# Valor prognóstico do perfil metabólico e da variação do perímetro do gémeo durante o internamento em Unidade de Cuidados Intensivos

## *Prognostic value of metabolic profile and calf circumference variation during Intensive Care Unit stay*

Mara Filipa Carvalho Gonçalves

**ORIENTADO POR: Dra. Mariana Santos Silva**

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO
1.º CICLO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO | UNIDADE CURRICULAR ESTÁGIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO

**TC**

**PORTO, 2026**

**Resumo**

**Introdução:** O doente crítico (DC) apresenta um gasto energético em repouso (GER) dinâmico e difícil de prever. A calorimetria indireta (CI) é o método de referência, mas o seu acesso é limitado, levando ao recurso a equações preditivas, conhecidas pela sua imprecisão. O perímetro do gémeo (PG) tem ganho relevância como indicador simples de massa muscular, porém a sua relação com o perfil metabólico ainda é pouco estudada no DC.

**Objetivos:** Comparar o GER do DC avaliado por CI com o estimado por equações preditivas e avaliar a associação entre o dispêndio energético e a variação do PG.

**Material e Métodos:** Foi realizado um estudo observacional longitudinal retrospetivo e prospetivo, numa Unidade de Cuidados Intensivos (UCI), em doentes ventilados mecanicamente, com avaliação do GER por CI e do PG em 2 momentos.

**Resultados:** Dos 55 doentes, 38 (69,1%) eram homens, com idade média de 61 ± 15 anos. O GER por CI diferiu significativamente do estimado pela equação de Mifflin-St Jeor e pela ESPEN, sendo a Harris-Benedict a mais precisa (36,4% com erro ≤10%). O aporte energético diário (AED) nunca esteve ajustado ao GER ($p<0,001$; $p=0,026$). Não houve diferenças no PG entre momentos, nem associação com o GER, perfil metabólico ou adequação energética.

**Conclusão:** As equações preditivas não substituem a CI na avaliação do GER do DC, e o AED manteve-se desajustado às necessidades reais. O PG não mostrou associação com o perfil metabólico, possivelmente pelo curto período de avaliação e pela amostra reduzida, justificando estudos futuros mais robustos.

**Palavras-Chave:** Doente Crítico, Calorimetria Indireta, Metabolismo Basal, Músculo Esquelético, Antropometria.

**Abstract**

**Introduction:** The critically ill patient (CIP) presents a dynamic and difficult-to-predict resting energy expenditure (REE). Indirect calorimetry (IC) is the reference method, but its access is limited, leading to the use of predictive equations, known for their inaccuracy. Calf circumference (CC) has gained relevance as a simple indicator of muscle mass, although its relationship with metabolic profile remains poorly studied in the CIP.

**Objectives:** To compare REE in the CIP assessed by IC with that estimated by predictive equations and to assess the association between energy expenditure and CC variation.

**Methods:** A retrospective and prospective longitudinal observational study was conducted in an Intensive Care Unit (ICU), in mechanically ventilated patients, assessing REE by IC and CC at 2 timepoints.

**Results:** Of 55 patients, 38 (69.1%) were male, with a mean age of 61± 15 years. REE by IC differed significantly from that estimated by the Mifflin-St Jeor equation and ESPEN, with Harris-Benedict being the most accurate equation (36.4% with error ≤10%). Daily energy intake (DEI) was never matched to REE ($p<0.001$; $p=0.026$). No differences in CC were found between timepoints, nor associations with REE, metabolic profile, or energy adequacy.

**Conclusion:** Predictive equations do not replace IC in assessing REE in the CIP, and DEI remained mismatched to actual needs. CC showed no association with metabolic profile, possibly due to the short assessment period and small sample size, justifying more robust future studies.

**Keywords:** Critical Illness; Calorimetry, Indirect; Basal Metabolism; Muscle, Skeletal; Anthropometry.

**Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos**

AE — Adequação energética

AED — Aporte energético diário

ANOVA — *Analysis of variance*

APACHE II — *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*

BHA — Balanço hídrico acumulado

CI — Calorimetria indireta

DC — Doente crítico

DE — Défice energético

DP — Desvio-padrão

ESPEN — *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism*

$FiO_2$ — Fração inspirada de oxigénio

GER — Gasto energético em repouso

HB — Harris-Benedict

IMC — Índice de massa corporal

MME — Massa muscular esquelética

MSJ — Mifflin-St Jeor

NE — Necessidades energéticas

NUTric Score — *Nutrition Risk in the Critically Ill Score*

PEEP — *Positive end-expiratory pressure*

PG — Perímetro do gémeo

RASS — *Richmond Agitation-Sedation Scale*

SAPS II — *Simplified Acute Physiology Score II*

SMI — Serviço de Medicina Intensiva

SOFA — *Sequential Organ Failure Assessment*

SPSS — *Statistical Package for the Social Sciences*

UCI — Unidade de Cuidados Intensivos

ULSSJ — Unidade Local de Saúde de São João

**Sumário**

Resumo ..... i

Abstract ..... ii

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos ..... iv

Introdução ..... 1

Objetivos ..... 2

Material e Métodos ..... 3

I. Desenho do estudo ..... 3

II. Amostra ..... 4

III. Colheita de dados ..... 4

IV. Medição do gasto energético em repouso (CI) ..... 5

V. Medição do perímetro do gémeo ..... 6

VI. Análise estatística ..... 7

Resultados ..... 7

I. Caracterização da amostra ..... 7

II. Avaliação das Necessidades Energéticas ..... 8

III. Aporte Energético Diário ..... 9

IV. Perímetro do Gémeo ..... 10

Discussão ..... 10

Pontos Fortes e Limitações ..... 14

Conclusões e Considerações finais ..... 14

Agradecimentos ..... 16

Referências ..... 17

Apêndices ..... 19

Índice de Apêndices ..... 19

## Introdução

O doente crítico (DC) caracteriza-se por sofrer uma resposta fisiopatológica intensa e dinâmica, que evolui ao longo do internamento em fases metabólicas distintas. Na fase aguda, predominam essencialmente dois momentos: (1) período inicial, correspondente a maior instabilidade hemodinâmica e hipercatabolismo acentuado; e (2) período tardio no qual prevalecem a estabilidade metabólica e o desgaste muscular.[1] Esta fase pode culminar numa fase pós-aguda de recuperação ou, em casos mais graves, em inflamação ou catabolismo persistente e, consequentemente, maior tempo de hospitalização e pior desfecho clínico.[1]

A desnutrição constitui uma complicação prevalente neste contexto, estimando-se que afete entre 38% e 78% dos doentes admitidos em unidade de cuidados intensivos (UCI)[2], resultante não só do estado hipermetabólico, como também da inadequação entre o aporte proteico-energético e as necessidades nutricionais do DC, bem como do repouso prolongado no leito.[1, 3] A associação entre desnutrição e desfechos clínicos negativos é amplamente reconhecida, incluindo tempo de internamento prolongado e risco acrescido de mortalidade.[3-5]

O rastreio nutricional precoce é fundamental, devendo a terapia nutricional médica ser considerada precocemente nos doentes com permanência prevista em UCI superior a 48 horas.[3, 6] A determinação das necessidades energéticas (NE) no DC é complexa, dado o dinamismo do gasto energético em repouso (GER), o que inviabiliza a adoção de um valor energético fixo.[7-9]

O padrão de referência para sua medição é a calorimetria indireta (CI).[4-6, 8-10] Não obstante, este método apresenta limitações práticas: requer equipamento específico e profissionais especializados, é dispendioso e pode não ser acessível.[4,

[9, 10] Na sua ausência, as equações preditivas — como Harris-Benedict (HB)[11] e Mifflin-St Jeor (MSJ)[12] — constituem uma alternativa, embora amplamente reconhecidas como imprecisas em contexto de UCI.[4, 6-10] Além disso, a ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism) preconiza o recurso a estimativas baseadas no peso corporal de 20–25 kcal/kg/dia, numa fase aguda, com progressão até 25–30 kcal/kg/dia na fase pós-aguda.[13]

A massa muscular esquelética (MME) desempenha um papel preponderante na modulação do GER, dado o seu elevado consumo metabólico basal, sobretudo no sexo masculino.[14] No DC, a imobilização física provoca uma rápida deterioração da massa magra (estimada em 300 a 600 g/dia)[4], tendo sido apontada como um fator contribuidor para a redução do GER ao longo do internamento.[9]

A avaliação da perda de MME no DC é tecnicamente desafiante e requer uma avaliação longitudinal.[15] Os métodos mais precisos são dispendiosos, nem sempre estão disponíveis e são suscetíveis a fatores confundidores.[15, 16] Face a estas limitações, as medidas antropométricas têm ganho relevância.[3, 16] O perímetro do gémeo (PG) emerge como um indicador nutricional simples e não invasivo, cuja medição pode ser realizada de forma expedita e à beira do leito.[16, 17] Contudo, uma limitação relevante prende-se com a influência do edema periférico.[17]

Apesar desta relação fisiopatológica plausível, a falta de evidência sobre a associação entre o perfil metabólico medido por CI e a variação do PG em UCI constitui a principal justificação para o presente estudo.

**Objetivos**

O estudo teve como objetivos:

- Comparar o GER do DC avaliado por CI e estimado por equações preditivas;

- Avaliar a existência de associação entre o dispêndio energético e a variação do PG.

**Material e Métodos**

O presente trabalho foi conduzido em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Declaração de Helsínquia, tendo sido submetido à Comissão de Ética para a Saúde da Unidade Local de Saúde de São João (ULSSJ). Por se tratar de um estudo observacional sem qualquer intervenção terapêutica ou alteração ao normal funcionamento do Serviço de Medicina Intensiva (SMI), foi dispensada a obtenção de consentimento informado pelo Conselho de Administração do Centro Hospitalar Universitário de São João, em consonância com a legislação portuguesa em vigor.

**I. Desenho do estudo**

O presente trabalho de investigação consiste num estudo observacional longitudinal com carácter retrospetivo e prospetivo, realizado no SMI 1 e 6 da ULSSJ, no Porto, entre fevereiro e junho de 2026. A componente retrospetiva baseou-se na recolha de registos clínicos já existentes, sem qualquer intervenção direta junto dos doentes, enquanto a componente prospetiva, por sua vez, envolveu o acompanhamento de doentes em tempo real. Esta abordagem teve como objetivo aumentar o tamanho amostral, garantindo simultaneamente que o protocolo de monitorização longitudinal, com as duas avaliações sequenciais previstas, fosse aplicado de forma sistemática na componente prospetiva.

## II. Amostra

A amostra foi selecionada por conveniência, reunindo todos os doentes admitidos desde 1 de agosto de 2024 até 13 de novembro de 2025 (subamostra retrospetiva) e desde 24 de fevereiro a 4 de maio de 2026 (subamostra prospetiva) na UCI com idade igual ou superior a 18 anos e tempo de internamento igual ou superior a 3 dias, com necessidade de suporte ventilatório invasivo. Os critérios de exclusão incluíram todos os doentes com fístulas de alto débito, edema severo ou grandes perdas insensíveis, grávidas e lactantes, doentes com amputações dos membros inferiores ou lesões cutâneas/curativos extensos (que enviesassem a perimetria do gémeo), bem como doentes com instabilidade extrema (que tornasse a realização de CI clinicamente insegura).

A amostra total ficou, assim, composta por 55 doentes elegíveis.

## III. Colheita de dados

As duas subamostras diferem quanto aos momentos e parâmetros acessíveis: na subamostra retrospetiva foram recolhidos dados nos momentos de admissão, nas primeiras 96 horas (1.ª avaliação), no dia da alta da UCI e no dia da alta hospitalar; não foi possível aceder a dados relativos ao GER medido por CI para além da 1.ª avaliação, nem à medição do PG em qualquer momento; na subamostra prospetiva foram recolhidos dados em todos os momentos, incluindo uma avaliação entre o 7.º e o 11.º dia de internamento (2.ª avaliação), sendo o GER medido por CI e o PG medidos em ambos os momentos (1.ª e 2.ª avaliação); esta última não foi realizada em doentes que foram extubados ou transferidos antes da janela temporal prevista.

Os dados foram obtidos a partir das folhas de registo clínico e dos sistemas informáticos do hospital — SClínico®, PatientCare® e Registo de Saúde Eletrónico.

As variáveis recolhidas em cada momento e em cada subamostra encontram-se sistematizadas no cronograma previsto (Tabela 1, Apêndice A).

Na admissão foram recolhidos os dados sociodemográficos (sexo, idade), o peso (kg) e a altura (m), a partir dos quais se calculou o Índice de Massa Corporal (IMC) em $kg/m^2$[18], e a classe de admissão na UCI. No momento da 1.ª e da 2.ª avaliação foram recolhidos os parâmetros relacionados com o suporte clínico e nutricional, nomeadamente a sedoanalgesia (propofol, em ml/h), soroterapia (ml/h) e tipo de suporte nutricional administrado[19], a partir dos quais se determinou o aporte energético diário (AED) (kcal/d), bem como o balanço hídrico acumulado (BHA) (ml/d). Por fim, foram ainda registados o tempo de internamento na UCI, a taxa de reinternamento na UCI e o estado clínico à saída da UCI e do hospital.

A adequação energética (AE) (%) correspondeu à razão entre o AED e o GER medido por CI, enquanto o défice energético (DE) resultou da diferença entre o GER medido por CI e o AED. Por fim, a variação do PG e a variação do BHA foram determinadas pela diferença entre os valores da 2.ª avaliação e da 1.ª avaliação.

**IV. Medição do gasto energético em repouso (CI)**

A avaliação do GER foi realizada por CI, com recurso ao calorímetro Q-NRG+ (Baxter®) e aos respetivos consumíveis, operado em modo ventilatório e sem humidificação ativa do circuito respiratório. Antes de iniciar cada medição, procedeu-se à verificação da calibração do equipamento e da sua correta ligação ao ventilador e ao doente. As medições foram efetuadas apenas em doentes com PEEP <12 $cmH_2O$ e $FiO_2$ ≤60%[20] em condições de estabilidade metabólica, na ausência de agitação, movimentos significativos ou procedimentos que pudessem interferir com os valores obtidos. A recolha teve a duração de 6 a 10 minutos,

sendo selecionados os 5 minutos de maior estabilidade, com monitorização contínua de possíveis alterações clínicas ou ventilatórias suscetíveis de comprometer a validade do teste.

O GER foi também estimado através das equações preditivas de HB[11] e MSJ[12] e pela regra de bolso da ESPEN (25 kcal/kg/dia na fase aguda; 30 kcal/kg/dia na fase anabólica)[13] , para posterior comparação com o valor obtido por CI.

A partir da razão entre o GER medido por CI e o gasto energético estimado pela equação de HB, os doentes foram classificados em perfis metabólicos (hipo-, iso- ou hipermetabólicos), considerando os pontos de corte de 0,9 e 1,1 (hipometabólico: <0,9; isometabólico: 0,9–1,1; hipermetabólico: >1,1).

### V. Medição do perímetro do gémeo

As medições do PG foram realizadas à beira do leito, com recurso a uma fita métrica sem elasticidade de 150 cm. A avaliação foi sempre efetuada no membro inferior direito, com o doente em posição de decúbito dorsal, com a cabeceira elevada entre 30 e 45 graus.

Para a realização da medição o membro inferior foi posicionado com o joelho fletido a 90 graus, com o pé apoiado na superfície da cama de modo a garantir a manutenção da posição durante a medição. A fita foi posicionada horizontalmente em torno da perna e perpendicularmente ao eixo longitudinal do membro, tendo-se aplicado a pressão mínima necessária para evitar a compressão dos tecidos moles. O valor registado correspondeu à circunferência de maior diâmetro da perna, lido ao nível dos olhos e no ponto zero da fita.

Importa salientar que antes e após cada medição a fita métrica foi desinfetada adequadamente de modo a garantir as condições de higiene entre doentes, e que

todas as medições foram realizadas pelo mesmo avaliador, de forma a minimizar a variabilidade interobservador.

### VI. Análise estatística

A análise estatística foi conduzida com recurso ao IBM SPSS Statistics, versão 31.0 (para macOS). A normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis categóricas foram expressas em frequências absolutas e percentagens, e as variáveis quantitativas em média e desvio-padrão (Média ± DP) ou medianas e percentis (P25; P75).

As comparações entre amostras foram realizadas por testes t de Student independentes e emparelhados, testes de Wilcoxon, ANOVA one-way, ANOVA para medidas repetidas e testes de Kruskal-Wallis. Sempre que aplicável realizaram-se testes post-hoc com correção de Bonferroni. Para a análise de associação entre variáveis contínuas recorreu-se ao coeficiente de correlação de Pearson ou de Spearman. Em todos os testes considerou-se significância estatística quando $p<0,05$.

## Resultados

### I. Caracterização da amostra

Dos 55 doentes incluídos no estudo, 38 foram homens (69,1%), sendo a idade média da amostra de 61± 15 anos. Segundo os critérios da Organização Mundial da Saúde[21], 41,8% dos doentes encontravam-se dentro dos valores da normoponderabilidade e 56,4% apresentavam pré-obesidade e/ou obesidade. Relativamente às classes de internamento, o foro médico foi o mais frequente (n=26; 47,3%), seguindo-se o politrauma (n=19; 34,5%). O tempo de internamento

em UCI foi de 16 ± 11 dias, com uma taxa de reinternamento de 7,3%. A taxa de mortalidade em UCI foi de 14,5%, subindo para 18,2% quando considerado também o internamento em enfermaria.

Quanto ao perfil metabólico, no 1.º momento de avaliação 34,5% (n=19) dos doentes apresentavam estado isometabólico, 25,5% (n=14) estado hipometabólico e 40,0% (n=22) estado hipermetabólico; no 2.º momento, esta distribuição passou a 18,8% (n=3), 18,8% (n=3) e 62,5% (n=10), respetivamente.

Desta amostra de 55 doentes, 34 doentes pertenceram à subamostra retrospetiva e 21 à subamostra prospetiva (Tabela 2 e 3, Apêndice B e C, respetivamente).

### II. Avaliação das Necessidades Energéticas

As NE avaliadas por CI e estimadas pelas diferentes equações ou recomendações no 1.º momento de avaliação estão representadas no Gráfico 1 (Apêndice D).

O estudo da Tabela 4 (Apêndice E) permite constatar que se verificaram correlações positivas, embora fracas, e com significado estatístico, entre a CI e todos os outros métodos de estimativa do GER na 1.ª avaliação. No 2.º momento de avaliação, não se verificaram correlações estatisticamente significativas entre métodos.

Foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas que demonstrou a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os métodos de cálculo do GER. As comparações múltiplas com correção de Bonferroni (Tabela 5, Apêndice F) evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre o GER avaliado por CI e o estimado pelas equações MSJ ($p=0,004$) e regra de bolso da ESPEN ($p<0,001$).

A análise das diferenças entre os valores estimados pelas equações preditivas e a CI demonstrou que a HB e a MSJ subestimaram, em média, o GER em 117 ± 394 e

190 ± 388 kcal/dia, respetivamente, enquanto as recomendações da ESPEN sobrestimaram as NE em 326 ± 449 kcal/dia.

A equação de HB apresentou a maior precisão clínica (36,4%) dentro de ±10% dos valores da CI (Tabela 6, Apêndice G). O mesmo tipo de análise foi realizado para o 2.º momento de avaliação (Tabela 5, Apêndice F). Aqui, a análise das diferenças entre os valores estimados pelas equações preditivas e a CI demonstrou que a HB e a MSJ subestimaram, em média, o GER em 241 ± 377 e 321 ± 391 kcal/dia, respetivamente, enquanto as recomendações da ESPEN sobrestimaram as NE em 600 ± 421 kcal/dia.

O estudo da estratificação do GER por sexo mostrou que, no 1.º momento de avaliação, os homens apresentaram NE superiores às mulheres (1591 ± 448 vs. 1247 ± 319 kcal/dia; p=0,006); pelo contrário, na 2.ª avaliação deixou de se verificar diferença significativa (p=0,510), tal como evidenciado no Gráfico 2 (Apêndice H). Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nos valores de CI entre classes de admissão, independentemente do momento de avaliação (Tabela 7, Apêndice I).

Na análise da subamostra prospetiva, o GER avaliado por CI não apresentou diferenças significativas entre momentos de avaliação 1403 ± 402 vs. 1593 ± 404 kcal/dia, respetivamente; (p=0,145).

### III. Aporte Energético Diário

O AED fornecido nos dois momentos de avaliação encontra-se sintetizado no Gráfico 3 (Apêndice J). Desta análise, verificou-se um aumento da mediana do AED durante os primeiros 11 dias de internamento com diferenças estatisticamente significativas entre momentos de avaliação (p=0,008).

Além disso, encontraram-se ainda diferenças estatisticamente significativas entre os valores do GER avaliado por CI e o AED fornecido aos doentes, em ambas as avaliações ($p<0,001$ e $p=0,026$) como evidenciado na Tabela 8 (Apêndice K).

O estudo do DE demonstrou que os doentes receberam, em média menos 845 ± 753 kcal face às suas NE no 1.º momento de avaliação, e menos 445 ± 773 kcal/dia no 2.º momento. Os resultados mostraram ainda diferenças estatisticamente significativas entre a mediana da AE da 1ª (47,1%; P25=3,2, P75=107,6) e da 2ª avaliação (66,4%; P25=37,3; P75=99,4) ($p=0,027$).

### IV. Perímetro do Gémeo

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores do PG entre momentos de avaliação.

Quando estratificada a variação do PG por perfil metabólico, também não se encontraram diferenças significativas entre perfis nem no 1.º ($p=0,363$), nem no 2.º momento de avaliação ($p=0,871$), tal como apresentado na Tabela 9 (Apêndice L). Mais ainda, o estudo da associação entre o GER e a variação do PG revelou a inexistência de correlações significativas, independentemente do momento de avaliação. Por outro lado, observaram-se correlações positivas fracas entre a AE e a variação do PG, embora também sem significado estatístico.

Por fim, também não se verificou a existência de correlação significativa entre a variação do BHA e a variação do PG ($p=0,454$).

## Discussão

O presente estudo teve como objetivo comparar o GER do DC avaliado por CI com o estimado por equações preditivas (HB e MSJ) e regras de bolso da ESPEN e avaliar a existência de associação entre o dispêndio energético e a variação do PG. Os

resultados obtidos demonstraram que houve diferenças estatisticamente significativas entre o GER medido por CI e o estimado pela equação preditiva de MSJ e pela regra de bolso da ESPEN, bem como a ausência de associação entre o dispêndio energético e a variação do PG ao longo do internamento.

Relativamente às NE a discrepância encontrada entre o GER medido por CI e o estimado por equações preditivas e regras de bolso corrobora a evidência atual, que reconhece estes métodos como pouco fiáveis e inseguros para serem utilizados em contexto de UCI, podendo mesmo atingir imprecisões que podem ir até 60%. [6, 8] Esta imprecisão deve-se, sobretudo, ao facto de o DC apresentar um GER dinâmico, que varia consoante a fase metabólica, a gravidade clínica e os fatores induzidos pelos tratamentos ou resultantes de intervenção médica[7-9], variáveis cujas equações preditivas ou regras de bolso, originalmente desenvolvidas para populações saudáveis ou para contextos clínicos distintos, não têm em conta.

Neste estudo ficou claro que a equação de HB foi a que revelou maior precisão clínica, com 36,4% dos doentes a apresentarem uma estimativa de GER com erro inferior a 10% relativamente ao valor medido por CI. Este resultado aproxima-se do encontrado por Kross EK et al., que, numa amostra de 927 doentes ventilados mecanicamente, identificaram igualmente a HB como a equação preditiva mais precisa entre as analisadas, ainda que com uma taxa de precisão inferior (31,3% dos doentes com erro dentro de 10%).[22] Embora ambas as taxas evidenciem uma aproximação ao método de referência, comparativamente aos restantes métodos, é de ressalvar que mesmo a equação de HB continua a não ser suficiente para ser utilizada com segurança aquando da prescrição nutricional.

Desta forma, esta constatação reforça a recomendação internacional da utilização da CI como método de referência com maior precisão para determinar o GER, sempre que disponível.[6]

Os resultados do estudo mostraram que tanto a equação de HB como a equação de MSJ subestimaram o GER, ao contrário da regra de bolso da ESPEN que demonstrou uma sobrestimação do mesmo, em ambos os momentos de avaliação. Importa ressaltar que relativamente à regra de bolso da ESPEN, esta sobrestimação não se manteve constante entre os 2 momentos, tendo-se revelado particularmente acentuada na 2.ª avaliação, o que se pode traduzir num risco de sobrealimentação associado à sua utilização. Estes dados permitem inferir, mais uma vez, que a adoção destes métodos na prática clínica não é viável, podendo mesmo traduzir-se em consequências graves tais como: aumento do risco de infeções e de falência de órgãos, no caso de subalimentação; em contraste com a sobrealimentação que pode provocar hiperglicemia, hipertrigliceridemia, esteatose hepática e hipercapnia.[7, 9]

A diferença de GER entre sexos, constatada no 1.º momento de avaliação, mas ausente no 2.º momento, poderá refletir a maior MME inicial nos homens e um catabolismo muscular subsequente mais pronunciado, que atenua essa diferença entre os 2 momentos de avaliação. Este dado está de acordo com a evidência encontrada por Heymsfield SB et al., de que a MME constitui o principal determinante do GER, essencialmente no sexo masculino.[14] Por sua vez, a ausência de diferenças estatisticamente significativas no GER entre classes de admissão sugere que, neste estudo, o valor do GER foi independente da etiologia que motivou a admissão do DC na UCI.

No que diz respeito ao AED, verificou-se um aumento significativo entre momentos de avaliação, evidenciando uma progressão efetiva da intervenção nutricional ao longo do internamento, o que vai ao encontro do que a evidência atual recomenda: que o aporte inicial não deve exceder 70% do GER e que numa fase posterior este pode ser aumentado gradualmente até 80-100% do GER.[6] Adicionalmente, as diferenças estatisticamente significativas encontradas entre o GER avaliado por CI e o AED fornecido aos doentes em ambos os momentos de avaliação indicam que independentemente da fase em que o DC se encontra, o AED administrado não atingiu o GER medido por CI.

O DE verificado no 1º momento de avaliação e, ainda que de menor magnitude, no 2º momento, sugere a persistência de um estado de subalimentação ao longo do período avaliado, dados estes que reforçam a evidência atual sobre a importância de determinar precisamente as NE reais de cada doente, com vista à otimização do suporte nutricional.[9]

A diferença entre a AE da 1.ª e da 2.ª avaliação mostrou que, embora tenha aumentado, existiu uma ampla dispersão dos valores de AE em ambos os momentos (refletida nos percentis 25 e 75), o que indica uma heterogeneidade considerável entre doentes, que poderá estar relacionada com diferenças na tolerância gastrointestinal, na gravidade clínica ou até mesmo nas decisões médicas individualizadas.

Por fim, e em oposição à possível relação fisiopatológica entre o GER e a perda de massa muscular que motivou o presente estudo, não se observaram diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito à variação do PG entre os dois momentos de avaliação, nem uma associação entre o GER, o perfil metabólico e

a AE com a variação do PG. Uma possível explicação pode ter a ver com o facto de o PG ser particularmente suscetível à influência do edema periférico[17], uma condição comum no DC e que poderá ter mascarado as variações reais de massa muscular, sobretudo num contexto de balanços hídricos consecutivamente positivos. Embora não tenha sido encontrada uma associação entre a variação do BHA e a variação do PG no presente estudo, este facto não permite excluir esta interferência, podendo antes refletir os mais variados fatores que afetam simultaneamente este parâmetro.

Neste sentido, são necessários mais estudos com um maior período experimental e amostras mais representativas, que permitam esclarecer de forma mais consistente o valor prognóstico do perfil metabólico e da variação do PG.

**Pontos Fortes e Limitações**

O presente estudo apresenta algumas limitações e pontos fortes. No que diz respeito às limitações, salientam-se o baixo tamanho da amostra, sobretudo na subamostra prospetiva (n=21) — reflexo do período de recolha e da própria natureza da UCI, onde o número de doentes elegíveis é limitado — condicionando o poder estatístico, e a perda de seguimento de alguns doentes, por transferência ou extubação antes da 2.ª avaliação. No que aos pontos fortes diz respeito, destaca-se o conhecimento exato do AED administrado a cada doente em cada momento, sem recurso a estimativas indiretas, através da avaliação do GER por CI.

**Conclusões e Considerações finais**

Em suma, este estudo veio comprovar que as equações preditivas e regras de bolso não substituem a CI, atualmente considerada o melhor método para avaliar o GER

no DC. Apesar do bom desempenho apresentado pela equação de HB, esta apresentou um erro superior a 10% em mais de metade dos casos.

O AED em nenhum momento esteve ajustado ao GER medido por CI, o que reforça a necessidade de intervir nutricionalmente nestes doentes de forma individualizada. Quanto à variação do PG, o estudo não demonstrou a associação inicialmente esperada com o GER ou o perfil metabólico.

**Agradecimentos**

Um especial agradecimento à Dra. Mariana Santos Silva e ao Professor Rui Poinhos por todo o apoio na realização deste trabalho.

**Referências**

1. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. Clin Nutr. 2019; 38(1):48–79.
2. Lew CCH, Yandell R, Fraser RJL, Chua AP, Chong MFF, Miller M. Association Between Malnutrition and Clinical Outcomes in the Intensive Care Unit: A Systematic Review. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. 2017; 41(5):744–58.
3. Hejazi N, Mazloom Z, Zand F, Rezaianzadeh A, Amini A. Nutritional Assessment in Critically Ill Patients. Iran J Med Sci. 2016; 41(3):171–9.
4. Achamrah N, Delsoglio M, De Waele E, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry: The 6 main issues. Clinical Nutrition. 2021; 40(1):4–14.
5. Stoian M, Andone A, Bândilă SR, Onișor D, Babă DF, Niculescu R, et al. Personalized Nutrition Strategies for Patients in the Intensive Care Unit: A Narrative Review on the Future of Critical Care Nutrition. Nutrients. 2025; 17(10)
6. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Calder PC, Casaer M, Hiesmayr M, et al. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. Clin Nutr. 2023; 42(9):1671–89.
7. Preiser JC, van Zanten AR, Berger MM, Biolo G, Casaer MP, Doig GS, et al. Metabolic and nutritional support of critically ill patients: consensus and controversies. Crit Care. 2015; 19(1):35.
8. Sousa G, Mendes I, Tavares L, Brotas Carvalho R, Henriques M, Costa H. Indirect Calorimetry as an Instrument of Research to Identify the Effect of Hypermetabolism in Critical Patients' Prognosis. Cureus. 2021; 13(9):e17784.
9. Delsoglio M, Achamrah N, Berger MM, Pichard C. Indirect Calorimetry in Clinical Practice. J Clin Med. 2019; 8(9)
10. De Waele E, Jonckheer J, Wischmeyer PE. Indirect calorimetry in critical illness: a new standard of care? Curr Opin Crit Care. 2021; 27(4):334–43.
11. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. Proc Natl Acad Sci U S A. 1918; 4(12):370–3.
12. Zusman O, Kagan I, Bendavid I, Theilla M, Cohen J, Singer P. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: A retrospective validation. Clinical Nutrition. 2019; 38(3):1206–10.
13. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NEP, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. Clinical Nutrition. 2006; 25(2):210–23.
14. Heymsfield SB, Smith B, Dahle J, Kennedy S, Fearnbach N, Thomas DM, et al. Resting Energy Expenditure: From Cellular to Whole-Body Level, a Mechanistic Historical Perspective. Obesity (Silver Spring). 2021; 29(3):500–11.
15. Šostakaitė G, Šalčiūtė-Šimėnė E, Svetikienė M, Danilenko S, Klimašauskas A, Šipylaitė J. Assessment of muscle wasting in intensive care unit patients with and without COVID-19 using ultrasound imaging and bioimpedance analysis. BMC Anesthesiol. 2026; 26(1)
16. Maffini LF, de Paula TP, Viegas GM, Souza GC, Steemburgo T. Calf circumference is a useful muscle mass marker for predicting length of stay and

mortality: A secondary analysis of a cohort study in hospitalized individuals. Nutrition. 2025; 138:112819.
17. Ishida Y, Maeda K, Nonogaki T, Shimizu A, Yamanaka Y, Matsuyama R, et al. Impact of edema on length of calf circumference in older adults. Geriatr Gerontol Int. 2019; 19(10):993–98.
18. Quetelet LA. A treatise on man and the development of his faculties. 1842. Obes Res. 1994; 2(1):72–85.
19. McClave SA, Taylor BE, Martindale RG, Warren MM, Johnson DR, Braunschweig C, et al. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Adult Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2016; 40(2):159–211.
20. Koekkoek WAC, Xiaochen G, van Dijk D, van Zanten ARH. Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO<sub>2</sub> derived method in critically ill patients: The DREAM-VCO<sub>2</sub> prospective comparative study. Clinical Nutrition ESPEN. 2020; 39:137–43.
21. Organization WH. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. WHO Technical Report Series. 2000.
22. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. J Crit Care. 2012; 27(3):321.e5–12.

## Apêndices

### Índice de Apêndices

Apêndice A-Tabela 1 .....20

Apêndice B-Tabela 2 .....21

Apêndice C-Tabela 3 .....22

Apêndice D-Gráfico 1 .....23

Apêndice E-Tabela 4 .....24

Apêndice F-Tabela 5 .....25

Apêndice G-Tabela 6 .....26

Apêndice H-Gráfico 2 .....27

Apêndice I-Tabela 7 .....28

Apêndice J-Gráfico 3 .....29

Apêndice K-Tabela 8 .....30

Apêndice L-Tabela 9 .....31

## Apêndice A-Tabela 1

Tabela 1. Cronograma de recolha de dados.

| Momento | Subamostra Retrospetiva (n=34) | Subamostra Prospetiva (n=21) |
|---|---|---|
| Dia da Admissão na UCI | Sexo, idade, peso corporal, altura, IMC, data da admissão, motivo da admissão, Escala de Coma de Glasgow, Escala de RASS, SAPS II, APACHE II, NUTric Score, SOFA e Proteína C Reativa | Sexo, idade, peso corporal, altura, IMC, data da admissão, motivo da admissão, Escala de Coma de Glasgow, Escala de RASS, SAPS II, APACHE II, NUTric Score, SOFA e Proteína C Reativa |
| Primeiras 96 horas (1º avaliação) | GER medido por CI, coeficiente respiratório, propofol, soros glicosados, tipo de suporte nutricional, BHA e Proteína C Reativa | GER medido por CI, coeficiente respiratório, propofol, soros glicosados, tipo de suporte nutricional, BHA, Proteína C Reativa e PG |
| Entre o 7º e o 11º dia (2º avaliação) | | GER medido por CI, coeficiente respiratório, propofol, soros glicosados, tipo de suporte nutricional, BHA, Proteína C Reativa e PG |
| Dia da alta da UCI | Balanço hídrico total do internamento, SOFA , dias de ventilação mecânica, tempo de internamento na UCI e estado clínico à saída da UCI | Balanço hídrico total do internamento, SOFA, dias de ventilação mecânica, tempo de internamento na UCI e estado clínico à saída da UCI |
| Dia da alta hospitar | Reinternamento na UCI e estado clínico à saída do hospital | Reinternamento na UCI e estado clínico à saída do hospital |

## Apêndice B-Tabela 2

Tabela 2. Caracterização da Amostra Total e das Subamostras Retrospetiva e Prospetiva.

| | Amostra Total (n=55) n (%) | Subamostra Retrospetiva (n=34) n (%) | Subamostra Prospetiva (n=21) n (%) |
|---|---|---|---|
| Sexo | | | |
| Masculino | 38 (69,1) | 25 (73,5) | 13 (61,9) |
| Feminino | 17 (30,9) | 9 (26,5) | 8 (38,1) |
| Classes de IMC | | | |
| Baixo Peso | 1 (1,8) | 1 (2,9) | 0 (0,0) |
| Peso normal | 23 (41,8) | 15 (44,1) | 8 (38,1) |
| Excesso de Peso | 22 (40,0) | 13 (38,2) | 9 (42,9) |
| Obesidade Grau I | 6 (10,9) | 3 (8,8) | 3 (14,3) |
| Obesidade Grau II | 2 (3,6) | 1 (2,9) | 1 (4,8) |
| Obesidade Grau III | 1 (1,8) | 1 (2,9) | 0 |
| Classe de Admissão | | | |
| Cirúrgico | 3 (5,5) | 3 (8,8) | 0 (0,0) |
| Médico | 26 (47,3) | 13 (38,2) | 13 (61,9) |
| Neurocrítico | 6 (10,9) | 6 (17,6) | 0 (0,0) |
| Politrauma | 19 (34,5) | 12 (35,3) | 7 (33,3) |
| Transplante | 1 (1,8) | 0 (0,0) | 1 (4,8) |
| Estado à Saída da UCI | | | |
| Falecido | 8 (14,5) | 5 (14,7) | 3 (14,3) |
| Melhorado | 47 (85,5) | 29 (85,3) | 18 (85,7) |
| Reinternamento na UCI | | | |
| Não Reinternado | 51 (92,7) | 32 (94,1) | 19 (90,5) |
| Reinternado | 4 (7,3) | 2 (5,9) | 2 (9,5) |
| Estado à Saída do Hospital | | | |
| Falecido | 10 (18,2) | 6 (17,6) | 4 (19,0) |
| Melhorado | 45 (81,8) | 28 (82,4) | 17 (81,0) |

## Apêndice C-Tabela 3

Tabela 3. Caracterização da Amostra Total e das Subamostras Retrospetiva e Prospetiva.

| Estatística Descritiva | Amostra Total (n=55) | | Subamostra Retrospetiva (n=34) | | Subamostra Prospetiva (n=21) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | Média ± DP | n | Média ± DP | n | Média ± DP |
| Idade (anos) | 55 | 61 ± 15 | 34 | 61 ± 14 | 21 | 62 ± 18 |
| Peso Estimado (kg) | 55 | 72,4 ± 16,0 | 34 | 72,9 ± 18,4 | 21 | 71,6 ± 11,5 |
| Altura (m) | 55 | 1,66 ± 0,10 | 34 | 1,67 ± 0,08 | 21 | 1,65 ± 0,12 |
| IMC (kg/m2) | 55 | 26,3 ± 5,6 | 34 | 26,2 ± 6,2 | 21 | 26,4 ± 4,5 |
| Perímetro do Gémeo T0 (cm) | 21 | 32,74 ± 4,29 | 0 | – | 21 | 32,74 ± 4,29 |
| GER Estimado HB T0 (kcal/d) | 55 | 1368,19 ± 192,68 | 34 | 1376,55 ± 209,57 | 21 | 1354,66 ± 165,69 |
| GER Estimado MSJ T0 (kcal/d) | 55 | 1294,98 ± 226,13 | 34 | 1306,87 ± 236,81 | 21 | 1275,73 ± 211,90 |
| GER Estimado 25kcal T0 (kcal/d) | 55 | 1810,91 ± 400,02 | 34 | 1823,53 ± 460,11 | 21 | 1790,48 ± 286,38 |
| GER CI T0 (kcal) | 55 | 1485,15 ± 439,66 | 34 | 1509,65 ± 481,98 | 21 | 1445,48 ± 368,70 |
| Aporte Energético Diário T0 (kcal/d) | 55 | 1024,05 ± 704,70 | 34 | 1184,23 ± 663,36 | 21 | 764,72 ± 707,47 |
| Défice Energético T0 (kcal/d) | 55 | 461,09 ± 811,08 | 34 | 325,42 ± 768,16 | 21 | 680,76 ± 848,90 |
| Adequação Energética T0 (%) | 55 | 74,89 ± 59,20 | 34 | 86,31 ± 60,94 | 21 | 56,40 ± 52,49 |
| Balanço Hídrico Acumulado T0 (ml) | 55 | 4205,26 ± 4485,35 | 34 | 2641,41 ± 4194,62 | 21 | 6737,21 ± 3794,64 |
| Perímetro do Gémeo T1 (cm) | 16 | 33,49 ± 5,90 | 0 | – | 16 | 33,49 ± 5,90 |
| GER Estimado HB T1 (kcal/) | 16 | 1352,31 ± 148,17 | 0 | – | 16 | 1352,31 ± 148,17 |
| GER Estimado MSJ T1 (kcal/d) | 16 | 1271,81 ± 195,30 | 0 | – | 16 | 1271,81 ± 195,30 |
| GER Estimado 30kcal T1 kcal/d) | 16 | 2192,81 ± 327,27 | 0 | – | 16 | 2192,81 ± 327,27 |
| GER CI T1 (kcal/d) | 16 | 1593,06 ± 404,46 | 0 | – | 16 | 1593,06 ± 404,46 |
| Aporte Energético Diário T1 (kcal/d) | 16 | 1148,18 ± 766,11 | 0 | – | 16 | 1148,18 ± 766,11 |
| Défice Energético T1 (kcal/d) | 16 | 444,88 ± 773,38 | 0 | – | 16 | 444,88 ± 773,38 |
| Adequação Energética T1 (%) | 16 | 73,53 ± 49,93 | 0 | – | 16 | 73,53 ± 49,93 |
| Balanço Hídrico Acumulado T1 (ml) | 16 | 8984,84 ± 6803,17 | 0 | – | 16 | 8984,84 ± 6803,17 |
| Δ Perímetro do Gémeo (cm) | 16 | -0,38 ± 2,46 | 0 | – | 16 | -0,38 ± 2,46 |
| Δ Balanço Hídrico Acumulado (ml) | 16 | 1886,69 ± 4602,12 | 0 | – | 16 | 1886,69 ± 4602,12 |
| Tempo de Internamento UCI (dias) | 55 | 16 ± 11 | 34 | 15 ± 12 | 21 | 19 ± 9 |

T0: 1.º Momento de avaliação | T1: 2.º Momento de avaliação

**Apêndice D-Gráfico 1**

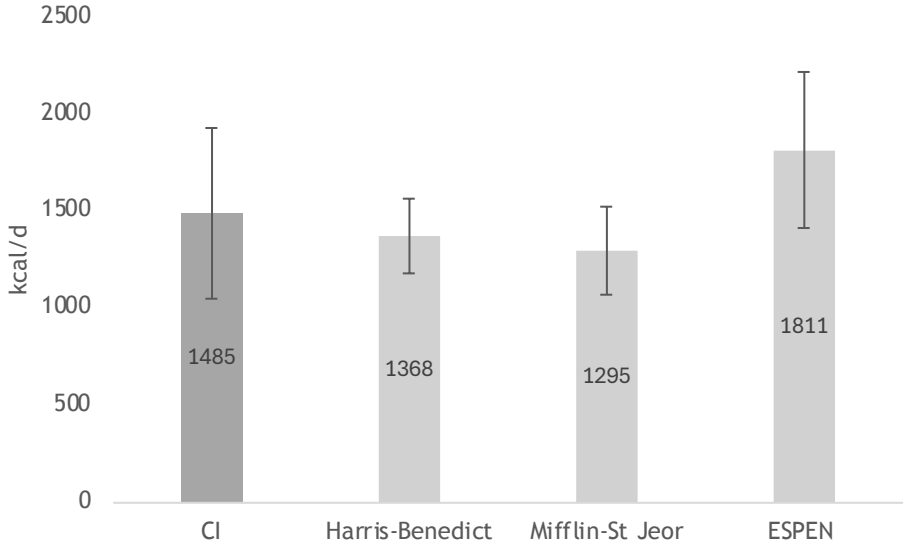



Gráfico 1. NE avaliadas por CI e estimadas pelos outros métodos de estimativa do GER, no 1º momento de avaliação.

## Apêndice E-Tabela 4

Tabela 4. Correlação entre as NE medidas por CI e as estimadas por todos os outros métodos de estimativa do GER, nos 2 momentos de avaliação.

| n=55 | GER CI 1.ª Avaliação (kcal/d) | | GER CI 2.ª Avaliação (kcal/d) | |
|---|---|---|---|---|
| | R | p | R | p |
| Harris-Benedict | 0,446 | p<0,001* | 0,364 | 0,165 |
| Mifflin-St Jeor | 0,470 | p<0,001* | 0,311 | 0,240 |
| ESPEN | 0,432 | p<0,001* | 0,354 | 0,178 |

*Valor de p de acordo com a correlação de Pearson entre a CI e os outros métodos de avaliação. | *Valor de p significativo para o valor de confiança de 95%. | R: Coeficiente de Correlação de Pearson

**Apêndice F-Tabela 5**

Tabela 5. Diferenças entre o GER avaliado por CI e o estimado pelos outros 3 métodos, nos 2 momentos.

| n=55 | 1.ª Avaliação<br>Média ± DP<br>(kcal/d) | 2.ª Avaliação<br>Média ± DP<br>(kcal/d) |
|---|---|---|
| GER CI | 1485 ± 440 | 1593 ± 404 |
| Harris-Benedict | 1368 ± 193 | 1352 ± 148 |
| p | 0,191 | 0,131 |
| Mifflin-St Jeor | 1295 ± 226 | 1272 ± 195 |
| p | 0,004* | 0,030* |
| ESPEN | 1811 ± 400 | 2193 ± 327 |
| p | <0,001* | <0,001* |

*Valor de p de acordo com o teste ANOVA de medidas repetidas por comparação com as avaliações por CI |

*Valor de p significativo para o valor de confiança de 95%.

**Apêndice G-Tabela 6**

Tabela 6. Precisão clínica do GER estimado pelos 3 métodos.

| n=55 | Precisão (%) | | |
|---|---|---|---|
| | ≤10 | ≤15 | ≤20 |
| Harris-Benedict | 36,4 | 49,1 | 50,9 |
| Mifflin-St Jeor | 34,5 | 43,6 | 50,9 |
| ESPEN | 23,6 | 29,1 | 34,5 |

**Apêndice H-Gráfico 2**

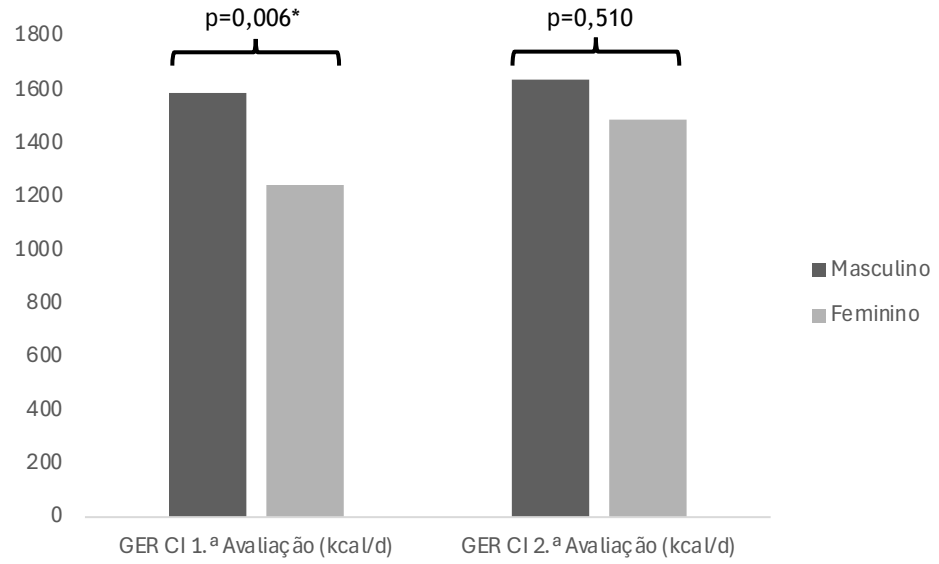



Gráfico 2. Evolução do GER CI ao longo do tempo, por sexo.

*Valor de p significativo para o valor de confiança de 95%.

## Apêndice I-Tabela 7

Tabela 7. Distribuição dos doentes por classes de admissão na UCI.

| n=55 | GER CI 1.ª Avaliação (kcal/d) Média ± DP | GER CI 2.ª Avaliação (kcal/d) Média ± DP |
|---|---|---|
| Cirúrgico | 2027 ± 467 | - |
| Médico | 1444 ± 412 | 1556 ± 376 |
| Neurocrítico | 1197 ± 513 | - |
| Politrauma | 1567 ± 391 | 1743 ± 477 |
| Transplante | 1111 ( não calculável; n=1) | 1213 ( não calculável; n=1) |
| p | 0,061 | 0,469 |

**Apêndice J-Gráfico 3**

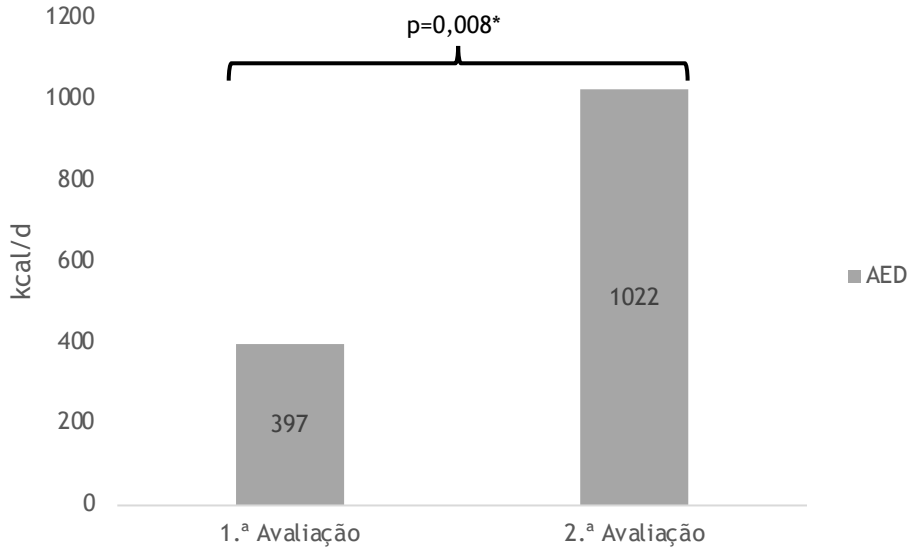



Gráfico 3. Diferenças entre o AED fornecido aos doentes nos 2 momentos.

*Valor de p significativo para o valor de confiança de 95%.

**Apêndice K-Tabela 8**

Tabela 8. Diferenças entre o GER avaliado por CI e o AED fornecido aos doentes em ambas as avaliações.

| n=55 | GER CI (kcal/d) Mediana (P25; P75) | AED (kcal/d) Mediana (P25; P75) | p |
|---|---|---|---|
| 1.ª Avaliação | 1389 (1124; 1840) | 1045 (430; 1739) | <0,001* |
| 2.ª Avaliação | 1470 (1313; 1953) | 1022 (574; 1872) | 0,026* |

*Valor de p significativo para o valor de confiança de 95%.

## Apêndice L-Tabela 9

Tabela 9. Estratificação da variação do PG por perfil metabólico.

| n=16 | ΔPerímetro do Gémeo (cm) | |
|---|---|---|
| | 1.ª Avaliação<br>Mediana (P25; P75) | 2.ª Avaliação<br>Mediana (P25; P75) |
| Perfil Isometabólico | −0,1 (−0,8; 1,6); n=6 | 1,6 (−2,0; —); n=3 |
| Perfil Hipometabólico | −1,6 (−2,6; 1,9); n=5 | −1,7 (−3,1; —); n=3 |
| Perfil Hipermetabólico | −2,3 (−3,0; 1,7); n=5 | −0,4 (−2,5; 0,3); n=10 |
| p | 0,363 | 0,871 |

