo 1/3 de suas necessidades energéticas em repouso, durante 4 dias consecutivos. Nesses dois estudos, o efeito do consumo de alimentos diferindo em IG na ingestão calórica foi avaliado. Apesar dos alimentos testados terem diferido em IG, os mesmos apresentaram a mesma proporção de macronutriente, densidade calórica e teor de fibras. Estas características são de extrema importância para a fidedignidade dos resultados dessas pesquisas, impedindo assim a interferência de fatores que podem confundir tais resultados obtidos nas mesmas.

Tanto no estudo de Alfenas e Mattes (2005), quanto no atual, não foi constatada diferença estatística na ingestão calórica diária em função do IG. No entanto, no presente estudo, foi observado uma ingestão diária de aproximadamente 500 kcal e 100 kcal a mais quando foram consumidas cargas de AIG em relação às cargas de BIG e à ingestão habitual, respectivamente. Desta forma, o maior consumo calórico associado à ingestão das refeições de AIG pode levar ao ganho de peso corporal, caso esta ingestão seja mantida ao longo do tempo.

Apesar da aferição do peso e da composição corporal dos voluntários terem sido feitas no presente estudo, em função da curta duração do mesmo, a avaliação destes

parâmetros não foi um dos seus objetivos. Não foram observadas alterações significantes no peso corporal, percentual de gordura corporal e massa magra dos participantes ao final de cada etapa do estudo. Em um outro estudo (Bouché et al., 2002), o consumo de dieta de AIG ou BIG, durante 5 semanas consecutivas, por 11 indivíduos saudáveis apresentando sobrepeso também não afetou o peso corporal dos participantes. Entretanto, estes autores verificaram a ocorrência de redução significativa da massa gordurosa corporal, bem como aumento da massa magra, quando os participantes consumiram a dieta de BIG.

No entanto, deve-se destacar que apesar das dietas testadas no estudo de Bouché et al. (2002) terem apresentado o mesmo teor de macronutrientes, a dieta de BIG apresentou quantidade significativamente superior de fibra do que a de AIG ($31 \pm 2\text{g}$ vs $19 \pm 1\text{g}$). De acordo com Roberts et al. (2002), um maior consumo de fibras pode reduzir a absorção de gordura a nível intestinal. Desta forma, este fator pode ter influenciado para que houvesse maior perda de gordura corporal quando os participantes consumiram as refeições de BIG.

No estudo atual, o consumo da carga de BIG no desjejum e lanche da tarde, durante 4 dias consecutivos, resultou em maior ingestão diária de fibra e menor de lipídeos do que durante o consumo da carga de AIG e ingestão habitual. Além disso, foi constatado que na etapa de BIG que o consumo calórico diário foi aproximadamente 500 kcal e 100 kcal menores do que a ingestão na etapa de AIG e ingestão habitual, respectivamente. Tais resultados indicam as cargas de BIG apresentaram maior poder de saciedade em relação à dieta de AIG. Tal efeito não foi constatado em um outro estudo em que dietas de AIG ou de BIG, apresentando as mesmas concentrações de macronutrientes, fibra e densidade energética foram ingeridas durante 7 dias consecutivos (Alfenas e Mattes, 2005). A discordância nos resultados desses 2 estudos pode ter sido em função das condições em que os alimentos diferindo em IG foram ingeridos. Enquanto no presente estudo os participantes consumiram uma quantidade pré-definida das cargas testadas dentro de 15 minutos, no estudo de Alfenas e Mattes, (2005) tanto a quantidade de alimentos quanto o tempo para consumo das mesmas não foram controlados. Entretanto, no estudo atual, o menor consumo calórico ocorrido durante a etapa de ingestão da carga de BIG não foi suficiente para provocar alterações na porcentagem de gordura corporal. A divergência no resultado deste estudo, em relação ao de Bouché et al. (2002) pode ter ocorrido em função da curta duração deste estudo. Além do mais, o grupo avaliado na presente pesquisa foi composto por atletas,

que já apresentam um baixo percentual de gordura corporal, fator este que também pode ter interferido na ausência de alteração deste parâmetro, comparado com indivíduos com sobrepeso que participaram do estudo de Bouché et al. (2002).

5. CONCLUSÃO

O consumo em condições laboratoriais de cargas de AIG em duas refeições ao dia, fornecendo 1/3 das necessidades diárias em repouso, dentro de 15 minutos, resultou em maior área abaixo da curva de resposta glicêmica e insulinêmica do que a ingestão das cargas de BIG, no 1º e no 4º dia de ingestão. A ingestão das cargas de AIG e BIG por 4 dias consecutivos, não interferiram significativamente na resposta glicêmica e insulinêmica de jejum.

Não foi verificada diferença significativa no peso corporal, massa corporal magra, gordura corporal, coeficiente respiratório e taxa metabólica de repouso entre o primeiro e quarto dia de cada etapa experimental. A ausência de alteração destes parâmetros pode ter ocorrido em função da curta duração da presente pesquisa e do baixo teor de gordura corporal dos participantes do estudo (atletas).

Apesar de não ter sido constatada diferença na ingestão calórica média durante o estudo em função do IG, constatou-se que o consumo calórico diário médio em BIG foi aproximadamente 500 kcal e 100 kcal inferior em relação a AIG e a ingestão habitual, respectivamente, podendo assim levar à redução do peso corporal, quando houver ingestão crônica desses alimentos.

Os resultados deste estudo sugerem que para que os efeitos do IG sejam evidenciados a nível bioquímico, de ingestão alimentar, de peso e de composição corporal, faz-se necessário a condução de estudos de longa duração, em que alimentos diferindo em IG sejam ingeridos na forma de carga (composição pré-definida e dentro de 15 minutos), em vez do consumo de refeições *ad libitum*, em que a quantidade consumida e o tempo de duração das mesmas não sejam controlados.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão do auxílio financeiro (processo 1420/06) para a condução do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, series 916, Geneva 2003.
2. Chopra M, Galbraith S, Darnton-Hill I. A global response to a global problem: the epidemic of overnutrition. *Bulletin of the World Health Organization* 2002; 80(12), 952-958.
3. Pereira LO, Francischi RP de, Lancha Jr. AH. Obesidade: hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2003; 47 (2): 111-127.
4. Sciacqua A, Candigliota M, Ceravolo R, Scozzafava A, Sinopoli F, Corsonello A, Sesti G, Perticone F. Weight loss in combination with physical activity improves endothelial dysfunction in human obesity. *Diabetes Care* 2003; 26(6):1673-8.
5. Racette SB, Weiss EP, Obert KA, Kohrt WM, Holloszy JO. Modest lifestyle intervention and glucose tolerance in obese African Americans. *Obes Res* 2001; (6):348-55.
6. Rogers PJ. Eating habits and appetite control: a psychobiological perspective. *Proc Nutr Soc* 1999; 58(1): 59-67.
7. Holt SH, Brand-Miller JC, Stitt PA. The effects of equal-energy portions of different breads on blood glucose levels, feelings of fullness and subsequent food intake. *J Am Diet Assoc* 2001; 101(7):763-73.
8. Spieth, L.E., Harnish, J.D., Lenders, C.M., Raezer, L.B., Pereira, M.A., Hangen, S.J., Ludwig, D.S. A low-glycemic index diet in the treatment of pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2002; 154: 947-951.
9. Ludwig DS, Majzoub JA, Al-Zahrani A, Dallal GE, Blanco I, Roberts SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 1999;103(3), 1-6.
10. Warren JM, Henry JK, Simonite V. Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003; 112 (5), E414-E418.
11. Blundell, J.E., MacDiarmid, J.I. Passive overconsumption. Fat intake and short-term energy balance. *Ann N Y Acad Sci* 1997; 20 (827): 392-407.
12. Jequier, E., Tappy, L. Regulation of body weight in humans. *Physiol. Rev.* 1999; 79(2): 451-480.

13. Jequier E. Pathways to obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26,12S-17S.
14. DiMeglio, D.P., Mattes, R.D. Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2000; 24 (6):794-800.
15. Mattes, R.D., Rothacker, D. Beverage viscosity is inversely related to postprandial hunger in humans. *Physiol Behav* 2001; 74 (4-5): 551-7.
16. Holt, S.H.A., Miller, B.J. Increased insulin response to ingested foods are associated with lessened satiety. *Appetite* 1995; 24: 43-54.
17. Alfenas RCG, Mattes RD. Influence of glycemic index/load on glycemic response, appetite, and food intake in healthy humans. *Diabetes Care* 2005; 28, 2123-2129.
18. Brand-Miller, J.C., Holt, S.H.A., Pawlak, D.B., McMillan, J. Glycemic index and obesity. *Am J Clin Nutr* 76 (Suppl): 281S-285S, 2002.
19. Berry, M.K., Russo, A., Wishart, J.M., Tonkin, A., Horowitz, M., Jones, K.L. Effect of solid meal on gastric emptying of, and glycemic and cardiovascular responses to, liquid glucose in older subjects. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2003; 284: G655-G662.
20. Alfenas RCG. Effects of glycemic index and dietary variety on appetite, food intake and satiety factors in healthy adults [dissertação]. West Lafayette: Purdue University; 2003.
21. Bouché C, Rizkalla SW, Jing L, Vidal H, Veronese A, Pacher N, et al. Five-week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. *Diabetes Care* 2002; 25,822-8.
22. McCarty, M.F. The origins of western obesity: a role for animal protein? *Med. Hypotheses* 2000; 54(3), 488-594.
23. Wee SL, Williams C, Tsintzas K, Boobis L. Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but augments its utilization during subsequent exercise. *J Appl Physiol* 2005; 99, 707 – 714.
24. Eckel, RH. Insulin resistance: an adaptation for weight maintenance. *Lancet.* 1992; 12 (340),1452-3.
25. Strunkard AJ, Messick S. The three factor eating questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition, and hunger. *J Psychosom Res* 1985; 29, 71-83.

26. Cooper KH. *O programa aeróbico para o bem estar total*. Rio de Janeiro: Nórdica, 1982.
27. Pollock ML, Wilmore JH. *Exercício na saúde e na doença*. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.
28. Sociedade Brasileira de Hipertensão. V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. Disponível em: <http://www.sbh.org.br>. Acesso em 20 de jul 2007.
29. Bray GA, Gray DS. Obesity I: Phathogenesis. *Western J Med* 1988; 149 (4), 429-41.
30. World Health Organization. *Physical Status: The use and interpretation of antropometry*. Geneva; 1995 (WHO Technical Report Series 854) 452p.
31. Wu CL, Nicholas C, Williams, C, Took A, Hardy L. The influence of high-carbohydrate meal with different glycaemic indices on substrate utilization during subsequent exercise. *Br J Nutr* 2003; 90, 1049 – 1056.
32. Stevenson E, Williams C, Nute M. The influence of the glycaemic index of breakfast and lunch on substrate utilization during the postprandial periods and subsequent exercise. *Br J Nutr* 2005; 93, 885 – 93.
33. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 76:5–56, 2002
34. Food and Agriculture Organization. Carbohydrates in Human Nutrition. *Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates*. Rome, Italy, 1998.
35. Wolever TM, Bolognesi, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. *J. Nutr.* 1996; 126 (11), 2798-806.
36. Wolever TMS, Jenkins DJA., Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991; 54, 846 – 54.
37. Diener, JRC. Artigo de Revisão: Calorimetria Indireta. *Rev Ass Med Brasil* 1997; 43, 245-53.
38. Buscemi S, Caimi G, Verga S. Resting metabolic rate and postabsorptive substrate oxidation in morbidly obese subjects before and after massive weight loss. *Int J Obes* 1996; 20 (1), 41-6.
39. Valtueña S, Salas-Salvadó J, Lorda PG. The respiratory quotient as a prognostic factor in weight-loss rebound. *Int J Obes* 1997; 21 (9): 811-7.
40. Cintra IP, Heyde M, Shmitz B, Franceschini SCC, Taddei J, Sigulem DM. Métodos de inquéritos dietéticos. *Cad Nutr* 1997; 13, 11-23.

41. SPSS Inc. Sigma Stat for Windows [computer program]. Version 3.0. 2003
42. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JA, Willet WC, Hu FB. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle aged women. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 348-356.
43. Buyken AE, Toeller M, Heitkamp G, et al. Glycemic index in the diet of European outpatients with type 1 diabetes: Relations to glycated hemoglobin and serum lipids. *Am J Clin Nutr* 2001; 73(3): 574 – 581.
44. Brand-Miller JC. Importance of glycemic index in diabetes. *Am J Clin Nutr* 1994; 59 (suppl):747S-752S.
45. Sociedade Brasileira de Diabetes. *Consenso brasileiro sobre diabetes 2002 – Diagnóstico e classificação do diabetes melito e tratamento de diabete melito do tipo 2*. Rio de Janeiro: Diagraphic, 2003.
46. Pereira MA, Swain J, Goldfine AB, Rifai N, Ludwig DS. Effect of low-glycemic diet resting energy expenditure and heart disease risk factors during weight loss. *JAMA* 2004; 292: 2482-2490.
47. Agus MS, Swain JF, Larson CL, E, Eckert EA, Ludwig DS. Dietary composition and physiologic adaptations to energy restriction. *Am J Clin Nutr* 2000; 3, 901-907.
48. Pawlak DB, Kushner JA, Ludwig DS. Effects of dietary glycaemic index on adiposity, glucose homoeostasis, and plasma lipids in animals. *Lancet* 2004; 364, 778-785.
49. Brand-Miller JC, Holt SH, Pawlak DB, McMillan J. Glycemic index and obesity. *Am J Clin Nutr* 2002;76(1):281S-5S.
50. Pi-Sunyer F. Gycemic index and disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76(Suppl): 290S-8S.
51. Tiwari, AK, Rao, JM. Diabetes mellitus and multiple therapeutic approaches of phytochemicals: Present status and future prospects. *Current Science*. 2002 83 (1): 30-8.
52. Raben A, Tagliabue A, Christensen NJ, Madsen J, Holst JJ, Astrup A. Resistant starch: the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. *Am J Clinl Nutr*. 1994; 60(4):544-51.
53. Dickinson S, Brand-Miller J. Glycemic index, postprandial glycemia and cardiovascular disease. *Curr Opin Lipidol* 2005; 16 (1): 69-75.

54. Ludwig DS, Eckel RH. Thiglycemic index at 20y. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (Suppl), 264S-5S.
55. Warren JM, Henry CJK, Simonite V. Low glycemic index breakfast and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003; 112: E414-E9.
56. Anderson GH, Catherine NL, Woodend DM, Wolever TM. Inverse association between the effect of carbohydrates on blood glucose and subsequent short-term food intake in young men. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (5): 1023-30.
57. Kaplan RJ, Greenwood CE. Influence of dietary carbohydrate and glycaemic response on subjective appetite and food intake in healthy elderly persons. *Int J Food Sci Nutr* 2002; 53 (4): 305-16.
58. Jonnalagadda SS, Benardot D, Dill MN. Assessment of under-reporting of energy intake by elite female gymnast. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10 (3): 315-25.
59. Roberts SB, Mc Crory MA, Saltzman E. The influence of dietary composition on energy intake and body weight. *J Am Coll Nutr* 2002; 21,140S-5S.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, verificou-se que as equações de predição disponíveis atualmente não são adequadas para estimar a taxa metabólica de repouso de ciclistas. Diante disto, foi desenvolvida uma nova equação considerando a massa livre de gordura e a idade para se estimar a referida taxa, sendo recomendada sua validação em estudos futuros.

O consumo da carga de AIG resultou em maior área abaixo da curva de resposta glicêmica e insulinêmica por 90 minutos pós-prandiais do que a ingestão da carga de BIG, no primeiro dia e após 4 dias consecutivos de ingestão das mesmas. No entanto, não foi observada diferença na glicemia e insulinemia durante a realização do exercício, indicando que a ingestão de alimentos diferindo em IG não afeta a disponibilidade sérica de carboidrato a ser metabolizado pelas células durante o exercício. Além disso, a ingestão das cargas de AIG e de BIG por 4 dias consecutivos não interferiram significativamente na resposta glicêmica e insulinêmica de jejum.

Enquanto o consumo da carga de AIG resultou em maior oxidação de gordura, as cargas de BIG resultaram em maior oxidação de carboidrato durante os 90 minutos pós-prandiais. Este resultado diverge do observado por outros autores e possivelmente pode ser atribuído ao alto teor de frutose em pó da carga de BIG, que suprime a oxidação de gordura. Esses resultados indicam que apesar de alguns estudos sugerirem que o consumo de dietas de BIG possa favorecer a redução do teor de gordura corporal, este efeito não é observado durante os 90 minutos pós-prandiais quando tais dietas apresentam alta quantidade de frutose em pó. No entanto, esses resultados não nos permitem fazer nenhum tipo de afirmação em relação ao tipo de substrato preferencialmente oxidado quando esse tipo de avaliação é conduzida durante um período de tempo acima de 90 minutos.

Sabe-se que quanto maior a oxidação lipídica, maior a liberação de ácidos graxos livres na corrente sanguínea. No entanto, a maior oxidação lipídica constatada após consumo da carga de AIG não afetou os níveis de ácidos graxos livres em relação à carga de BIG. Esses resultados sugerem que apesar da maior oxidação lipídica constatada após consumo de alimentos de alto IG, houve maior utilização de ácidos graxos livres, durante os 120 minutos pós-prandiais, mantendo seus níveis constantes durante os 90 minutos de avaliação do nível desse parâmetro.

A ingestão de cargas de AIG ou de BIG não afetou as concentrações de lactato durante os 30 minutos de exercício (100 a 120 minutos pós-prandiais). Esses resultados indicam que apesar da maior oxidação de carboidrato após o consumo da carga de BIG, a quebra de glicogênio e a conseqüente produção de lactato durante o exercício não foram afetadas em função do IG.

No atual estudo, não foram verificadas diferenças significantes nos parâmetros cardiovasculares (frequência cardíaca, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica) e parâmetro subjetivo (índice de percepção de esforço) em função do tipo de tratamento aplicado. Esses resultados comprovam a homogeneidade das condições em que as etapas do estudo foram conduzidas e também a ausência de efeito do IG dos alimentos nas respostas cardiovasculares e no índice de percepção de esforço, durante a realização de exercício intervalado de alta intensidade.

Em decorrência da pequena alteração do peso corporal dos atletas entre o período prévio e posterior ao exercício, verificou-se que o estado de hidratação dos mesmos não foi afetado após a realização do exercício. Tal fato nos mostra que o oferecimento de 3 mL de água por kg de peso corporal em três estágios, durante o exercício, foi eficiente para manutenção das condições hídricas dos participantes.

Em relação ao gasto energético, observou-se que o consumo das cargas de AIG e de BIG levou ao aumento desta variável no período pós-prandial em relação à condição de jejum. No entanto, este aumento não foi influenciado pelo tipo de IG apresentado pelas cargas ingeridas. Também não foram verificadas diferenças significantes no coeficiente respiratório, no consumo de oxigênio e no EPOC em função do tipo de IG apresentado pelas cargas testadas. Foi verificado, no entanto, que após o exercício houve um maior gasto energético, maior metabolismo lipídico e maior consumo de oxigênio em relação ao estado de repouso, ilustrando os efeitos benéficos da realização do exercício físicos na redução do peso e na obtenção de uma composição corporal adequada em relação à condição de repouso.

Não foi verificada diferença significativa no peso corporal, massa corporal magra, percentual de gordura, coeficiente respiratório e taxa metabólica de repouso entre o primeiro e quarto dia de cada etapa experimental. A ausência de alteração destes parâmetros pode ter ocorrido em função da curta duração da presente pesquisa e da baixa quantidade de gordura corporal dos participantes do estudo (atletas).

Apesar de não ter sido constatada diferença significativa na ingestão calórica média durante o estudo em função do IG, constatou-se que durante os 4 dias de

consumo da carga de BIG a ingestão calórica diária média foi aproximadamente 500 kcal e 100 kcal inferior em relação ao período de ingestão das cargas de AIG e a ingestão habitual, respectivamente, podendo assim levar à redução do peso corporal, quando esses alimentos forem ingeridos de forma crônica.

ANEXOS

ANEXO 1

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

AVALIADO: _____ **IDADE:**[_____]

SIM	NÃO	PERGUNTA
		1. O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco?
		2. Você apresenta dores no peito com frequência?
		3. Você apresenta episódios frequentes de tonteira ou sensação de desmaio?
		4. Seu médico alguma vez já lhe disse que sua pressão sanguínea era muito alta?
		5. Seu médico alguma vez já lhe disse que você apresenta um problema ósseo ou articular, como uma artrite, que tenha sido agravado pela prática de exercícios, ou que possa ser por eles agravado?
		6. Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga um programa de atividade física, se desejar fazê-lo?
		Você tem mais de 65 anos e não está acostumado a se exercitar vigorosamente?

Se você respondeu:

Sim a uma ou mais perguntas	NÃO A TODAS AS PERGUNTAS
Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, ANTES de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. diga a seu médico que perguntas você respondeu com um SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.	Se você respondeu este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para: Um programa de exercícios gradativos. – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado.
PROGRAMAS	Adiar o início do programa de exercícios.
Após a avaliação médica, procure se aconselhar com seu médico acerca de suas condições para: ❖ atividade física irrestrita, começando a partir de baixos níveis de intensidade e aumentando progressivamente ❖ atividade física limitada ou supervisionada que satisfaça suas necessidades específicas, pelo menos numa base inicial. Verifique em sua continuidade os programas ou serviços especiais.	Na vigência de uma enfermidade temporária de menor gravidade, tal como um resfriado comum.

ANEXO II

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

FICHA DE CADASTRO GERAL E COMPOSIÇÃO CORPORAL

1. Informações Gerais

Data :

Nome:

Fone:

Endereço:.

Data de Nascimento:

Educação: () 1º grau incompleto () 2º grau incompleto () 3º grau incompleto
 () 1º grau completo () 2º grau completo () 3º grau completo

ANAMNESE

Marque a(s) perguntas que você responde sim deixando as demais vazias:

- () Algum médico já lhe disse que seu colesterol é alto?
- () Você fuma cigarros, charutos ou cachimbo?
- () Você ingere bebidas alcoólicas? Com que frequência? _____
- () Está fazendo dieta para perder ou ganhar peso?
- () Você apresentou ganho ou perda de peso recente? Quando? _____ Quantos quilos? _____
- () Você pratica algum tipo de atividade física regularmente? Qual? _____

Com que frequência? _____

Peso habitual: _____ Peso atual: _____

Altura atual: _____

IMC: _____

Nível de condicionamento: _____

Percentual de gordura: _____ Massa Magra: _____ Massa Gorda: _____

TMB BIA: _____ Pressão arterial em repouso: _____

Relacione qualquer medicação prescrita que você esteja tomando agora:

Relacione qualquer suplemento dietético que você esteja tomando agora:

ANEXO III

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

AVALIADO: _____ **IDADE:**[____] **DATA:**[_____]

FORMULÁRIO DE TERMO DE CONSENTIMENTO

“Concordo voluntariamente em me submeter a uma pesquisa, que tem como finalidade avaliar as respostas glicêmicas, insulinêmicas, de lactato sanguíneo, ácido graxo livre, metabolismo energético e repostas orgânicas gerais decorrentes de diferentes tipos de cargas alimentares, frente a aplicação de um esforço físico de alta intensidade. Sou sabedor que este esforço será realizado no Laboratório de Metabolismo Energético e Composição Corporal, ou nas dependências do Departamento de Nutrição e Saúde, com possibilidade de aparecimentos de sintomas como cansaço, falta de ar, elevada frequência cardíaca, sudorese, durante a prática ou ao final desta, recuperando facilmente este quadro, sendo mínimas as probabilidades de ocorrerem condições de difícil controle clínico. Sou sabedor ainda que não receberei nenhum tipo de vantagem econômica ou material por participar do estudo, além de poder abandonar a pesquisa em qualquer etapa de seu desenvolvimento. Estou em conformidade que meus resultados obtidos, sejam divulgados no meio científico, sempre resguardando minha individualidade e identificação. Declaro ainda que não sou possuidor de nenhuma comprometimento metabólico ou orgânico que me impeça de realizar um exercício físico. Estou suficientemente informado pelos membros do presente estudo, sobre as condições em que irão ocorrer as provas experimentais, sobre responsabilidade da prof^a. Dr. Rita de Cássia Gonçalves Alfenas e sua equipe de trabalho.”

Assinatura

Prof^a. Dra. Rita de Cássia Gonçalves Alfenas
Responsável pelo projeto

Mestranda: Paula Guedes Cocate

Voluntário

ANEXO IV

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

Nome: _____

O questionário a seguir contém uma série de afirmações. Em cada uma dessas afirmações, você deverá colocar V quando você julgar verdadeira em relação ao seu comportamento ou F para as afirmações que você julgar falsas:

- 1) Quando sinto o cheiro de um bife fritando, ou vejo um pedaço suculento de carne, eu encontro muita dificuldade para comê-lo, se eu tiver acabando de fazer uma refeição.
- 2) Eu geralmente como muito em ocasiões sociais, como festas e piqueniques.
- 3) Eu geralmente estou com muita fome, por isso como mais de três vezes por dia.
- 4) Quando eu como minha cota de calorias, eu normalmente me sinto bem em não comer mais nada.
- 5) Fazer dieta é muito difícil para mim, porque sinto muita fome.
- 6) Eu intencionalmente como pequenas refeições para ajudar no controle do meu peso.
- 7) Às vezes, alguns alimentos têm sabor tão bom que consigo comer mesmo quando não estou com fome.
- 8) Visto que estou sempre com fome, às vezes, desejo que enquanto estou comendo, um especialista me diga se comi suficiente ou se poderia comer mais alguma coisa.
- 9) Quando estou ansiosa, costumo comer mais do que normalmente como.

- 10) A vida é muito curta para perdê-la fazendo dieta.
- 11) Quando meu peso aumenta ou diminui, faço dieta.
- 12) Sempre que sinto muita fome, tenho que comer alguma coisa.
- 13) Quando estou com alguém que come muito, eu também como muito.
- 14) Eu tenho uma boa noção de quantas calorias têm os alimentos mais comuns.
- 15) Às vezes, quando eu começo a comer, não consigo parar.
- 16) É fácil para eu deixar resto no prato.
- 17) Em determinados horários do dia, eu fico com fome porque tenho o hábito de comer nesses horários.
- 18) Quando estou fazendo dieta, se eu como algo que não é permitido, eu intencionalmente como menos por um período de tempo para compensar.
- 19) Quando estou com alguém que está comendo, às vezes sinto fome suficiente para comer também.
- 20) Quando me sinto deprimido(a), eu sempre como muito.
- 21) Eu me divirto comendo muito e fico deprimido(a) contando calorias ou vigiando meu peso.
- 22) Quando eu vejo uma guloseima, eu freqüentemente fico com fome e tenho que comer imediatamente.
- 23) Eu freqüentemente paro de comer antes de estar completamente cheio, como forma consciente de limitar a quantidade de comida ingerida.

- 24) Eu sinto tanta fome que meu estômago, freqüentemente, parece um buraco sem fundo.
- 25) Meu peso mudou muito nos últimos 10 anos.
- 26) Eu estou sempre faminto(a), por isso é difícil para eu parar de comer antes de acabar a comida no meu prato.
- 27) Quando eu me sinto sozinho(a), eu me consolo comendo.
- 28) Eu conscientemente vomito uma refeição com objetivo de não ganhar peso.
- 29) Eu, algumas vezes, tenho muita fome pela tarde ou á noite.
- 30) Eu como qualquer coisa que quero, quando eu quero.
- 31) Sem pensar em comida, eu agüento ficar muito tempo sem comer.
- 32) Eu conto calorias como meio consciente de controlar meu peso.
- 33) Eu não como alguns alimentos porque eles podem me engordar.
- 34) Eu estou sempre com fome suficiente para comer por muito tempo.
- 35) Eu presto muita atenção às mudanças no meu corpo.
- 36) Enquanto estou fazendo dieta, se eu como um alimento que não é permitido, eu, muitas vezes, acabo comendo outros alimentos com elevado teor calórico.

Por favor, responda as seguintes questões fazendo um círculo na resposta mais apropriada para você.

37 – Com que frequência você faz dieta com intenção de controlar seu peso?

1	2	3	4
Raramente	Algumas vezes	Freqüentemente	Sempre

38 - Poderia a mudança de peso de 2,0 kg afetarem a maneira como você vive sua vida?

1	2	3	4
Não totalmente	Pouco	Moderadamente	Muito

39 – Qual a frequência que você sente fome?

1	2	3	4
Somente na hora das refeições	Algumas vezes entre as refeições	Freqüentemente entre as refeições	Quase sempre

40 – Sua sensação de culpa por comer muito ajuda você a controlar sua ingestão de alimentos?

1	2	3	4
Nunca	Raramente	Freqüentemente	Sempre

41 – Quão difícil seria para você parar de comer a meio do jantar e ficar sem comer nas próximas horas?

1	2	3	4
Fácil	Pouco difícil	Moderadamente difícil	Muito difícil

42 – Você tem consciência sobre o que esta comendo?

1	2	3	4
Não totalmente	Pouco	Moderadamente	Extremamente

43 – Qual a frequência que você tem resistido a alimentos tentadores?

1	2	3	4
Quase nunca	Raramente	Freqüentemente	Quase sempre

44 – Qual a probabilidade de você comprar alimentos de baixa caloria?

1	2	3	4
Improvável	Pouco provável	Moderadamente	Muito provável

45 – Você come com moderação na frente dos outros e come grande quantidade de alimentos quando sozinho?

1	2	3	4
Nunca	Raramente	Freqüentemente	Sempre

46 – Qual a probabilidade de você, conscientemente, comer lentamente com objetivo de reduzir o quanto você come?

1	2	3	4
Improvável	Pouco provável	Moderadamente	Muito provável

47 – Com qual frequência você dispensa uma sobremesa porque você já está satisfeito(a)?

1	2	3	4
Quase nunca	Raramente	No mínimo uma vez por semana	Quase todo dia

48 – Qual a probabilidade de você comer conscientemente menos do que você quer?

1	2	3	4
Improvável	Pouco provável	Moderadamente	Muito provável

49 – Você costuma comer mesmo sem estar com fome?

1	2	3	4
Nunca	Raramente	Algumas vezes	Ao menos uma vez por semana

50 – Na escala de 0 a 5, onde 0 quer dizer sem restrição alimentar (comer tudo eu você quer, sempre que você quer) e 5 significa restrição total (limita constantemente a ingestão de alimentos e nunca cede) qual o número você poderia dar para você mesmo?

0

Come tudo que você quer, quando você quer

1

Freqüentemente come tudo que você quer, quando você quer

2

Muitas vezes come tudo que você quer, quando você quer

3

Muitas vezes limita ingestão de alimentos, mas raramente cede

4

Freqüentemente limita ingestão de alimentos, mas raramente cede

5

Constantemente limita ingestão de alimentos, nunca cede

51 – Até que ponto esta declaração descreve seu comportamento alimentar? Eu começo a fazer dieta pela manhã, mas devido algum número de coisas que acontecem durante o dia, pela tarde eu me rendo e como o que quero e prometo a mim mesma começar, novamente, a dieta amanhã.

1

Não parece
comigo

2

Parece um pouco
comigo

3

Me descreve muito
bem

4

Me descreve
perfeitamente

ANEXO V

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

Nome: _____

TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO

<i>FC de repouso</i>	<i>PAS x PAD</i>

FC Máxima = $211 - (0,9222 \times \text{idade}) =$ _____ Peso: _____

Teste de Balke

Estágio	Carga (w)	PAD x PAS	FC	IPE	Tempo
1	50				2 min
2	100				4 min
3	150				6 min
4	200				8 min
5	250				10 min
6	300				12 min
7	350				14 min
8	400				16 min

Recuperação

Estágio	Carga	PAS x PAD	FC	IPE
1				
2				
3				

Cálculo do $VO_{2\text{máx}}$

$$VO_{2\text{ máx}} = \underline{200 + (12 \times \text{carga máxima})} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Peso (kg)

Frequência Cardíaca de Treino = $FC \text{ repouso} + \% \text{carga} (FC \text{ máxima} - FC \text{ repouso})$

Carga de teste = _____

ANEXO VI

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL**

VOLUNTÁRIO: _____

DIA: _____

ÍNDICE GLICÊMICO: _____

JEJUM	0 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	Média
VCO ₂								
VO ₂								
RQ								
Kcal/dia								

TID	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	Média
VCO ₂											
VO ₂											
RQ											
Kcal/dia											

EPOC	0 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min	Média
VCO ₂								
VO ₂								
RQ								
Kcal/dia								

PAS x PAD_{rep} = _____ FC_{rep} = _____

ESTÁGIO	PAS x PAD	FC	IPE
5 min			
10 min			
15 min			
20 min			
25 min			
30 min			

ANEXO VII**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL****REGISTRO ALIMENTAR – DIA:**

Refeição	Alimentos	Quantidade
Café da Manhã (pesquisa)		
Lanche da Manhã		
Almoço		
Lanche da Tarde (pesquisa)		
Lanche da Tarde		
Jantar		
Ceia		

ANEXO VIII**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL**

Produtos utilizados para a elaboração das refeições de baixo índice glicêmico e alto índice glicêmico, seguido por suas respectivas marcas e locais de fabricação

Produtos	Marca	País de Fabricação
<i>All Bran</i>	Kellogg's	São Paulo-SP/Brasil
Corpus com polpa de morango	Danone	Poços de Caldas-MG/Brasil
Pão de forma Benefice 7 grãos	Seven Boys	Porto Alegre-RS e Belo Horizonte-MG/Brasil
Suco de Uva Frutose	Bela Ischia	Astolfo Dutra-MG/Brasil
Margarina Qualy	Sadia	Diversas unidades em Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Distrito Federal/Brasil
<i>Corn Flakes</i>	Kellogg's	São Paulo-SP/Brasil
Leite integral	Viçosa	Viçosa-MG/ Brasil
Pão de sanduíche forma	Seven Boys	Porto Alegre-RS e Belo Horizonte-MG/Brasil
Benefiber	Novartis	
Bebida carboidratada	Gatorade	Jaguariúna-SP/Brasil
Glicose	Integralmédica	Embu Guaçu-SP/Brasil

ANEXO IX

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE
LABORATÓRIO DE METABOLISMO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL**

Composição média das cargas de alto índice glicêmico (AIG) e baixo índice glicêmico (BIG) em termos calóricos, composição de macronutrientes e teor de fibras oferecidas aos participantes do estudo

Produtos	Quantidade do produto (g)	Valor Calórico (kcal)	CHO (g)	PTN (g)	GOR(g)	Fibra (g)	
AIG	<i>Corn Flakes</i>	48,27± 5,16	169,92±14,48	39,10±3,33	3,38±0,28	0,00	1,45±0,12
	Leite Integral	160,89± 17,20	98,15±8,36	8,04±0,68	5,63±0,48	4,83±0,41	0,00
	Pão de forma	10,22 ±4,30	101,09±8,61	19,31±1,64	3,06±0,26	1,29±0,10	0,00
	Gatorade	160,89 ±17,20	38,60±3,29	9,65±0,82	0,00	0,00	0,00
	Glicose	46,66 ±4,99	186,64±15,90	46,66±3,97	0,00	0,00	0,00
	Benefiber	29,00 ±3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	16,29±1,74
	Margarina	12,07 ±1,29	86,94±7,40	0,00	0,00	9,66±0,82	0,00
Total		681,34±58,06	122,76±18,63	12,07±2,30	15,76±3,71	17,74±6,09	
BIG	<i>All Bran</i>	42,21± 4,51	116,74±9,94	19,42±1,65	5,49±0,46	1,90±0,16	11,40±1,26
	Iogurte Morango	201,75± 24,72	93,60±7,97	17,15±1,46	6,25±0,53	0,00	0,00
	Pão Integral	40,35 ±4,31	78,17±6,66	15,33±1,30	1,49±0,12	1,21±0,10	4,04±0,35
	Suco de Uva	231,20 ±24,72	147,96±12,61	36,99±3,15	0,00	0,00	0,00
	Frutose	20,98± 2,24	83,92±7,15	20,98±2,24	0,00	0,00	0,00
	Maçã	96,84 ±10,35	63,15±5,38	14,82±1,26	0,18±0,14	0,35±0,02	1,91±0,15
	Margarina	12,91 ±1,38	92,97±7,92	0,00	0,00	10,33±0,88	0,00
Total		676,51±57,66	124,69±10,90	13,41±2,76	13,79±3,76	17,35±4,22	

Legenda: CHO- carboidrato, PTN- proteína, GOR- gordura, AIG- alto índice glicêmico, BIG- baixo índice glicêmico