



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS
CURSO DE NUTRIÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

EMILLY CAROLINE SILVA LIMA

**GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM PACIENTES COM DIABETES
MELLITUS TIPO 2: AVALIAÇÃO POR CALORIMETRIA INDIRETA E EQUAÇÕES
PREDITIVAS**

São Luís - MA

2026

EMILLY CAROLINE SILVA LIMA

**GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM PACIENTES COM DIABETES
MELLITUS TIPO 2: AVALIAÇÃO POR CALORIMETRIA INDIRETA E EQUAÇÕES
PREDITIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
banca de defesa do Curso de Graduação em
Nutrição de Universidade Federal do Maranhão
para obtenção de grau de Bacharel em Nutrição.

Orientadora: Prof. Dra. Priscila Sousa Barcellos

SÃO LUÍS

2026

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva Lima, Emilly Caroline.

Gasto Energético de Repouso em Pacientes com Diabetes Mellitus Tipo: Avaliação por Calorimetria Indireta e Equações Preditivas / Emilly Caroline Silva Lima. - 2026. 78 p.

Orientador(a): Priscila Sousa Barcellos.

Curso de Nutrição, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2026.

1. Diabetes Tipo 2. 2. Gasto Energético de Repouso. 3. Calorimetria Indireta. 4. Equações Preditivas. I. Sousa Barcellos, Priscila. II. Título.

EMILLY CAROLINE SILVA LIMA

**GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO EM PACIENTES COM DIABETES
MELLITUS TIPO 2: AVALIAÇÃO POR CALORIMETRIA INDIRETA E EQUAÇÕES
PREDITIVAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Nutrição
apresentado à banca de defesa do Curso de
Graduação em Nutrição da Universidade Federal
do Maranhão.

Aprovado em 22 de janeiro de 2026. Nota: 10

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Priscila Sousa Barcellos
Doutora em Nutrição Clínica
Universidade Federal do Maranhão
Orientadora

Prof. Dr. Marlon Lemos de Araújo
Doutor em Ciências da Saúde
Universidade Federal do Maranhão
Examinador

Prof. Dr. Wellington Santana da Silva Junior
Doutor em Saúde
Universidade Federal do Maranhão
Examinador

Para minha mãe, minha fonte mais rica de amor, calor e motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, **a mim mesma**. Por toda persistência, resiliência e determinação. Por ter acreditado nos meus sonhos e seguido em frente. Por cada lágrima contida, cada renúncia silenciosa, e por não ter deixado que o medo fosse maior do que a vontade de vencer. Por isso, me reconheço nesta conquista, sem a minha dedicação e esforço, nada disso teria sido possível.

Agradeço profundamente à **minha família**, que foi a base sólida sobre a qual construí meus passos. Cada gesto de apoio e carinho, cada palavra de incentivo, cada abraço silencioso teve um impacto muito maior do que as palavras conseguem traduzir. Foram vocês que, desde o início, me ensinaram o valor do esforço, da humildade e do amor.

À **Josenilce Lima**, minha mãe, meu coração transborda em gratidão. Uma mulher forte, guerreira, incansável e extraordinária, você sempre foi meu porto seguro. Seu exemplo de coragem e sacrifício me ensinou a seguir em frente mesmo diante das maiores dificuldades. Obrigada por todas as vezes em que renunciou a si mesma para oferecer o melhor aos seus filhos. Por cada madrugada mal dormida, por cada oração silenciosa, por cada conselho cheio de sabedoria. Sem você, eu não estaria aqui. Essa conquista é tão sua quanto minha.

Ao meu irmão **Júnior Lima**, meu companheiro de vida, obrigada por me ouvir nas horas difíceis, por me lembrar do meu valor quando eu esquecia, por me fazer rir quando tudo parecia pesar demais. Sua presença constante foi um alívio nos momentos mais tensos dessa caminhada. Obrigada por me oferecer apoio emocional e por acreditar em mim mesmo quando eu não conseguia.

Ao meu pai, **Magno Lima** que já não está mais fisicamente entre nós, deixo minha homenagem e minha saudade. A sua ausência foi sentida em cada conquista, mas o seu amor segue presente em minha memória, me dando força silenciosa. Guardo com carinho tudo o que vivemos, e levo comigo os ensinamentos e o orgulho de ser sua filha.

Às minhas tias, **Liliane Reis** e **Viviane Pinheiro**, mulheres de alma generosa e coração acolhedor, meu sincero agradecimento. Obrigada por estarem sempre presentes, oferecendo cuidado, palavras de conforto e incentivo. Vocês foram abrigo e incentivo, e o amor que recebi de vocês foi essencial para que eu seguisse firme.

À minha amiga **Sabrina Sousa**, minha irmã de alma, meu muito obrigada. Sua amizade foi um presente que a vida me deu. Obrigada por me acolher nos dias mais nublados, por me fazer companhia nos silêncios e por sempre me lembrar da minha força. Obrigada pela sua torcida silenciosa e pelo amor sincero. Sua lealdade e presença constante fizeram toda a diferença nessa jornada.

À **Amanda Rodrigues**, agradeço imensamente por ter caminhado ao meu lado com tanta generosidade. Você esteve presente nos dias bons e nos dias difíceis, e sua amizade foi um dos presentes mais valiosos que a vida acadêmica me proporcionou. Obrigada por compartilhar o peso das responsabilidades, por me ouvir com paciência, por oferecer sua ajuda sem que eu precisasse pedir.

Agradeço à minha amiga **Dyonara Sousa**, a quem tive a oportunidade de conhecer ainda na graduação. Sua presença ao longo de todas as etapas deste trabalho foi marcada por apoio constante, incentivo, parceria e disposição em ajudar, tornando o processo mais leve e significativo. Sua amizade e colaboração foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradeço também ao grupo **BTS**, onde trajetória artística e as mensagens de perseverança, autoconhecimento e constância foram fortes fonte de inspiração. Como cita o verso da música *“Life Goes On”*: *“como um eco na floresta, o dia sempre volta a nascer”*. Essa mensagem serviu como um lembrete de que os desafios fazem parte do processo, mas não interrompem o avanço, contribuindo significativamente para a manutenção da motivação, do equilíbrio emocional e da resiliência necessários à conclusão deste trabalho.

À minha orientadora, **Dra. Priscila Barcellos**, minha profunda gratidão pela orientação cuidadosa, pela escuta generosa e pela paciência durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Obrigada por acreditar na minha capacidade, por respeitar minhas ideias e por me guiar com seriedade e dedicação. Sua sensibilidade, competência e incentivo foram fundamentais para que este trabalho se concretizasse.

“Hoje, eu sou o que sou com todos os meus defeitos e erros. Amanhã, eu posso ser um pouco mais sábio, e isso também será eu. Essas falhas e erros são o que eu sou, compondo as estrelas mais brilhantes da constelação da minha vida. Eu aprendi a me amar pelo o que eu sou, pelo o que eu fui, e pelo o que eu espero me tornar.”

Kim Namjoon

RESUMO

Introdução: O Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) é um dos distúrbios metabólicos mais comuns no mundo, relacionado a fatores genéticos e ambientais, como ingestão calórica, composição de nutrientes e inatividade física. Dessa forma, a terapia nutricional é a principal estratégia para o controle glicêmico. Avaliar a precisão das equações preditivas é fundamental, pois pacientes com DM2 podem apresentar alterações metabólicas que influenciam suas necessidades energéticas. O objetivo deste estudo foi avaliar o gasto energético de repouso (GER) de pacientes diabéticos mensurado por calorimetria indireta (CI) e comparar com o gasto estimado por equações preditivas, verificando sua precisão. **Métodos:** O estudo incluiu 26 pacientes com DM2 internados no Centro Hospitalar São João, no Porto (Portugal). O GER foi medido por CI e estimado pelas equações de Harris-Benedict, Ireton-Jones, Barcellos, Huang et al., Martin et al. e Ikeda et al. A análise estatística foi realizada no SPSS IMB e apresentada em médias $\pm$ desvio padrão pelo teste U de Mann-Whitney, com $p = 0,05$. **Resultados:** O gasto energético de repouso medido por calorimetria indireta foi de $1767,06 \pm 664,10$ kcal/dia. As equações preditivas estimaram valores entre $1366,15 \pm 183,58$ e $1915,37 \pm 437,51$ kcal/dia, sendo Huang e Martin as mais próximas da calorimetria indireta. As equações de Harris-Benedict apresentaram viés negativo expressivo e o menor ICC, indicando baixa acurácia. Ireton-Jones, embora subestimativa, demonstrou melhor precisão e maior concordância com a CI. As equações de Barcellos superestimaram o GER, porém com baixa concordância. A equação de Ikeda apresentou a maior subestimativa, sendo a única com significância estatística para o ICC, apesar da fraca concordância clínica. **Conclusão:** Nenhuma equação apresentou desempenho ideal para estimar o GER em pacientes com DM2. A subestimação predominou, especialmente nas equações de Harris-Benedict e Ikeda, evidenciando limitações para uso individualizado. As equações de Huang e Martin tiveram desempenho superior, mas a variação entre métodos preditivos exige cautela, sobretudo em pacientes com DM2, que apresentam heterogeneidade metabólica relevante.

Palavras-chave: Diabetes tipo 2, Gasto energético de repouso, Calorimetria indireta, Equações preditivas.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes Mellitus (DM2) is one of the most common metabolic disorders in the world, related to genetic and environmental factors such as caloric intake, nutrient composition, and physical inactivity. Therefore, nutritional therapy is the main strategy for glycemic control. Evaluating the accuracy of predictive equations is fundamental, as patients with DM2 may present metabolic alterations that influence their energy needs. The objective of this study was to evaluate the resting energy expenditure (REE) of diabetic patients measured by indirect calorimetry (IC) and compare it with the expenditure estimated by predictive equations, verifying its accuracy. **Methods:** The study included 26 patients with DM2 hospitalized at the São João Hospital Center in Porto (Portugal). REE was measured by IC and estimated using the equations of Harris-Benedict, Ireton-Jones, Barcellos, Huang et al., Martin et al., and Ikeda et al. Statistical analysis was performed using SPSS IMB and presented as means $\pm$ standard deviation using the Mann-Whitney U test, with $p = 0.05$. **Results:** Resting energy expenditure measured by indirect calorimetry was 1767.06 ± 664.10 kcal/day. Predictive equations estimated values between 1366.15 ± 183.58 and 1915.37 ± 437.51 kcal/day, with Huang and Martin being the closest to indirect calorimetry. The Harris-Benedict equations showed a significant negative bias and the lowest ICC, indicating low accuracy. Ireton-Jones, although underestimating, demonstrated better precision and greater agreement with the CI. Barcellos' equations overestimated the REE, but with low agreement. Ikeda's equation showed the greatest underestimation, being the only one with statistical significance for the ICC, despite weak clinical agreement. **Conclusion:** No equation showed ideal performance for estimating REE in patients with type 2 diabetes. Underestimation predominated, especially in the Harris-Benedict and Ikeda equations, highlighting limitations for individualized use. The Huang and Martin equations performed better, but the variation between predictive methods requires caution, especially in patients with type 2 diabetes, who present significant metabolic heterogeneity.

Keywords: Type 2 diabetes, Resting energy expenditure, Indirect calorimetry, Predictive equations.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações usadas para estimar o gasto energético em repouso (GER).

Tabela 2. Características sociodemográficas e hábitos de vida dos pacientes.

Tabela 3. Frequência de comorbidades clínicas entre os pacientes avaliados.

Tabela 4. Características antropométricas e composição corporal dos pacientes.

Tabela 5. Volume de oxigênio, volume de dióxido de carbono e quociente respiratório dos pacientes.

Tabela 6. Avaliação de diferentes equações usadas para estimar o gasto energético em repouso (GER) no conjunto de validação ($n = 26$).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DM2 – Diabetes Mellitus Tipo 2

CI – Calorimetria Indireta

GER – Gasto Energético de Repouso

GET – Gasto Energético Total

BIA – impedância bioelétrica

ICC – Coeficiente de Correlação Intraclasse

BF – Fator Bayesiano

IMC – Índice de Massa Corpórea

PCT – Prega Cutânea Tricipital

CA – Circunferência Abdominal

GER-CI – Gasto Energético em Repouso medido por Calorimetria Indireta

QR – Quociente Respiratório

VCO₂ – Volume de Dióxido de Carbono

VO₂ – Volume de Oxigênio

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1. Teste de Bland-Altman mostrando a concordância e as diferenças entre o Gasto Energético em Repouso medido por Calorimetria Indireta (GER-CI) e o Gasto Energético em Repouso (GER) obtido por equações.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2 METODOLOGIA	Erro! Indicador não definido.
2.1 Perfil dos pacientes	Erro! Indicador não definido.
2.2 Medição do GER por calorimetria indireta (CI)	Erro! Indicador não definido.
2.3 Antropometria e composição corporal	Erro! Indicador não definido.
2.4 Análise dos Dados e Métodos Estatísticos.....	Erro! Indicador não definido.
3 RESULTADOS.....	Erro! Indicador não definido.
4 DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS.....	Erro! Indicador não definido.
ANEXO A - NORMAS DA REVISTA	Erro! Indicador não definido.

**Resting Energy Expenditure in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus:
Assessment by Indirect Calorimetry and Predictive Equations**

Emilly Caroline Silva Lima

emilly.caroline@discente.ufma.br

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS

Departamento de Ciências Fisiológicas

Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís - MA, 65080-805, São Luís -MA, Brasil.

Priscila Sousa Barcellos

priscila.barcellos@ufma.br

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS

Departamento de Ciências Fisiológicas

Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís - MA, 65080-805, São Luís - MA, Brasil.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes Mellitus (DM2) is one of the most common metabolic disorders in the world, related to genetic and environmental factors such as caloric intake, nutrient composition, and physical inactivity. Therefore, nutritional therapy is the main strategy for glycemic control. Evaluating the accuracy of predictive equations is fundamental, as patients with DM2 may present metabolic alterations that influence their energy needs. The objective of this study was to evaluate the resting energy expenditure (REE) of diabetic patients measured by indirect calorimetry (IC) and compare it with the expenditure estimated by predictive equations, verifying its accuracy.

Methods: The study included 26 patients with DM2 hospitalized at the São João Hospital Center in Porto (Portugal). REE was measured by IC and estimated using the equations of Harris-Benedict, Ireton-Jones, Barcellos, Huang et al., Martin et al., and Ikeda et al. Statistical analysis was performed using SPSS IMB and presented as means $\pm$ standard deviation using the Mann-Whitney U test, with $p = 0.05$.

Results: Resting energy expenditure measured by indirect calorimetry was 1767.06 ± 664.10 kcal/day. Predictive equations estimated values between 1366.15 ± 183.58 and 1915.37 ± 437.51 kcal/day, with Huang and Martin being the closest to indirect calorimetry. The Harris-Benedict equations showed a significant negative bias and the lowest ICC, indicating low accuracy. Ireton-Jones, although underestimating, demonstrated better precision and greater agreement with the CI. Barcellos' equations overestimated the REE, but with low agreement. Ikeda's equation showed the greatest underestimation, being the only one with statistical significance for the ICC, despite weak clinical agreement.

Conclusion: No equation showed ideal performance for estimating REE in patients with type 2 diabetes. Underestimation predominated, especially in the Harris-Benedict and Ikeda equations, highlighting limitations for individualized use. The Huang and Martin equations performed better, but the variation between predictive methods requires caution, especially in patients with type 2 diabetes, who present significant metabolic heterogeneity.

Keywords: Type 2 diabetes, Resting energy expenditure, Indirect calorimetry, Predictive equations

