



FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Diferentes Métodos de Avaliação do Metabolismo de  
Repouso em Mulheres Obesas Antes e Após Cirurgia  
Bariátrica**

---

***Different Evaluation Methods of Resting Energy Expenditure  
in Obese Women Before and After Bariatric Surgery***

**Teresa Catarina Fernandes Pereira**

**Mestrado em Nutrição Clínica**

**Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto**

**Porto, 2015**



**Título da dissertação:**

**Diferentes métodos de avaliação do metabolismo de repouso em mulheres obesas antes e após cirurgia bariátrica**

Nome do autor:

Teresa Catarina Fernandes Pereira, Nutricionista

Orientadora: Professora Doutora Flora Correia

Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto; Centro Hospitalar de São João, E.P.E.

Co-orientador: Prof. Doutor Rui Poínhos,

Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Nutrição Clínica apresentada à Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto

Ano de defesa: 2015



## Agradecimentos

À minha família... principalmente aos meus pais pelo apoio, esforço, dedicação e confiança que depositaram em mim e por TUDO durante todo o meu percurso.

Ao Paulo pelo apoio e companhia diários.

À Maria e Olguinha por estes anos fantásticos... sem vocês não seria a mesma coisa!  
AMIGAS para a vida!

À Madalena e Catarina pela ajuda na avaliação dos doentes durante o seu período de estágio.

Ao Dr. Paulo Viana, pela sua disponibilidade para a realização da técnica de calorimetria

Ao Professor Bruno pelas sugestões e incentivo.

Ao Professor Rui Poínhos por toda a ajuda e apoio.

À Professora Flora pela amizade, ensinamentos, experiência, mestria e competência que transmite, que me fez crescer quer como pessoa quer como profissional. Será sempre, sem dúvida, uma referência a seguir.



## Resumo

**Introdução:** A obesidade tem vindo a aumentar à escala global nas últimas décadas, tornando-se importante avaliar adequadamente o balanço energético para que as necessidades energéticas nestes indivíduos sejam estabelecidas o mais corretamente possível. O principal objetivo desta investigação foi estudar a adequação do uso de diversas equações usadas para estimativa do gasto energético em repouso com os resultados da calorimetria indireta (usado como método de referência) em mulheres submetidas a cirurgia bariátrica.

**Metodologia:** Foram avaliadas 17 mulheres submetidas a cirurgia bariátrica em três momentos: pré-cirurgia, 1º e 3º mês após a cirurgia. Nos três momentos de avaliação foi feita a avaliação antropométrica, da composição corporal e estimado o gasto energético em repouso através do método da calorimetria indireta. Foram utilizadas várias equações preditivas do gasto energético em repouso/ basal diário, usadas na prática clínica.

**Resultados:** Quando se compararam as médias, no primeiro momento de avaliação, as equações cujos resultados não se mostraram significativamente diferentes dos obtidos pela calorimetria foram a de MifflinMLG, a de OwenMLG e a de Bernstein. No primeiro mês, para além dos três referidos, também a equação de Cunningham e o método da BIA não diferiram significativamente dos resultados da calorimetria. Na terceira avaliação, foram a equação de Owen e as anteriores que obtiveram os resultados anteriores. Analisando o desvio à média, nas três avaliações, mais uma vez, a equação de Bernstein foi a que apresentou maior semelhança com os valores da calorimetria.

**Conclusões:** São necessários mais estudos para estabelecer na prática clínica um método credível, rápido e preciso para o cálculo do gasto energético em repouso, nesta população.

**Palavras-Chave:** obesidade, cirurgia bariátrica, gasto energético em repouso, calorimetria indireta, equações preditivas



## Abstract

**Background:** Obesity has been increasing on a global scale in recent decades, making it important to properly evaluate the energy balance so that energy needs in these subjects are established as accurately as possible. The main objective of this research was to study the suitability of using various equations used to estimate resting energy expenditure with the results of indirect calorimetry (used as the reference method) in women undergoing bariatric surgery.

**Methodology:** A total of 17 women undergoing bariatric surgery in three stages: pre-surgery, 1 and 3 months after surgery were evaluated. In all evaluations, it was made anthropometric measurements, body composition and it was estimated resting energy expenditure by the method of indirect calorimetry. Several predictive equations of resting/ basal energy expenditure daily, used in clinical practice were used.

**Results:** At first assessment, equations of MifflinMLG, OwenMLG and Bernstein showed no significant differences when compared with the average of indirect calorimetry. In the first month, in addition to the three above, the Cunningham equation and BIA method also did not differ significantly from the results of indirect calorimetry. In the third evaluation Owen's equation and the above obtained the previous results. Analyzing the deviation from the average in the three assessments, Bernstein's equation showed the greatest similarity with the values of calorimetry.

**Conclusions:** Further studies are needed to establish the clinical practice a credible, fast and accurate method to calculate the resting energy expenditure in this population.

***Keywords: obesity, bariatric surgery, resting energy expenditure, indirect calorimetry, predictive equations***

## Índice

Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Lista de siglas e acrónimos .....	xii
Lista de Quadros .....	xiii
Lista de Tabelas .....	xiv
Introdução .....	1
Metodologia .....	9
Resultados .....	14
Discussão e Conclusões .....	22
Referências .....	28

## Lista de siglas e acrónimos

AUU – azoto ureico urinário

BIA – *bioelectrical impedance analysis*

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

dp – desvio padrão

DRI – *Dietary Reference Intake*

FAO – *Food and Agriculture Organization*

GEB – Gasto energético basal

GER – gasto energético em repouso

IMC – índice de massa corporal

MG – massa gorda

MLG – massa livre de gordura

O<sub>2</sub> - oxigénio

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

Pa – perímetro da anca

Pc – perímetro da cinta

RMSD – root-mean-square deviation

SPCNA – Sociedade Portuguesa de Ciências da Nutrição e Alimentação

TMB – taxa de metabolismo basal

TMR – taxa de metabolismo em repouso

## Lista de Quadros

**Quadro 1.** Equações preditivas do gasto energético em repouso/basal

## Lista de Tabelas

**Tabela 1.** Caracterização antropométrica e da composição corporal da amostra

**Tabela 2.** Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos no momento pré-cirurgia

**Tabela 3.** Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos ao primeiro mês após a cirurgia

**Tabela 4.** Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos ao terceiro mês após a cirurgia

**Tabela 5.** Previsão do metabolismo em repouso (calorimetria) através dos diferentes métodos nos três momentos de avaliação

**Tabela 6.** Diferença entre o gasto energético estimado pelos diferentes métodos e o medido pela calorimetria nos três momentos de avaliação

## Introdução

A obesidade tem vindo a aumentar à escala global nas últimas décadas, tendo quase duplicado desde 1980, sendo hoje considerada um problema de saúde pública<sup>(1)</sup>.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define excesso de peso e obesidade como a acumulação anormal ou excessiva de gordura que apresenta risco para a saúde, usando como medida o Índice de Massa Corporal (IMC) igual ou superior a 25 kg/m<sup>2</sup> para definir excesso de peso e igual ou superior a 30 kg/m<sup>2</sup> para obesidade. Estas condições de saúde são os principais fatores de risco para diversas doenças crónicas, como a diabetes, doenças cardiovasculares e cancro<sup>(2)</sup>.

Apesar de ser uma doença crónica de etiologia complexa e multifatorial, a causa fundamental é o desequilíbrio entre a ingestão e o dispêndio energético<sup>(1, 3-5)</sup>. Globalmente tem existido um aumento da ingestão de alimentos de elevada densidade energética, ricos em gordura, e um aumento da inatividade física devido ao aumento do sedentarismo próprio das novas civilizações (formas de trabalho, modos de transporte, entre outros)<sup>(1)</sup>. Em Portugal, em 2009, a prevalência da obesidade numa amostra representativa da população publicada pela Sociedade Portuguesa de Ciências da Nutrição e Alimentação (SPCNA) mostrou que 40% da população portuguesa apresentava pré-obesidade e 10,8% obesidade<sup>(6)</sup>.

Para o tratamento da obesidade existem várias opções, desde o tratamento clássico ao farmacológico, bem como a cirurgia bariátrica, que deve ser considerada a última forma de atuar. Apesar de ter uma natureza invasiva,

quando comparada aos métodos de tratamento tradicionais, é mais eficaz em termos de redução de gordura corporal, melhoria das doenças associadas à obesidade e redução do risco de mortalidade<sup>(5, 7-9)</sup>. Contudo, pouco se sabe sobre os efeitos a longo prazo da perda de peso, induzida pela cirurgia, nas necessidades energéticas ou sobre as razões da variabilidade observada na perda de peso entre os doentes<sup>(10)</sup>.

A maioria dos programas de controlo de peso incluem dietas hipolipídicas e hipoenergéticas em que a quantidade energética total diária é fixada entre 1000 e 1200 kcal para as mulheres e 1200 a 1600 kcal para os homens. Esta elevada restrição fomenta desistências e consequente recuperação do peso, o que, aparentemente, pode ser contrariado por planos alimentares personalizados e adequados às necessidades energéticas reais do indivíduo<sup>(11)</sup>.

Assim, é essencial o conceito de balanço energético na etiologia da obesidade, tendo como componentes básicos a ingestão energética, o gasto energético e o armazenamento de energia<sup>(3)</sup>. É importante avaliar adequadamente o balanço energético para que as necessidades energéticas nestes indivíduos sejam estabelecidas o mais corretamente possível. Segundo a OMS, a estimativa das necessidades energéticas devem ser baseadas na avaliação do gasto energético, contrariamente ao que acontecia no passado onde a ingestão era a base para o seu cálculo<sup>(12)</sup>. Uma vez que o balanço energético positivo está na origem da obesidade, se a avaliação nutricional destes doentes for feita adequadamente, conseguir-se-á controlar de forma mais eficaz esta epidemia.



### **Componentes do Gasto Energético**

A energia é despendida pelo corpo humano na forma de metabolismo basal, efeito térmico dos alimentos e atividade física. Estes três componentes compõem o gasto energético total diário de um indivíduo<sup>(13)</sup>.

Os maiores determinantes do gasto total diário são o peso, estatura, idade, sexo e atividade física. Enquanto o peso e a estatura são ambos determinantes positivos do gasto energético diário, a idade é um preditor negativo nos adultos. Após ajustamento do tamanho corporal e transversalmente a todas as idades, o gasto diário é aproximadamente 11% mais elevado nos homens. Com o aumento da prevalência da obesidade, é importante entender a importância da variação inter-individual inerente ao gasto energético total diário. A variabilidade nas necessidades energéticas diárias está relacionada com a variabilidade na energia despendida nos seus três componentes major acima referidos<sup>(14)</sup>.

A massa livre de gordura é o melhor preditor individual da taxa de metabolismo de repouso (TMR), sendo responsável por 73% da variabilidade; a massa gorda é responsável por apenas 2%. Foi já reportada uma relação negativa entre a MG e o gasto energético total diário, consistente com a percepção geral de que a diminuição da atividade física e a acumulação de gordura estão correlacionadas. As necessidades energéticas de indivíduos obesos podem diminuir após a perda de peso, o que poderá ajudar a explicar o fenómeno comum da recuperação de peso a seguir a uma perda de peso. A TMR está consistentemente diminuída durante a perda de peso ativa em relação à proporção da perda de massa livre de gordura, mas existe

controvérsia sobre se a TMR permanece diminuída após o peso ter estabilizado num nível inferior<sup>(15)</sup>.

Existem vários fatores que podem afetar a taxa de metabolismo basal (TMB) de um indivíduo, como a etnia, peso, massa livre de gordura, idade, hábitos tabágicos, atividade física, alimentação e jejum, período menstrual, hormonas tiroideias e sexuais, crescimento, hipertermia, sono, stresse metabólico, bem como diferentes situações clínicas, entre outros<sup>(16)</sup>.

A TMB é comumente extrapolada para as 24 horas e expressa em kcal/dia, designando-se gasto energético basal (GEB)<sup>(17)</sup>. O GEB pode ser simplesmente definido como a quantidade mínima de energia despendida que é compatível com a vida. O GEB do indivíduo reflete a quantidade de energia usada durante as 24 horas em repouso mental e físico (deitado) num ambiente termicamente neutro que impeça a ativação de processos de geração de calor, como tremores<sup>(13)</sup>. A TMB é responsável por cerca de 50 a 70 por cento do gasto total diário diário em indivíduos mais sedentários<sup>(15)</sup>. Como o nível de atividade física é muito variável de indivíduo para indivíduo, a medição da TMB é útil para comparar o metabolismo energético entre os indivíduos.

Se qualquer uma das condições para a TMB não for considerada, o gasto energético deve ser referido como TMR, sendo que a nomenclatura usada varia entre autores. Assim, por razões práticas, atualmente, a TMB é medida raramente, utilizando-se a TMR<sup>(13)</sup>.

A TMR pode ser 3-10% mais elevada do que a TMB devido ao efeito térmico dos alimentos e à influência de movimentos involuntários. Os procedimentos para medir a TMR são muito semelhantes aos da TMB. A diferença é de que na primeira os indivíduos tem de estar em jejum e repouso

por um período de tempo mais curto, pelo menos 30 minutos de repouso e 3 horas de jejum<sup>(18)</sup>.

O efeito térmico dos alimentos, outro componente do gasto energético, refere-se ao aumento do gasto associado ao consumo dos alimentos e observado após uma refeição, correspondendo ao custo energético da mastigação, digestão e absorção de alimentos<sup>(13-15)</sup>. Corresponde a aproximadamente 10% do gasto total diário, sendo o menor componente deste. É também referido como termogênese induzida pela dieta, ação dinâmica específica e efeito específico dos alimentos<sup>(13)</sup>. Uma diminuição neste componente corresponde apenas a uma quantidade pequena de energia e por isso é muito improvável que explique graus significativos de obesidade.<sup>(14)</sup>

Como último componente do gasto energético temos a atividade física que é definida como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que requer gasto de energia<sup>(19)</sup>. É o componente mais variável do gasto energético diário, podendo corresponder a uma quantidade significativa de energia em pessoas muito ativas. Em adultos sedentários, representa 20 a 30% do gasto energético total diário. A atividade física reduzida é uma hipótese a considerar como causa de obesidade<sup>(14)</sup>.

### **Métodos de avaliação do gasto energético**

Existem vários métodos para determinar o gasto energético, desde calorimetria, sensores de calor e movimento, registos de atividade física e equações preditivas<sup>(20)</sup>. A calorimetria (direta ou indireta) e o método da água duplamente marcada são os métodos mais precisos para determinar as necessidades em energia e são considerados métodos padrão. No entanto têm

um custo elevado, requerem pessoal treinado e demoram mais tempo a serem realizados<sup>(21, 22)</sup>.

A quantidade de calor produzida pelo corpo reflete a utilização e a produção de energia. Isto pode ser medido através da calorimetria direta, que necessita que o indivíduo esteja numa câmara larga e isolada durante 24 horas, capaz de medir a taxa a que o calor do corpo é produzido. Este método mede o calor sensível libertado pelo organismo, assim como o vapor de água através da respiração e da pele. Apesar de ser considerado um método padrão pois os instrumentos são precisos e sofisticados, os equipamentos necessários são volumosos e dispendiosos e, por isso, estão disponíveis em poucos centros a nível mundial<sup>(20, 23, 24)</sup>. Assim, este método é atualmente pouco utilizado, sendo os calorímetros diretos usados sobretudo na validação da calorimetria indireta<sup>(14)</sup>.

A calorimetria indireta é, atualmente, o método usual para determinar a TMB. Mede a taxa de utilização de oxigénio (O<sub>2</sub>) durante um determinado período de tempo, sob as seguintes condições: 12 horas após a ingestão de qualquer alimento ou bebida e nicotina; após uma noite de sono de, pelo menos, 8 horas; sem atividade extenuante de, pelo menos, 1 hora antes do exame; todos os fatores psíquicos e físicos que causam excitação devem ser eliminados; deve estar a uma temperatura ambiente confortável entre os 20°C e 27°C; não é permitida atividade física durante o teste; e deve manter-se acordado, deitado em silêncio, relaxado e a respirar normalmente<sup>(13, 15, 20)</sup>. A calorimetria indireta tem elevada reprodutibilidade e permite estimar o GEB e o gasto energético de repouso (GER) e identificar que substratos energéticos são predominantemente metabolizados pelo corpo num dado momento. Isto é

baseado na medição indireta do dispêndio de energia pela oxidação dos nutrientes, que é estimada pela monitorização do consumo de  $O_2$  e produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ )<sup>(20)</sup>. A taxa de produção de energia é proporcional à taxa do consumo de  $O_2$ . O valor preciso da utilização de  $O_2$  varia ligeiramente dependendo do substrato metabólico predominante<sup>(23)</sup>. O calorímetro recolhe e quantifica o volume e concentração de  $O_2$  inspirado e  $CO_2$  expirado pelo indivíduo. Após se conhecerem os volumes, o gasto energético é calculado pela equação de Weir (1949) que é a mais utilizada para estimar a produção de energia em repouso<sup>(20, 25)</sup>. Contudo, é dispendioso, relativamente complexo e requer pessoal treinado para o uso correto<sup>(20)</sup>.

Ao longo dos tempos têm sido desenvolvidas várias equações, numa tentativa de se estimar mais facilmente o metabolismo basal ou de repouso. Apesar de serem um método simples, de baixo custo e disponíveis universalmente, a sua precisão continua questionável<sup>(21)</sup>. Existem, no entanto, muitas outras equações mas sabe-se que qualquer uma tem limitações e por isso é necessária mais pesquisa.

As equações de Harris e Benedict em 1918 foram as primeiras a ser publicadas e são baseadas em dados de uma população normoponderal. Estas equações estimam o metabolismo basal, em função do sexo e idade<sup>(26)</sup>. Em 1984 estas equações foram revistas e reformuladas por Roza e Shizgal<sup>(27)</sup>.

Em 1985 Schofield desenvolveu novas equações baseadas em dados do gasto energético basal de 114 estudos, tendo estas sido consideradas apropriadas para uso internacional<sup>(28)</sup>. Mais tarde estas foram adotadas pela *Food and Agriculture Organization* FAO/OMS/ONU (1985) após pequenas modificações. Estimam a TMB, considerando o sexo, peso atual e faixa

etária<sup>(12)</sup>. Em 2001 surgiu nova atualização das diretrizes da FAO/OMS/ONU, que utilizam as propostas por Schofield em 1985<sup>(28, 29)</sup>.

Em 2002, o *Institute of Medicine*, na elaboração das *Dietary Reference Intakes (DRI)* apresenta equações específicas para indivíduos com excesso de peso baseadas em dados do método da água duplamente marcada<sup>(17)</sup>.

As diferentes equações preditivas, desenvolvidas pelos vários investigadores nesta área, utilizadas na prática clínica muitas vezes de forma indiferente, referem-se a TMB ou a TMR. Embora os investigadores, ao longo dos anos, não diferenciem as duas taxas nos seus trabalhos, como se pode verificar após uma revisão da literatura, o facto de a TMR poder ser de 3 a 10% mais elevada do que a TMB<sup>(18)</sup> levou a que, neste estudo, isto fosse considerado e essa distinção se fizesse.

O principal objetivo deste trabalho foi estudar a adequação do uso de diversas equações usadas para estimativa do GER com os resultados da calorimetria indireta (usado como método de referência) em mulheres submetidas a cirurgia bariátrica, em três momentos de avaliação: pré-cirurgia, primeiro e terceiro mês pós-cirurgia.

## Metodologia

Neste estudo foi analisada uma amostra de conveniência composta por 17 doentes do sexo feminino com idade igual ou superior a 18 anos, submetidos a cirurgia bariátrica no Serviço de Cirurgia Geral do Centro Hospitalar de São João E.P.E. Porto (CHSJ). A reduzida proporção de doentes do sexo masculino submetidos a cirurgia bariátrica motivou a que a amostra fosse composta apenas por mulheres.

As doentes foram avaliadas em três momentos: pré-operatório (cirurgias realizadas entre junho e novembro de 2014, com exclusão do mês de agosto), primeiro e terceiro meses após a cirurgia.

Das 17 doentes avaliadas no pré-operatório, três desistiram de colaborar na continuação do estudo após a primeira avaliação e uma após as duas primeiras avaliações. Todas foram previamente informadas sobre o objetivo do estudo, os métodos usados e o direito à recusa na participação, tendo assinado uma declaração de consentimento e sendo dada a garantia do anonimato na utilização futura dos dados, conforme expresso na última revisão da Declaração de Helsínquia<sup>(30)</sup>.

No primeiro momento de avaliação usou-se um questionário de aplicação indireta para recolher dados sócio-demográficos (idade, profissão e escolaridade) e clínicos (patologias e medicação habitual).

Nos três momentos de avaliação foi feita a avaliação antropométrica, da composição corporal (por impedância bioelétrica) e estimado o GER através do método da calorimetria indireta que é um método não invasivo e muito preciso (erro menor que 1%)<sup>(20)</sup>. A estatura foi medida utilizando o estadiómetro da

balança *Seca 701* (com um erro de 0,05 cm). A balança *InBody 720* foi usada para medir o peso e avaliar a composição corporal: percentagem de gordura corporal (MG) e massa livre de gordura (MLG). Posteriormente foram calculados o IMC e o índice de MLG. A medição do perímetro da cintura (Pc) e anca (Pa) foi efectuada com uma fita métrica extensível e flexível e de acordo com a metodologia padronizada internacionalmente <sup>(31)</sup>.

A calorimetria indireta foi realizada por um técnico de cardiopneumologia no Serviço de Pneumologia do CHSJ, utilizando o aparelho *Oxycon Mobile Jaeger*, com o doente em jejum e após descanso de 30 minutos antes de iniciar a avaliação. A medição foi feita em condições de repouso absoluto durante 40 minutos, com o doente deitado e utilizando uma máscara rígida de respiração. Destes 40 minutos de avaliação, o técnico escolhe o período mais estável. O cálculo do gasto energético é baseado no consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) e azoto ureico urinário (AUU). A fórmula presente no sistema *Oxycon* para o cálculo do gasto energético é a de Weir ( $GER = 1,59 \times VCO_2 + 5,68 \times VO_2 - 2,17 \times AUU$ ), em que o AUU é automaticamente definido pelo sistema como 15g/dia.

O facto de haver um único aparelho e apenas um técnico experiente na instituição condicionou o tamanho amostral.

Foram efetuadas três avaliações: a primeira foi feita no dia da cirurgia, as restantes duas avaliações foram no primeiro e terceiro meses pós-cirurgia. Os participantes foram contactados telefonicamente para relembrar as condições prévias à avaliação da calorimetria indireta.

Esta metodologia tem limitações, nomeadamente o desajuste da máscara à fisionomia dos participantes, permitindo fugas do ar inalado/exalado,



as participantes poderem estar sujeitas a algum stresse e, apesar do tempo de descanso que cumprem antes da medição, há sempre influência da atividade física mais recente.

### Equações preditivas

Foram utilizadas várias equações preditivas do gasto energético em repouso/ basal diário, usadas na prática clínica (Quadro 1). A seleção das equações baseou-se numa revisão prévia da literatura.

Ao analisar-se os trabalhos iniciais de cada equação é possível verificar que as equações desenvolvidas por Harris e Benedict em 1918, pela FAO em 1985, por Schofield também em 1985 (atualmente apresentadas pela FAO 2001) e pelo *Institute of Medicine* nas DRI medem o GEB. No entanto, as equações apresentadas por Bernstein, Roza e Shizgal, Owen, Mifflin e Cunningham estimam o GER. Assim, após a análise preliminar dos dados das equações, sentiu-se a necessidade de se separar as duas definições.

A maioria das equações utilizam o peso, estatura e idade, sendo que Mifflin et al. e Owen et al. desenvolveram nos seus trabalhos, para além das equações baseadas na antropometria, equações que usam variáveis da composição corporal, como a MLG. Também Cunningham apresenta uma equação baseada neste parâmetro.

Foi ainda utilizado o valor do GEB que a balança *InBody720* fornece após a avaliação da composição corporal, não se dispondo da respetiva equação; este método é referido como BIA (do inglês *bioelectrical impedance analysis*, análise da impedância bioelétrica).

**Quadro 1.** Equações preditivas do gasto energético em repouso/ basal

	<b>Autor</b>	<b>Data</b>	<b>Equação</b>
<b>GEB</b>	Harris and Benedict <sup>(26)</sup> (H&B1918)	1918	$GEB = 655,0955 + 9,5634 \times P + 1,8496 \times E - 4,6756 \times I$
	Scholfield <sup>(28, 29)</sup> (FAO2001)	1985	Mulheres dos 18 aos 30 anos: $GEB = 14,818 \times P + 486,6$ Mulheres dos 30 aos 60 anos: $GEB = 8,126 \times P + 845,6$ Mulheres com mais de 60 anos: $GEB = 9,082 \times P + 658,5$
	FAO/OMS/ONU <sup>(12)</sup> (FAO1985)	1985	Mulheres dos 18 aos 30 anos: $GEB = 14,7 \times P + 496$ Mulheres dos 30 aos 60 anos: $GEB = 8,7 \times P + 829$ Mulheres com mais de 60 anos: $GEB = 10,5 \times P + 596$
	Institute of Medicine <sup>(17)</sup> (DRI)	2002	Mulheres: $GEB = 247 - (2,67 \times I) + (401,5 \times Est) + (8,6 \times P)$
<b>GER</b>	Bernstein <sup>(32)</sup>	1983	Mulheres: $GER = 7,48 \times P - 0,42 \times E - 3 \times I + 844$
	Roza e Shizgal <sup>(27)</sup> (H&B1984)	1984	$GER = 47,593 + 3,098 \times E + 9,247 \times P - 4,330 \times I$
	Owen <sup>(33)</sup>	1986	Mulheres: $GER = P \times 7,18 + 795$ (Owen) Mulheres: $GER = 22,3 \times MLG + 290$ (OwenMLG)
	Mifflin-St Jeor <sup>(34)</sup>	1990	Mulheres: $GER = 9,99 \times P + 6,25 \times E - 4,92 \times I + 166 \times S - 161$ (Mifflin) Ambos os sexos: $GER = 19,7 \times MLG + 413$ (MifflinMLG)
	Cunningham <sup>(35)</sup>	1991	$GER = 21,6 \times MLG + 370$

Onde P = peso (kg); E = estatura (cm); Est = estatura (m); I = idade (anos); S = sexo (feminino = 0; masculino = 1); MLG = massa livre de gordura (kg). Os valores do peso, estatura e MLG usados nas equações foram os obtidos após cada avaliação.

### Análise Estatística

O tratamento estatístico foi efetuado no programa IBM SPSS versão 21.0 para Windows.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de médias e desvios-padrão e de frequências absolutas (n) e relativas (%).

A normalidade das distribuições das variáveis cardinais foi avaliada através do teste de Shapiro-Wilk. Utilizaram-se os testes t de *student* e ANOVA medidas repetidas para comparar médias de amostras emparelhadas; quando a ANOVA medidas repetidas revelou diferenças significativas, os pares de

variáveis foram comparados através do teste t de *student* com correcção de Bonferroni.

A associação entre pares de variáveis foi medida através do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Utilizou-se a regressão linear para prever o metabolismo em repouso (medido através da calorimetria) com base em cada método.

A raiz do desvio quadrático médio (RMSD), do inglês *root-mean-square deviation*, foi usada para avaliar as diferenças absolutas entre os valores obtidos por cada método e o de referência (calorimetria). Foi utilizado como critério um desvio não superior a 250 kcal, uma vez que este valor significa metade do défice de energia diário recomendado como necessário para a perda de peso<sup>(5)</sup>. Silva et al. usaram também este valor como diferença máxima aceitável<sup>(36)</sup>.

Rejeitou-se a hipótese nula quando o nível de significância crítico para a sua rejeição (p) foi inferior a 0,05.

## Resultados

O presente estudo avaliou uma amostra de 17 doentes adultos com obesidade e uma idade média de 46 anos ( $dp = 13$ ), todos do sexo feminino, que foram submetidos a cirurgia bariátrica. Dos 17 doentes avaliados, 3 foram submetidos à técnica cirúrgica de *sleeve* gástrico e os restantes a *bypass* gástrico. No total das 44 medições de calorimetria indireta realizadas, em duas delas foi impossível proceder à sua análise devido a erros do sistema do aparelho.

Na tabela 1 apresenta-se a caracterização da amostra relativamente à sua antropometria e composição corporal. A percentagem de perda de peso total foi de 15,7%, sendo que no primeiro mês após a cirurgia a perda de peso correspondeu a 9,0% e nos dois meses seguintes a 7,4%.

Compararam-se as variáveis antropométricas entre os 3 momentos, nas 13 doentes para as quais se dispunha de todos os dados. Verificou-se uma diminuição significativa em todos os parâmetros avaliados entre todos os pares de momentos ( $p < 0,05$  para todos os efeitos e comparações entre pares de momentos), à exceção da percentagem de MG, para a qual não se registou diferença significativa entre os momentos pré e 1 mês ( $p = 0,715$ ) e do Índice de MLG, para o qual não se verificou diferença significativa entre o 1º e 3º mês ( $p = 0,801$ ).

**Tabela 1.** Caracterização antropométrica e da composição corporal da amostra

		<b>Pré-cirurgia</b> n=17	<b>1.º mês</b> n=14	<b>3.º mês</b> n=13
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Média±dp	41,3±5,1	37,7±5,6	34,6±5,5
<b>Pc (cm)</b>		118,9±8,7	111,0±10,8	104,2±10,0
<b>Pa (cm)</b>		129,2±13,1	124,9±13,3	117,9±13,9
<b>MG (%)</b>		49,6±4,4	48,7±5,4	45,0±7,1
<b>Índice de MLG (kg/m<sup>2</sup>)</b>		20,6±1,5	19,1±1,8	18,7±1,9

As tabelas 2, 3 e 4 referem-se à associação entre os valores obtidos pelos vários métodos nos três momentos de avaliação. As correlações entre os métodos que não são considerados de referência variam no momento da pré-cirurgia (Tabela 3) entre 0,717 e 1,000, ao primeiro mês (Tabela 4) entre 0,748 e 1,000 e na terceira avaliação (Tabela 5) entre 0,645 e 1,000, apresentando correlações mais fortes do que as obtidas entre estes e o método da calorimetria.

A tabela 5 exibe a previsão do gasto energético em repouso/basal pelos diferentes métodos nos três momentos de avaliação. Aqui, é possível verificar que, de todos os métodos, o que melhor prevê o metabolismo em repouso é o de Owen, para o qual a equação de regressão linear apresenta um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 48%, seguido do da FAO 1985, com  $R^2 = 46\%$ . Este último é o que apresenta uma melhor equação para prever o gasto energético da calorimetria indireta, uma vez que tem o coeficiente mais próximo de 1. Ao primeiro e terceiro mês nenhum dos métodos previu significativamente o resultado da calorimetria.

Analisando o gasto energético em repouso/ basal pelos diferentes métodos (Tabela 6) pode observar-se que não há diferenças significativas entre os 3 momentos ( $p=0,842$ ), quando medido pela calorimetria indireta.

Quando se compararam as médias, no primeiro momento de avaliação, os métodos cujos resultados não se mostraram significativamente diferentes dos obtidos pela calorimetria foram o de MifflinMLG, o de OwenMLG e o de Bernstein. No primeiro mês após a cirurgia, para além dos três métodos referidos para o momento pré-cirurgia, também a equação de Cunningham e o método da BIA não diferiram significativamente dos resultados da calorimetria. Na terceira avaliação, foram a equação de Owen e as supracitadas que obtiveram os resultados anteriores.

Por último, analisando a raiz do desvio quadrático médio (RMSD), nas três avaliações, mais uma vez, a equação de Bernstein foi a que apresentou maior semelhança com os valores da calorimetria (RMSD = 302 kcal na pré-cirurgia; RMSD = 311 kcal ao primeiro mês e RMSD = 265 kcal ao 3<sup>o</sup> mês) em relação ao valor dado pela calorimetria. No entanto, é de salientar que, para os dois primeiros momentos, a diferença do valor mais baixo de RMSD é significativo face ao critério de um desvio não superior a 250 kcal.

Diferentes métodos de avaliação do metabolismo de repouso em mulheres obesas antes e após cirurgia

Tabela 2. Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos no momento pré-cirurgia

r (p) N	Calorimetria	BIA	H&B1918	FAO1985	FAO2001	DRI	Bernstein	H&B1984	Owen	OwenMLG	Mifflin	MifflinMLG
<b>GEB</b>	<b>BIA</b>	0,373 (0,155) 16										
	<b>H&amp;B1918</b>	0,611 (0,012) 16	0,844 (<0,001) 17									
	<b>FAO1985</b>	0,676 (0,004) 16	0,754 (<0,001) 17	0,923 (<0,001) 17								
	<b>FAO2001</b>	0,654 (0,006) 16	0,717 (0,001) 17	0,896 (<0,001) 17	0,995 (<0,001) 17							
	<b>DRI</b>	0,600 (0,014) 16	0,885 (<0,001) 17	0,991 (<0,001) 17	0,907 (<0,001) 17	0,872 (<0,001) 17						
<b>GER</b>	<b>Bernstein</b>	0,648 (0,007) 16	0,813 (<0,001) 17	0,991 (<0,001) 17	0,920 (<0,001) 17	0,891 (<0,001) 17	0,984 (<0,001) 17					
	<b>H&amp;B1984</b>	0,598 (0,015) 16	0,813 (<0,001) 17	0,991 (<0,001) 17	0,919 (<0,001) 17	0,891 (<0,001) 17	0,996 (<0,001) 17	0,992 (<0,001) 17				
	<b>Owen</b>	0,693 (0,003) 16	0,817 (<0,001) 17	0,954 (<0,001) 17	0,869 (<0,001) 17	0,820 (<0,001) 17	0,968 (<0,001) 17	0,966 (<0,001) 17	0,954 (<0,001) 17			
	<b>OwenMLG</b>	0,375 (0,152) 16	0,994 (<0,001) 17	0,850 (<0,001) 17	0,762 (<0,001) 17	0,724 (0,001) 17	0,892 (<0,001) 17	0,819 (<0,001) 17	0,869 (<0,001) 17	0,826 (<0,001) 17		
	<b>Mifflin</b>	0,581 (0,018) 16	0,877 (<0,001) 17	0,954 (<0,001) 17	0,909 (<0,001) 17	0,881 (<0,001) 17	0,994 (<0,001) 17	0,976 (<0,001) 17	0,995 (<0,001) 17	0,943 (<0,001) 17	0,883 (<0,001) 17	
	<b>MifflinMLG</b>	0,376 (0,152) 16	0,994 (<0,001) 17	0,850 (<0,001) 17	0,762 (<0,001) 17	0,724 (0,001) 17	0,892 (<0,001) 17	0,820 (<0,001) 17	0,869 (<0,001) 17	0,827 (<0,001) 17	1,000 (<0,001) 17	0,884 (<0,001) 17
	<b>Cunningham</b>	0,376 (0,152) 16	0,994 (<0,001) 17	0,850 (<0,001) 17	0,762 (<0,001) 17	0,724 (0,001) 17	0,892 (<0,001) 17	0,820 (<0,001) 17	0,869 (<0,001) 17	0,827 (<0,001) 17	1,000 (<0,001) 17	0,883 (<0,001) 17

**Tabela 3.** Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos ao primeiro mês após a cirurgia

$r^{(p)}$ N	Calorimetria	BIA	H&B1918	FAO1985	FAO2001	DRI	Bernstein	H&B1984	Owen	OwenMLG	Mifflin	MifflinMLG
<b>GEB</b>	BIA	0,229 (0,431) 14										
	H&B1918	0,314 (0,274) 14	0,265 (0,360) 14									
	FAO1985	0,278 (0,335) 14	0,785 (0,001) 14	0,947 (<0,001) 14								
	FAO2001	0,288 (0,319) 14	0,748 (0,002) 14	0,923 (<0,001) 14	0,994 (<0,001) 14							
	DRI	0,288 (0,318) 14	0,896 (<0,001) 14	0,992 (<0,001) 14	0,928 (<0,001) 14	0,886 (<0,001) 14						
<b>GER</b>	Bernstein	0,265 (0,360) 14	0,835 (<0,001) 14	0,995 (<0,001) 14	0,945 (<0,001) 14	0,918 (<0,001) 14	0,983 (<0,001) 14					
	H&B1984	0,325 (0,257) 14	0,871 (<0,001) 14	0,999 (<0,001) 14	0,942 (<0,001) 14	0,917 (<0,001) 14	0,995 (<0,001) 14	0,989 (<0,001) 14				
	Owen	0,163 (0,577) 14	0,834 (<0,001) 14	0,953 (<0,001) 14	0,889 (<0,001) 14	0,839 (<0,001) 14	0,966 (<0,001) 14	0,967 (<0,001) 14	0,953 (<0,001) 14			
	OwenMLG	0,229 (0,431) 14	1,000 (<0,001) 14	0,858 (<0,001) 14	0,784 (0,001) 14	0,748 (0,002) 14	0,895 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14	0,871 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14		
	Mifflin	0,354 (0,215) 14	0,886 (<0,001) 14	0,991 (<0,001) 14	0,930 (<0,001) 14	0,906 (<0,001) 14	0,994 (<0,001) 14	0,973 (<0,001) 14	0,996 (<0,001) 14	0,938 (<0,001) 14	0,885 (<0,001) 14	
	MifflinMLG	0,229 (0,430) 14	1,000 (<0,001) 14	0,858 (<0,001) 14	0,785 (0,001) 14	0,748 (0,002) 14	0,896 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14	0,871 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14	1,000 (<0,001) 14	0,886 (<0,001) 14
	Cunningham	0,230 (0,430) 14	1,000 (<0,001) 14	0,858 (<0,001) 14	0,785 (0,001) 14	0,748 (0,002) 14	0,896 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14	0,871 (<0,001) 14	0,834 (<0,001) 14	1,000 (<0,001) 14	0,886 (<0,001) 14



Tabela 4. Associação entre os valores obtidos pelos vários métodos ao terceiro mês após a cirurgia

$r^{(p)}$ N	Calorimetria	BIA	H&B1918	FAO1985	FAO2001	DRI	Bernstein	H&B1984	Owen	OwenMLG	Mifflin	MifflinMLG
<b>GEB</b>	BIA	0,231 (0,471) 12										
	H&B1918	0,367 (0,241) 12	0,757 (0,003) 13									
	FAO1985	0,344 (0,273) 12	0,684 (0,010) 13	0,957 (<0,001) 13								
	FAO2001	0,402 (0,195) 12	0,645 (0,017) 13	0,936 (<0,001) 13	0,994 (<0,001) 13							
	DRI	0,286 (0,368) 12	0,807 (0,001) 13	0,990 (<0,001) 13	0,937 (<0,001) 13	0,907 (<0,001) 13						
<b>GER</b>	Bernstein	0,340 (0,279) 12	0,725 (0,005) 13	0,757 (0,003) 13	0,957 (<0,001) 13	0,932 (<0,001) 13	0,979 (<0,001) 13					
	H&B1984	0,356 (0,257) 12	0,774 (0,002) 13	0,998 (<0,001) 13	0,951 (<0,001) 13	0,929 (<0,001) 13	0,994 (<0,001) 13	0,986 (<0,001) 13				
	Owen	0,148 (0,646) 12	0,734 (0,004) 13	0,939 (<0,001) 13	0,898 (<0,001) 13	0,846 (<0,001) 13	0,954 (<0,001) 13	0,959 (<0,001) 13	0,937 (<0,001) 13			
	OwenMLG	0,230 (0,471) 12	1,000 (<0,001) 13	0,757 (0,003) 13	0,684 (0,010) 13	0,646 (0,017) 13	0,807 (0,001) 13	0,726 (0,005) 13	0,775 (0,002) 13	0,734 (0,004) 13		
	Mifflin	0,351 (0,264) 12	0,796 (0,001) 13	0,988 (<0,001) 13	0,933 (<0,001) 13	0,912 (<0,001) 13	0,992 (<0,001) 13	0,965 (<0,001) 13	0,995 (<0,001) 13	0,915 (<0,001) 13	0,797 (0,001) 13	
	MifflinMLG	0,231 (0,471) 12	1,000 (<0,001) 13	0,757 (0,003) 13	0,684 (0,010) 13	0,645 (0,017) 13	0,807 (0,001) 13	0,725 (0,005) 13	0,775 (0,002) 13	0,734 (0,004) 13	1,000 (<0,001) 13	0,797 (0,001) 13
	Cunningham	0,231 (0,470) 12	1,000 (<0,001) 13	0,757 (0,003) 13	0,684 (0,010) 13	0,645 (0,017) 13	0,807 (0,001) 13	0,725 (0,005) 13	0,775 (0,002) 13	0,734 (0,004) 13	1,000 (<0,001) 13	0,797 (0,001) 13

**Tabela 5.** Previsão do metabolismo em repouso (calorimetria) através dos diferentes métodos nos três momentos de avaliação

	Pré-cirurgia	1.º mês	3.º mês	
<b>GEB</b>	<b>BIA</b>	$R^2(p) = 0,139(0,155)$ $cal = 0,853x + 21,413$	$R^2(p) = 0,053(0,431)$ $cal = 0,454x + 603,335$	$R^2(p) = 0,053(0,471)$ $cal = 0,403x + 671,737$
	<b>H&amp;B1918</b>	$R^2(p) = 0,373(0,012)$ $cal = 1,120x - 645,400$	$R^2(p) = 0,099(0,274)$ $cal = 0,469x + 474,550$	$R^2(p) = 0,134(0,241)$ $cal = 0,512x + 434,047$
	<b>FAO1985</b>	$R^2(p) = 0,458(0,004)$ $cal = 1,040x - 540,258$	$R^2(p) = 0,077(0,335)$ $cal = 0,349x + 654,289$	$R^2(p) = 0,118(0,273)$ $cal = 0,413x + 568,295$
	<b>FAO2001</b>	$R^2(p) = 0,427(0,006)$ $cal = 0,988x - 404,339$	$R^2(p) = 0,083(0,319)$ $cal = 0,356x + 655,778$	$R^2(p) = 0,161(0,195)$ $cal = 0,479x + 475,343$
	<b>DRI</b>	$R^2(p) = 0,360(0,014)$ $cal = 1,214x - 720,049$	$R^2(p) = 0,083(0,318)$ $cal = 0,476x + 491,352$	$R^2(p) = 0,082(0,368)$ $cal = 0,440x + 570,240$
<b>GER</b>	<b>Bernstein</b>	$R^2(p) = 0,420(0,007)$ $cal = 1,664x - 1068,082$	$R^2(p) = 0,070(0,360)$ $cal = 0,555x + 495,360$	$R^2(p) = 0,116(0,279)$ $cal = 0,668x + 374,159$
	<b>H&amp;B1984</b>	$R^2(p) = 0,357(0,015)$ $cal = 1,104x - 621,917$	$R^2(p) = 0,106(0,257)$ $cal = 0,488x + 438,536$	$R^2(p) = 0,126(0,257)$ $cal = 0,498x + 450,567$
	<b>Owen</b>	$R^2(p) = 0,480(0,003)$ $cal = 2,092x - 1939,350$	$R^2(p) = 0,027(0,577)$ $cal = 0,402x + 651,347$	$R^2(p) = 0,022(0,646)$ $cal = 0,340x + 753,088$
	<b>OwenMLG</b>	$R^2(p) = 0,141(0,152)$ $cal = 0,854x + 53,200$	$R^2(p) = 0,053(0,431)$ $cal = 0,440x + 643,205$	$R^2(p) = 0,053(0,471)$ $cal = 0,390x + 708,188$
	<b>Mifflin</b>	$R^2(p) = 0,338(0,018)$ $cal = 0,912x - 206,261$	$R^2(p) = 0,125(0,215)$ $cal = 0,453x + 540,003$	$R^2(p) = 0,123(0,264)$ $cal = 0,417x + 620,475$
	<b>MifflinMLG</b>	$R^2(p) = 0,141(0,152)$ $cal = 0,968x - 100,427$	$R^2(p) = 0,053(0,430)$ $cal = 0,499x + 563,900$	$R^2(p) = 0,053(0,471)$ $cal = 0,442x + 672,204$
	<b>Cunningham</b>	$R^2(p) = 0,141(0,152)$ $cal = 0,883x - 27,308$	$R^2(p) = 0,053(0,430)$ $cal = 0,455x + 601,405$	$R^2(p) = 0,053(0,470)$ $cal = 0,404x + 669,804$

Cal – calorimetria; x - métodos

**Tabela 6.** Diferença entre o gasto energético estimado pelos diferentes métodos e o medido pela calorimetria nos três momentos de avaliação

	Pré-cirurgia				1.º mês				3.º mês				
	n=16				n=14				n=12				
	kcal/dia Média ± dp	Dif. média (p)	IC <sub>95%</sub>	RMSD (P <sub>RMSD=250kcal</sub> )	kcal/dia Média ± dp	Dif. média (p)	IC <sub>95%</sub>	RMSD (P <sub>RMSD=250kcal</sub> )	kcal/dia Média ± dp	Dif. média (p)	IC <sub>95%</sub>	RMSD (P <sub>RMSD=250kcal</sub> )	
<b>Calorimetria</b>	1286 ±350				1247 ±307				1237 ±283				
<b>BIA</b>	<b>GER</b>	1483 ±153	-197 (0,029)	[-370;-23]	372 (0,004)	1419 ±155	-171 (0,059)	[-350;8]	344 (0,025)	1402 ±162	-165 (0,076)	[-351;20]	325 (0,069)
<b>H&amp;B1918</b>		1724 ±191	-438 (<0,001)	[-586;-290]	514 (<0,001)	1649 ±205	-402 (<0,001)	[-581;-222]	501 (<0,001)	1568 ±203	-331 (0,002)	[-510;-152]	427 (0,001)
<b>FAO1985</b>		1756 ±228	-470 (<0,001)	[-607;-332]	532 (<0,001)	1699 ±244	-452 (<0,001)	[-645;-259]	555 (<0,001)	1620 ±236	-383 (0,001)	[-574;-193]	479 (<0,001)
<b>FAO2001</b>		1711 ±232	-425 (<0,001)	[-566;-283]	496 (<0,001)	1664 ±248	-416 (<0,001)	[-609;-223]	526 (<0,001)	1589 ±238	-353 (0,001)	[-535;-170]	447 (<0,001)
<b>DRI</b>		1653 ±173	-366 (<0,001)	[-517;-216]	457 (<0,001)	1587 ±185	-339 (0,001)	[-518;-161]	452 (<0,001)	1513 ±184	-277 (0,007)	[-461;-92]	392 (0,004)
<b>Bernstein</b>		<b>GER</b>	1415 ±136	-129 (0,087)	[-279;21]	302 (0,113)	1355 ±146	-108 (0,207)	[-282;67]	311 (0,093)	1291 ±144	-54 (0,501)	[-226;118]
<b>H&amp;B1984</b>	1728 ±189		-441 (<0,001)	[-591;-292]	519 (<0,001)	1656 ±204	-409 (<0,001)	[-586;-231]	505 (<0,001)	1577 ±202	-340 (0,002)	[-521;-160]	435 (<0,001)
<b>Owen</b>	1542 ±116		-256 (0,002)	[-406;-106]	374 (0,004)	1483 ±124	-235 (0,014)	[-415;-56]	381 (0,004)	1421 ±124	-185 (0,051)	[-370;1]	335 (0,049)
<b>OwenMLG</b>	1444 ±154		-158 (0,071)	[-331;16]	352 (0,013)	1373 ±160	-126 (0,155)	[-306;54]	325 (0,055)	1356 ±167	-119 (0,188)	[-306;68]	306 (0,125)
<b>Mifflin</b>	1637 ±223		-351 (<0,001)	[-503;-199]	447 (<0,001)	1563 ±239	-315 (0,002)	[-497;-133]	438 (<0,001)	1478 ±238	-241 (0,018)	[-431;-51]	375 (0,010)
<b>MifflinMLG</b>	1432 ±136		-146 (0,092)	[-319;27]	346 (0,017)	1370 ±141	-122 (0,159)	[-299;55]	320 (0,068)	1276 ±148	-39 (0,649)	[-222;144]	278 (0,254)
<b>Cunningham</b>	1488 ±149	-201 (0,025)	[-375;-28]	373 (0,004)	1419 ±155	-172 (0,059)	[-351;7]	345(0,025)	1402 ±162	-166 (0,075)	[-351;20]	325 (0,069)	

## Discussão e Conclusões

O principal objetivo do estudo foi comparar diversos métodos usados para estimativa do GER com os resultados da calorimetria indireta (método de referência) em mulheres submetidas a cirurgia bariátrica, em três momentos de avaliação: pré-cirurgia, primeiro e terceiro mês pós-cirurgia.

A percentagem de perda de peso verificada nestas doentes (cerca de 16%) aos três meses após a cirurgia, foi ao encontro dos resultados de outros estudos<sup>(37, 38)</sup>. Courcoulas *et al.* verificaram que em doentes submetidos a cirurgia bariátrica a percentagem de perda de peso, três meses após a realização de *bypass* foi de aproximadamente 13%<sup>(37)</sup>.

Apesar de a diminuição do IMC ser estaticamente significativa ao longo dos três meses de avaliação, o GER/ GEB não diminuiu significativamente como seria de esperar, uma vez que o peso e estatura são os maiores determinantes do gasto total diário. Sabe-se que o IMC não reflete a composição corporal e ao analisar-se as variações de MG e MLG, pode verificar-se que a perda de tecido se deveu nos dois últimos meses, principalmente, a MG, uma vez que o índice de MLG não registou diferenças significativas neste período. Uma das razões é o facto de a partir do primeiro mês ser recomendado o aumento de atividade física e, por outro lado, como perdem peso tem mais facilidade em movimentar-se. No entanto, apesar de este resultado não ser o esperado, existem estudos que corroboram estes resultados<sup>(39-41)</sup>. Isto faz-nos pensar que a diminuição do IMC é independente do GER/ GEB, ou seja, os resultados a curto prazo após a cirurgia bariátrica são influenciados principalmente por fatores comportamentais e cognitivos<sup>(40)</sup>.

No presente estudo, a análise das associações entre os valores obtidos pelas várias equações nos três momentos de avaliação revela que as associações entre elas são mais fortes do que as obtidas entre qualquer uma e a calorimetria. Estes resultados eram previsíveis, uma vez que as diferentes equações usam no seu cálculo variáveis comuns, como o peso, estatura e idade. Na primeira avaliação, as correlações positivas perfeitas são as verificadas entre as equações que usaram a MLG no seu cálculo (MifflinMLG, OwenMLG e Cunningham); ao primeiro e terceiro meses após a cirurgia estes valores de correlações são visíveis também entre o método da BIA e as equações supramencionadas, o que não aconteceu na avaliação na pré-cirurgia. Isto poderá ser explicado pelo facto de estas três equações não terem sido desenvolvidas especificamente para indivíduos com obesidade mórbida, uma vez que nas duas últimas avaliações as doentes já tinham perdido peso, apresentando já um IMC < 40 kg/m<sup>2</sup> e, conseqüentemente, alteração das proporções de MG e MLG.

Adicionalmente, grande parte das equações não foram desenvolvidas especificamente para pessoas com obesidade. Neste estudo, o IMC médio inicial é indicador da presença de obesidade mórbida, o que pode contribuir ainda mais para erros devido ao grande excesso de gordura corporal, correspondendo aqui aproximadamente a 50% do peso corporal, uma vez que este tecido é metabolicamente menos ativo.

Após a análise da previsão (regressão linear) do gasto energético pelas diferentes equações, as de Owen e FAO1985 foram as melhores para prever o GER da calorimetria na pré-cirurgia, apesar de apresentarem, ainda assim, uma previsão com coeficiente de determinação fraco.

Quando se comparam as médias entre as equações e a calorimetria, as diferentes equações tendem a sobrestimar o GER relativamente ao da calorimetria indireta. Verifica-se que as melhores são MifflinMLG, OwenMLG e Bernstein nos três momentos de avaliação; também a de Cunningham e BIA ao primeiro mês após a cirurgia e a de Owen e BIA no terceiro mês após a cirurgia. Isto pode ser explicado, uma vez que, das equações acima identificadas como as melhores, três delas (MifflinMLG, OwenMLG e Cunningham) usam na sua fórmula, para estimar o GER, a massa livre de gordura. Também o método de BIA utiliza a composição corporal para fornecer o gasto energético. Sabe-se que existe uma relação entre o GER e o tamanho corporal, onde cerca de três quartos do GER é determinado pela MLG e, em menor escala, pela massa gorda, sexo e idade. Juntas, estas 4 variáveis explicam 80-85% da variação inter-individual do GER. Alguma da variação restante poderá ser explicada por fatores genéticos<sup>(14)</sup>.

As equações BIA, H&B1919, FAO1985, FAO2001 e DRI, sendo as que medem a GEB, deveriam apresentar menores valores para o gasto energético, uma vez que, conforme referido, o GER é 3 a 10% superior relativamente ao GEB<sup>(18)</sup>. No entanto, tal não é evidente neste estudo, chegando mesmo, em algumas das equações, a sobrestimar o gasto energético em diferenças maiores de energia.

Globalmente, a sobrestimação do gasto energético em repouso/ basal pelas diferentes equações comparativamente à calorimetria está de acordo com alguns estudos. Ullah et al. verificaram que a equação H&B1918 e FAO2001 sobrestimam o GER em relação à calorimetria<sup>(39)</sup>. Horie et al. e Carrasco et al. verificaram ambos que a de Mifflin sobrestima o gasto energético, verificando-se o mesmo para a H&B1918 no trabalho de Carrasco et al.<sup>(42, 43)</sup>.

Quando verificamos a semelhança entre as diferentes equações e a calorimetria, pela análise do RMSD, mais uma vez a de Bernstein (nas três avaliações) foi a que apresentou maior semelhança com os valores da calorimetria. Isto pode ser explicado pelo facto desta equação estimar, tal como a calorimetria, o GER e, também, por ter sido desenvolvida apenas em indivíduos obesos.

Assim, a grande discrepância de resultados não permite identificar qual das equações é a melhor, indicando que as usadas geralmente para avaliar o GER, nestes indivíduos, não são as mais adequadas, embora a de Bernstein possa ser identificada neste estudo como a mais próxima da calorimetria.

O tamanho da amostra é a maior limitação deste trabalho, pois uma amostra maior permitiria analisar sub-grupos de doentes, nomeadamente em função da perda de peso e de massa gorda, comparando os resultados em função destas características. Esta limitação foi condicionada por existir apenas um técnico experiente e um aparelho de calorimetria indireta na instituição.

Contrariamente aos resultados do presente estudo, a equação de Mifflin é identificada por muitos investigadores como sendo a melhor para prever o gasto energético em repouso<sup>(44-46)</sup>.

Jésus et al. publicou em 2014 um estudo onde avaliou 447 obesos mórbidos verificando que as várias equações (Bernstein, Owen, OwenMLG, Mifflin, MifflinMLG, H&B1918, H&B1984, FAO1985, FAO2001) subestimam o gasto energético relativamente ao método da calorimetria, sendo que destas a melhor foi H&B1984<sup>(47)</sup>.

No entanto, outros autores consideram que as equações preditivas falham na estimação do gasto energético em repouso em doentes com obesidade<sup>(42, 48,</sup>

<sup>49)</sup>. Isto é visível neste trabalho, devido à grande disparidade de resultados obtidos.

As características inerentes ao aparelho da calorimetria indireta podem também estar na origem das diferenças observadas, tais como o uso de uma máscara rígida não adaptável à anatomia facial das participantes, podendo originar fugas do ar inalado e exalado. Apesar de a calorimetria indireta ser considerada o método padrão e o aconselhado para avaliação do GER em obesos, é preciso ter em conta que estes, na prática clínica, não estão em condições semelhantes a doentes em unidades de cuidados intensivos, onde o repouso é absoluto.

Existem vários fatores, apontados já por outros investigadores, que poderão justificar a falta de êxito na estimação do gasto energético pelos vários métodos nestes doentes<sup>(42, 47)</sup>. As fórmulas preditivas provêm de populações de diferentes etnias, idades e IMC, sendo por isso possível encontrar, em vários estudos, erros de grande magnitude nos valores estimados quando comparados com o gasto energético em repouso medido pela calorimetria<sup>(50-52)</sup>.

É também provável que a discrepância entre os valores encontrada esteja diretamente relacionada com o facto de os estudos não distinguirem o GER do GEB.

O facto de um trabalho de revisão relativamente recente concluir que ainda há poucos estudos com um desenho robusto que meçam as necessidades energéticas em indivíduos obesos<sup>(53)</sup> reforça a ideia de que é necessária mais pesquisa para podermos aferir acerca do melhor método. São necessários mais estudos para estabelecer na prática clínica um método credível, rápido e preciso



para o cálculo do gasto energético em repouso, nesta população. No entanto, esta investigação contribui positivamente para isto.

## Referências

1. World Health Organization. Obesity and overweight. 2014. Fact sheet N°311. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>.
2. World Health Organization. Obesity. Disponível em: <http://www.who.int/topics/obesity/en/>.
3. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy Balance and Obesity. Circulation - Journal of the American Heart Association 2012
4. Guyton AC, Hall JE. Dietary Balances; Regulation of Feeding; Obesity and Starvation; Vitamins and Minerals. In: Textbook of Medical Physiology. 11 ed.: Elsevier Saunders; 2006. p. 872-73.
5. Wirth A, Wabitsch M, Hauner H. Clinical Practice Guideline - The prevention and treatment of obesity. Deutsches Ärzteblatt International. 2014; 111:705-13.
6. Poínhos R, Franchini B, Afonso C, Correia F, Teixeira VH, Moreira P, et al. Alimentação e estilos de vida da população portuguesa: metodologia e resultados preliminares. Alimentação Humana. 2009; 15(3)
7. Sjostrom L, Narbro L, Sjostrom CD, et al. Effects of bariatric surgery on mortality in Swedish obese subjects. New England Journal of Medicine. 2007; 357:741-52.
8. Dixon JB, Zimmet P, Alberti KG, Rubino F. Bariatric surgery: an IDF statement for obese type 2 diabetes. Diabetic Medicine. 2011; 28:628-42.
9. Schauer PR, Kashyap SR, Wolski K, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy in obese patients with diabetes. New England Journal of Medicine. 2012; 366:1567-76.
10. Das SK, Roberts SB, McCrory MA, Hsu LKG, Shikora SA, Kehayias JJ, et al. Long-term changes in energy expenditure and body composition after massive weight loss induced by gastric bypass surgery. American Journal of Clinical Nutrition. 2003; 78:22-30.
11. National Institutes of Health, National Heart Lung and Blood Institutes, North American Association for the Study of Obesity. Practical guide to the identification , evaluation and treatment of overweight and obesity in adults. 2000.
12. World Health Organization. Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. Geneva; 1985.
13. Raymond JL, Escott-Stump S. Energy. In: Krause's Food and Nutrition Therapy. 12 ed.; 2007. p. 22-38.
14. Redman LM, Ravussin E. Energy expenditure in obesity. In: RF K, DH B, editores. Treatment of the obese patient. Humana Press; 2007. p. 151-72.

15. Guyton AC, Hall JE. Energetics and Metabolic Rate. In: Textbook of Medical Physiology. Elsevier Saunders; 2006. p. 881-89.
16. Klausen B, Toubro S, Astrup A. Age and sex effects on energy expenditure. American Journal of Clinical Nutrition. 1997; 65:895-907.
17. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Institute of Medicine; 2002. 107-264.
18. Rodrigues AE, Marostegan PF, Mancini MC, Dalcanale L, De Melo ME, Cercato C, et al. Análise da taxa metabólica de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica. Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo. 2008; 52
19. World Health Organization. Physical activity. 2014. Disponível em: [http://www.who.int/topics/physical\\_activity/en/](http://www.who.int/topics/physical_activity/en/).
20. Volp ACP, de Oliveira FCE, Alves DM, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. Nutrición Hospitalaria. 2011; 26:430-40.
21. Reeves MM, Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? Nutrition Reviews. 2003; 61(4):143-51.
22. Weekes CE. Controversies in the determination of energy requirements. Proceedings of the Nutrition Society. 2007; 66:367-77.
23. McCrory P, Strauss B, Wahlqvist ML. Energy balance, food intake and obesity. In: Exercise and obesity. 1994. p. 115-30.
24. Melo CM, Tirapegui J, Ribeiro SML. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo. 2008; 52:452-64.
25. Diener JRC. Calorimetria indireta. Revista da Associação Médica Brasileira. 1997; 43:245-53.
26. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of human basal metabolism. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1918; 4:370-73.
27. Roza AM, Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass The American Journal of Clinical Nutrition. 1984; 40:168-82.
28. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. Human Nutrition - Clinical Nutrition. 1985; 39
29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Rome; 2001.

30. World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects.
31. Stewart A, Marfell-jones M, Olds T, de Ridder H. International standards for anthropometric assessment. ISAK; 2011.
32. Bernstein RS, Thornton JC, Yang MU, Wang J, Redmond AM, et al. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1983; 37:370-73.
33. Owen OE, Kaval E, Owen RS, Polansky M, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1986; 44:1-19.
34. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1990; 51:241-47.
35. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1991; 54:963-69.
36. Silva C, Marinho A, Oliveira B, Correia F. Estimativa das necessidades de energia dos doentes críticos. Universidade do Porto; 2009.
37. Courcoulas AP, Christian NJ, Belle SH, Berk PD, Flum DR, Garcia L, et al. Weight change and health outcomes at 3 years after bariatric surgery among individuals with severe obesity. *The Journal of the American Medical Association*. 2013; 310(22):2416-25.
38. Inácio CMR. Síndrome metabólica e risco cardiovascular em doentes submetidos a cirurgia bariátrica. Universidade do Porto; 2013.
39. Ullah S, Arsalani-Zadeh R, MacFie J. Accuracy of prediction equations for calculating resting energy expenditure in morbidly obese patients. *Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 2012; 94:129-32.
40. Camerini G, Adami GF, Marinari GM, Campostano A, Ravera G, Scopinaro N. Failure of preoperative resting energy expenditure in predicting weight loss after gastroplasty. *Obesity Research*. 2001; 9:589-91.
41. Camerini G, Marinari GM, Adami GF, Scopinaro N. Preoperative resting energy expenditure does not predict weight loss and maintenance after vertical banded gastroplasty. *Obesity Surgery*. 2005; 15:809-12.
42. Horie LM, Gonzalez MC, Torrinhas RS, Cecconello I, Waitzberg DL. New specific equation to estimate resting energy expenditure in severely obese patients. *Obesity*. 2011; 19:1090-94.
43. Carrasco F, Rojas P, Ruz M, Rebolledo A, Mizón C, Codoceo J, et al. Concordancia entre gasto energético y reposo medido y estimado por fórmulas

predictivas en mujeres con obesidad severa y mórbida. *Nutrición Hospitalaria*. 22:410-216.

44. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*. 2005; 105:775-89.

45. Weijs PJ. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65y. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2008; 88:959-70.

46. Dobratz JR, Sibley SD, Beckman TR, Valentine BJ, Kellogg TA, Ikramuddin S, et al. Predicting energy expenditure in extremely obese women. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2007; 31:217-27.

47. Jésus P, Achamrah N, Grigioni S, Charles J, Rimbart A, et al. Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. *Clinical Nutrition*. 2014:1-7.

48. de Luis DA, Aller R, Izaola O, Romero E. Prediction equation of resting energy expenditure in an adult Spanish population of obese adult population. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2006; 50:193-96.

49. de Oliveira MRM, P.F.S. N, Quesada KR, de Souza CL, Junior IR, Leite CVS. Body Weight and Energy Intake and Expenditure in Bariatric Surgery In: Huang CK, editor. *Advanced Bariatric and Metabolic Surgery InTech*; 2012. p. 211-28.

50. Ireton-Jones C. Clinical Dilemma: Which energy expenditure equation to use? *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2004; 28(4):282-83.

51. Hayter JE, Henry CJ. A re-examination of basal metabolic rate predictive equations: the importance of geographic origin of subjects in sample selection. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1994; 48:702-07.

52. Muller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, et al. World Health Organization equations have shortcomings for predicting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analyses of a German databases of resting energy expenditure. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004; 80(5):1379-90.

53. Kee A-L, Isenring E, Hickman I, Vivanti A. Resting energy expenditure of morbidly obese patients using indirect calorimetry: a sistematic review. *Obesity* 2012; 13:753-65.