UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO

ANA CLAUDIA ROSSINI VENTURINI

**Metabolismo energético multicompartimental: modelos preditivos
derivados da DXA**

RIBEIRÃO PRETO
2017

ANA CLAUDIA ROSSINI VENTURINI

**Metabolismo energético multicompartimental: modelos preditivos
derivados da DXA**

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Ciências na área de Educação Física e Esporte.

Área de concentração: Atividade Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes
Machado

RIBEIRÃO PRETO

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Rossini-Venturini, Ana Claudia

Metabolismo energético multicompartimental: modelos preditivos derivados da DXA. Ribeirão Preto, 2017.

90 p.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (EEFERP/USP). Área de concentração: Atividade Física e Esporte.

Orientador: Machado, Dalmo Roberto Lopes.

1. Composição Corporal. 2. Metabolismo Energético. 3. Absorciometria de Fóton. 4. Adulto Jovem. 5. Calorimetria Indireta.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ROSSINI-VENTURINI, A. C. **Metabolismo energético multicompartimental:** modelos preditivos derivados da DXA. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Educação Física e Esporte) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. (a) Dr. (a) Analiza Mónica Silva _____

Instituição: Faculdade de Motricidade Humana - Universidade de Lisboa Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof. (a) Dr. (a) Camila de Moraes _____

Instituição: Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de Ribeirão Preto (EEFERP-USP) Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof. (a) Dr. (a) Vivian Marques Miguel Suen _____

Instituição: Faculdade de Medicina da Universidade de Ribeirão Preto (FMRP-USP)
Assinatura: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que essa dissertação chegasse ao fim, os meus mais profundos agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** pelo dom da vida e por todas as vezes que me carregou no colo nos momentos que mais precisei.

Ao **Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado**, por ser, além de um orientador admirável, um grande amigo que esteve sempre presente, pronto para apoiar e esclarecer qualquer dúvida. A sua paixão pela profissão é uma grande inspiração. Obrigada pela oportunidade de aprender com o senhor e pela confiança em mim depositada!

À **Prof. Dra. Camila de Moraes**, pelas importantes contribuições na fase inicial e ao longo desse trabalho. A sua experiência, conselhos e ensinamentos foram imprescindíveis para definição e execução desse trabalho, além de co-orientadora, uma grande amiga.

Ao **GEPEATE da EEFERP/USP**, foi um prazer compartilhar momentos de aprendizagem e troca de experiência com todos vocês. De maneira especial, gostaria de agradecer a todos que colaboraram nas coletas, a ajuda foi valiosa. Muito obrigada.

Ao **Prof. Dr. Eduardo Ferrioli** e a **Prof. Dra. Vivian Marques Miguel Suen**, pela inestimável ajuda e parceria realizada para as coletas.

À **Unidade de Pesquisa Clínica (UPC-HCFMRP-USP)**, sob a coordenação do **Dr. Eduardo Barbosa Coelho** pela parceria na realização dos exames de imagem. Obrigada por confiarem no nosso trabalho.

Aos **membros da banca avaliadora** desta dissertação: Profa. Dra. Analiza Mônica Silva, Profa. Dra. Camila de Moraes e Profa. Dra. Vivian Marques Miguel Suen, pela colaboração e sugestões ao trabalho.

Aos **voluntários** que participaram do estudo, pela disposição em ajudar, contribuindo com meu aprendizado e evolução como ser humano. Sem vocês este trabalho não seria possível.

Ao meu querido esposo **Diego**, obrigada por acreditar em mim e me ajudar na conquista desse sonho. Seu amor, carinho e compreensão foram imprescindíveis nessa etapa. Obrigada por tudo que faz pela nossa família.

Aos **meus pais Ademir e Maria José** e à **minha avó Idalina** pela compreensão, ao serem privados em alguns momentos da minha presença, carinho e atenção. Muito obrigada pelo apoio e por todos os ensinamentos.

À **família e aos amigos**, obrigada por torcerem e acreditarem em mim.

RESUMO

ROSSINI-VENTURINI, A. C. **Metabolismo energético multicompartimental: modelos preditivos derivados da DXA.** 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Gasto Energético de Repouso (GER) varia ao longo do tempo e apresenta efeitos práticos nas comparações interpessoais. O método tradicional para estimar GER não leva em conta as diferentes atividades metabólicas de órgãos, tecido ósseo (TO), tecido adiposo (TA), tecido músculo esquelético (TME) e cérebro. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o GER de adultos jovens brasileiros de forma multicompartimentada (DXA) referenciada por calorimetria indireta (CI). Uma amostra de 155 jovens universitários de ambos os sexos (18 a 30 anos) foi submetida a medidas antropométricas, estimativa de GER por CI e varredura de corpo total por DXA (nível molecular). Após a transformação dos componentes (DXA) para o nível órgão tecidular, foi determinado o GER de cada componente. A concordância (Bland-Altman) entre GER medido (CI) e predito (DXA) foi realizada para validação do modelo testado. Como a validação falhou um novo modelo foi desenvolvido (Regressão Linear - ENTER) e validado (PRESS) tendo como variável dependente as cinco variáveis geradas após a relativização do GER dado pela CI para o modelo testado mais a variável sexo. As análises foram realizadas com o pacote estatístico SPSS v. 20.0 (Chicago, IL); MedCalc® 2015 (v. 15.2); e Minitab® (v. 17.3.1), com nível de significância em $\alpha = 0,05$. Os resultados evidenciaram maiores valores de massa isenta de tecido adiposo (MITA), área craniana e tecido residual (TR) para os homens e menores valores de massa gorda (MG) e tecido adiposo (TA) do que as mulheres. Maiores gastos ($p < 0,001$) foram encontrados nos homens para todos os componentes em relação às mulheres, exceto no gasto do TA ($p < 0,001$). Nas comparações entre medido e predito diferenças ($p < 0,001$) foram encontradas para a amostra total, homens e mulheres. Dessa forma, equações específicas para cada componente foram propostas e validadas pela soma dos quadrados dos resíduos, nos coeficientes ($R^2_{\text{PRESS}} = 0,95; 0,73; 0,80; 0,16; 0,84$) e na confiabilidade de erro reduzido ($S_{\text{PRESS}} = 14,2; 1,8; 46,3; 48,1; 87,2$) para o gasto do TA, TO, TME, cérebro e TR. Em conclusão, essa abordagem traz implicações importantes para a avaliação e interpretação do metabolismo energético multicompartimental, considerando as diferenças interpessoais na produção de calor. É uma estratégia aplicável no contexto da saúde ou esporte, para prescrição de exercícios ou manipulação de dietas, pois retrata a magnitude de GER de cada componente corporal.

Palavras-Chave: Composição Corporal. Metabolismo Energético. Absorciometria de Fóton. Adulto Jovem. Calorimetria Indireta.

ABSTRACT

ROSSINI-VENTURINI, A. C. **Multicompartmental energy metabolism:** predictive models derived from DXA. 2017. 90 f. Thesis (Master 's degree) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Resting Energy Expenditure (REE) varies over time and has practical consequences for interpersonal comparisons. The traditional method to estimate REE does not take into account the metabolic activities of organs, bone tissue (BT), adipose tissue (AT), muscle tissue (MT) and brain. Therefore, the aim of this study was to determine the REE of Brazilian young adults from a multicompartmental way (DXA) referenced by indirect calorimetry (IC). A sample of 155 university students of both sexes (18-30 years) was submitted to anthropometric measurements, to estimate REE by IC and total body scan (DXA) of the molecular level. After transformation of DXA components to the organ-tissue level, the REE was determined for each component. The agreement (Bland-Altman) between measured REE (CI) and predicted (DXA) was carried out to validate the tested model. How validation failed, a new model was developed (Linear Regression - ENTER) and validated (PRESS) having as dependent variable the five variables generated after the relativization of the GER given by the IC for the model tested plus the sex variable. The analyzes were performed with the statistical package SPSS v. 20.0 (Chicago, IL); MedCalc® 2015 (v.15.2); and Minitab® (see 17.3.1), with significance level at $\alpha = 0.05$. The results showed higher values of adipose tissue free mass (ATFM), head area and residual tissue (RT) for men and lower values of fat mass (MG) and adipose tissue (AT) in relation to women. Higher expenditure ($p < 0.001$) were found in men for all components compared to women, except for AT ($p < 0.001$). In the comparisons between measured and predicted differences ($p < 0.001$) were found for the total sample, men and women. In this way, specific equations for each component were proposed and validated by the sum of the squares of the residues, in the coefficients ($R^2_{\text{PRESS}} = 0.95, 0.73, 0.80, 0.16, 0.84$) and the reduced error reliability ($S_{\text{PRESS}} = 14.2, 1.8, 46.3, 48.1, 87.2$) for the expenditure of AT, BT, MT, brain and RT. In conclusion, this approach has important implications for the evaluation and interpretation of multicompartmental energy metabolism considering the interpersonal differences in the production of heat. It is a strategy applicable in the context of health or sports, for prescription of exercises or manipulation of diets, as it portrays the magnitude of GER of each body component.

Keywords: Body composition. Energy Metabolism. Absorptiometry Photon. Young Adult. Calorimetry Indirect.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de composição corporal funcional. Os componentes corporais são organizados segundo os modelos tradicionais da composição corporal (à esquerda), bem como de acordo com a sua funcionalidade.....	26
Figura 2 – Fluxograma do recrutamento e coleta de dados.....	34
Figura 3 - Teste de calorimetria indireta com uso do canopy hood	35
Figura 4 - Posicionamento do avaliado no equipamento.....	37
Figura 5 - Representação relativa da composição corporal derivada da DXA seguida de transformação para o nível tecidual	44
Figura 6 - Estimativa do gasto energético de repouso GER_{Hayes} em homens e mulheres	46
Figura 7 - Gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta em homens e mulheres.....	47
Figura 8 - Componentes corporais e gasto energético de repouso dados por DXA, expressos em valores relativos para homens (a) e mulheres (b)	47
Figura 9 - Plotagem de Bland-Altman e nível de concordância entre o GER em kcal medido pela CI (GER_{CI}) e valores do GER estimado por DXA (GER_{Hayes})	49
Figura 10 - Relativização do GER_{Hayes} para o GER_{CI} para homens (a) e mulheres (b)	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equações preditivas para o gasto energético de repouso propostas por Harris e Benedict (1919), Schofield (1985) e FAO/WHO/UNU (1985).	22
Tabela 2 - Taxa metabólica específica para órgãos e tecidos	24
Tabela 3 - Transformação dos componentes DXA do nível molecular para o nível tecidual e gasto energético de cada componente	38
Tabela 4 - Descrição dos componentes corporais nos níveis: molecular e tecidual, determinados por DXA.....	43
Tabela 5 - Valores descritivos dos componentes corporais nos níveis: molecular e tecidual e teste de diferenças (Teste t) entre sexos	45
Tabela 6 - Validação entre GER_{Hayes} e GER_{CI}	48
Tabela 7 - Valores relativos médios do GER de cada componente, considerado sexo	51
Tabela 8 - Análise de regressão linear simples (método Enter), determinantes de multicolinearidade, coeficiente de correlação (r), determinação (r^2) e erro padrão da estimativa (EPE) para as variáveis do modelo.....	52
Tabela 9 - Validação pela soma dos quadrados PRESS, coeficientes de determinação (R^2_{PRESS}) e desvio (S_{PRESS}) para o GER do tecido adiposo, ósseo, músculo esquelético, cérebro e residual.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Composição corporal
CCF	Composição corporal funcional
CD	Calorimetria direta
CI	Calorimetria indireta
CMO	Conteúdo mineral ósseo
CV	Coeficiente de variação
DP	Desvio Padrão
DXA	Absorciometria de raios-x de dupla energia
EPE	Erro padrão da estimativa
GER	Gasto energético de repouso
GER _{Cérebro}	Gasto energético de repouso do cérebro
GER _{CI}	Gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta
GER _{CI-Cérebro}	Gasto energético de repouso do cérebro relativizado pela calorimetria indireta
GER _{CI-TA}	Gasto energético de repouso do tecido adiposo relativizado pela calorimetria indireta
GER _{CI-TME}	Gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético relativizado pela calorimetria indireta
GER _{CI-TO}	Gasto energético de repouso do tecido ósseo relativizado pela calorimetria indireta
GER _{CI-TR}	Gasto energético de repouso do tecido residual relativizado pela calorimetria indireta

GER_{Hayes}	Gasto energético de repouso Hayes et al., 2002
GER_{TA}	Gasto energético de repouso do tecido adiposo
GER_{TME}	Gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético
GER_{TO}	Gasto energético de repouso do tecido ósseo
GER_{TR}	Gasto energético de repouso do tecido residual
GET	Gasto energético total
IC	Intervalo de confiança
MC	Massa corporal
MG	Massa gorda
MITA	Massa isenta de tecido adiposo
MMII	Membro inferior
MMSS	Membro superior
MO	Massa óssea
MR	Massa Residual
MTM	Massa de tecido magro
MTMA	Massa de tecido magro apendicular
RM	Ressonância magnética
TA	Tecido Adiposo
TMB	Taxa metabólica basal
TME	Tecido músculo esquelético
TMEO	Taxa metabólica específica do órgão e tecido

TMMA	Tecido mole magro apendicular
TMR	Taxa metabólica de repouso
TO	Tecido ósseo
TR	Tecido residual
VCO ₂	Produção de gás carbônico
VO ₂	Consumo de oxigênio

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 Gasto Energético de Repouso a partir de equações preditivas	21
3.2 Gasto Energético de Repouso no nível tecidular	23
3.3 Composição Corporal Funcional	27
3.4 Determinação do gasto energético de repouso.....	27
3.4.1 Calorimetria Indireta.....	27
3.4.2 Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética	29
3.4.3 Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia – DXA.....	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Tipo de Estudo	31
4.2 Procedimentos do Estudo.....	31
4.3 Locais para Coleta dos Dados.....	32
4.4 Aspectos Éticos.....	32
4.5 Critérios de Inclusão	33
4.6 Critérios de Exclusão	33
4.7 Participantes da amostra	33
4.8 Coleta de dados.....	34
4.8.1 Resposta do questionário sobre estado de saúde	34
4.8.2 Medidas Antropométricas.....	34
4.8.3 Medida do gasto energético de repouso por Calorimetria Indireta	35
4.8.4 Varredura de corpo total por DXA	36
4.9 Transformação dos componentes: do nível molecular para tecidular.....	37
4.9.1 De massa gorda para tecido adiposo.....	38
4.9.2 De conteúdo mineral ósseo para tecido ósseo	38
4.9.3 De tecido mole magro apendicular para tecido muscular esquelético.....	39
4.9.4 De área craniana para cérebro	39
4.9.5 Tecido Residual	39

4.10	Estimativa de GER para cada componente	39
4.11	Qualidade dos Dados	40
5.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
5.1	Proposição do modelo.....	41
6.	RESULTADOS.....	43
6.1	Estimativa do gasto energético de repouso	44
6.2	Validação do modelo preditivo de Hayes para estimativa do GER por DXA.....	48
6.3	Proposição e Validação do método preditivo de GER, especificando os componentes corporais segmentados por DXA, considerando sexo.	50
6.4	Validação cruzada do modelo.....	52
7.	DISCUSSÃO	54
7.1	Estimativa do gasto energético de repouso considerando sexo	55
7.2	Validação do método preditivo do GER _{Hayes} para adultos jovens de ambos os sexos	57
7.3	Nova abordagem para avaliar o GER _{Hayes} em adultos	58
7.4	Validação cruzada do modelo preditivo	60
8.	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	APÊNDICES	79
	ANEXOS.....	85

1. INTRODUÇÃO

O equilíbrio energético acontece quando a entrada e o gasto de energia são iguais. Essa compensação de energia é importante para a manutenção da homeostase metabólica, pois, quando acontece um desequilíbrio, podem ocorrer importantes alterações na Composição Corporal (CC) ocasionando riscos metabólicos associados a doenças.

O gasto de energia de 24 horas ou diário varia ao longo do tempo e é composto, principalmente, pelos seguintes fatores: Gasto energético de repouso (GER) ou a taxa metabólica de repouso (TMR), efeito térmico dos alimentos (ETA), gasto de energia em atividades físicas ou exercício (USUI et al., 2011) e termorregulação (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011).

A Taxa metabólica basal (TMB) expressa o gasto de energia para suprir as necessidades metabólicas básicas. As medições acontecem logo após a pessoa acordar, em um estado pós-absortivo, ou seja, sem consumir alimentos por pelo menos 12 horas. A TMB é transformada em unidades de kcal/24 horas e também é denominada de gasto energético basal (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011) representando aproximadamente cerca de 50% a 70% do gasto energético total (GET) (RAVUSSIN; BOGARDUS, 1992).

Contrastando com a TMB, a TMR é avaliada quando a pessoa está em repouso em um ambiente confortável e estável a partir de 2 a 4 horas, e em jejum (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011). A TMR é um pouco maior do que a TMB (aproximadamente 10%), pois apresenta condições de avaliações mais limitadas. Assim, a TMR pode variar de 60% a 80% do GET (DANFORTH, 1985; USUI et al., 2009). Quando convertido em unidades de kcal/24 horas, é chamado de GER, componente importante para a estimativa de GET (USUI et al., 2011), especialmente quando se trata de pessoas sedentárias (ALFONZO-GONZALEZ et al., 2004).

Nesse sentido, o equilíbrio energético é uma área de importância no contexto do metabolismo e nutrição (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011). Na área da educação física e esportes, o uso de métodos mais acurados para determinação do GER se justifica, uma vez que favorece intervenções clínicas ou de readequação corporal mais precisa por diferentes profissionais da saúde (médicos, nutricionistas, educadores físicos, dentre outros) (MULLER et al., 2009).

Além do mais, sabe-se que a relação entre a produção de calor e a massa corporal (MC) é essencial quando as taxas de fluxo térmico ou energético são comparadas entre indivíduos de diferentes tamanhos, ou mais especificamente, na estimativa de produção de

calor (GALLAGHER et al., 1998). Assim, o aumento da Massa isenta de tecido adiposo (MITA) está associado a uma maior proporção de órgãos e tecidos de baixa taxa metabólica e menor proporção de órgãos com alta taxa metabólica (HEYMSFIELD et al., 2002). Desse modo, o impacto dessa distinção interpessoal pode ser decisivo para ações de intervenção com fins de modulação morfológica corporal, uma vez que a taxa de produção de energia por unidade de tecido metabolicamente ativo não é constante, mas varia sistematicamente em função do tamanho e tipo de tecido corporal analisado. As diferenças interpessoais são ainda mais relevantes quando considerado o GER em relação à produção de calor da “massa do tecido ativo”, um conceito identificado no início do século passado (RUBNER, 1902).

As relações entre os componentes do nível molecular e tecidular têm permitido o desenvolvimento de modelos preditivos para estimar o GER no nível tecidular (HEYMSFIELD et al., 2002), bem como a taxa metabólica específica proposta por Elia (1992a).

Uma abordagem capaz de prever GER de forma multicompartimental, incluindo tecido adiposo (TA), tecido músculo esquelético (TME), tecido ósseo (TO), tecido residual (TR) e cérebro, apresenta vantagens em relação aos modelos tradicionais (WANG et al., 2000), pois são específicos e interpessoais (BOSY-WESTPHAL et al., 2013). Assim, um modelo preditivo tecidular, por exemplo, poderia explorar as diferenças entre sujeitos (WANG et al., 2000) e reduzir vieses na estimativa do GER para diferentes tecidos corporais (HAYES et al., 2002).

O método de análise por imagem provê uma boa concepção do GER no nível tecidular (WANG et al., 2001a). Como as vantagens do uso da densitometria de raios-x de dupla energia (DXA) envolvem: exposição mínima de radiação, menor custo operacional, maior precisão na definição simultânea dos diferentes tecidos a partir de uma única varredura, requer participação mínima do voluntário, essa abordagem permite uma correção precisa para as variações que acontecem entre sujeitos no GER, que são explicadas pela CC (BOSY-WESTPHAL et al., 2004). Por exemplo, indivíduos com o mesmo peso podem apresentar estruturas distintas, consequentemente, gastos diferentes. Indivíduos com maior predominância óssea, por exemplo, apresentarão gastos menores do que indivíduos com maior predominância muscular, visto que os ossos apresentam taxa metabólica específica mais baixa.

Nesse sentido, a relação da produção de calor e MC representa um desafio para os pesquisadores modernos que, por uso de métodos convencionais, falham em quantificar a produção de calor de órgãos em seres humanos vivos (GALLAGHER et al., 1998).

Atualmente, um dos principais temas discutidos na fronteira do conhecimento é a questão sobre as trocas de energia e suas interações, quer em animais ou humanos, permanecendo importantes lacunas metodológicas na estimativa de GER de corpo total e no nível órgão tecidual (HEYMSFIELD; BOURGEOIS; THOMAS, 2017).

Dessa forma, estimar GER de forma multicompartimentada cria pressupostos para o desenvolvimento de modelos preditivos do GER interpessoal. Entretanto é desejável que sua aplicação clínica e de campo, considerem simplicidade do método, sem exigência de equipamentos caros e sofisticados. Embora, o GER no nível tecidual venha sendo utilizado (BOSY-WESTPHAL et al., 2004; HAYES et al., 2002; WANG et al., 2001b; USUI et al., 2011), os modelos propostos ainda não estão validados e testados para diferentes populações. Portanto sua eficácia e aplicação ainda não estão claros e mais investigações são necessárias.

2. HIPÓTESES

- O gasto energético de repouso apresente diferenças entre os sexos, sendo maior no sexo masculino;
- As equações existentes na literatura possam ser validadas para a população brasileira;
- A DXA estime com precisão cada componente da composição corporal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Determinar o GER em jovens universitários referenciado por calorimetria indireta de forma multicompartimentada, a partir da utilização de técnica densitométrica.

3.2 Objetivos Específicos

- Descrever a composição corporal multicompartimentada, com delineamento nos níveis: molecular e tecidual;
- Estimar GER total e tecidual por calorimetria indireta, considerando idade e sexo;
- Validar o método preditivo do GER (HAYES et al., 2002) generalizado para jovens universitários de ambos os sexos;
- Caso a validação falhe, propor e validar novo modelo preditivo de GER, especificando os componentes corporais dados por DXA.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O GER é um parâmetro biológico fundamental para os seres vivos com importantes relações entre necessidades energéticas totais, idade, longevidade e desenvolvimento. Nos humanos é influenciada por sexo, etnia, idade, CC, dentre outros fatores (GALLAGHER; ELIA, 2005). O interesse por pesquisas envolvendo o GER e produção de calor acontece desde o início da civilização e persiste até os dias atuais, tendo como principais justificativas, a epidemia da obesidade e doenças causadas por distúrbios no balanço energético (HEYMSFIELD; BOURGEOIS; THOMAS, 2017).

4.1 Gasto Energético de Repouso a partir de equações preditivas

Existem inúmeras equações preditivas de GER, entre as quais se destacam por sua popularização e uso a de Harris e Benedict (1918) e de Schofield (1985), criadas a partir de dados da população americana e europeia. Normalmente, essas equações são desenvolvidas a partir de análises de regressão, que incluem peso, estatura, sexo e idade como variáveis independentes relacionadas ao GER.

A primeira tentativa em explorar estatisticamente o GER obtido através da CI foi a proposta de Harris e Benedict (1918) em uma amostra americana com 136 homens, 103 mulheres e 94 crianças considerados saudáveis. Esses dados foram coletados no laboratório de nutrição do *Carnegie Institution of Washington*, e laboratórios associados. As equações propostas na ocasião consideravam como variáveis independentes a MC, estatura e idade.

Até os dias de hoje, essas equações são utilizadas, no entanto vários estudos questionam a precisão dessas equações para estimar o GER (FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPER, 2005). O próprio Benedict (1928), menos de dez anos após a publicação do seu estudo original, sugeriu que os valores estimados nas equações para mulheres fossem reduzidos em 5%. Em mulheres americanas, a equação pode superestimar o GER em 14% (OWEN et al., 1986) e nos homens, em 9% (CLARK; HOFFER, 1991; OWEN et al., 1987;).

Posteriormente, Schofield (1985) fez uma compilação dos dados disponíveis, objetivando propor equações de predição para uso internacional e recomendadas pela FAO/OMS. Assim, Schofield (1985) reuniu dados de 114 estudos e chegou a uma amostra final de 7.173 indivíduos, sendo 4.809 homens e 2.364 mulheres de origem europeia e norte-americana. O uso de faixas etárias em anos também foi adotado (0 a 3; 3 a 10; 10 a 18; 18 a

30; 30 a 60 e maiores de 60), e utilizava apenas a MC, uma vez que a adição de outras variáveis, como estatura não melhorava a estimativa do GER. Logo em seguida, uma pequena modificação nesse banco de dados foi realizada, ampliando-o para 11.000 sujeitos e gerando novas equações (FAO/WHO/UNU, 1985).

Tabela 1 - Equações preditivas para o gasto energético de repouso propostas por Harris e Benedict (1919), Schofield (1985) e FAO/WHO/UNU (1985).

Autor	Faixa etária	Sexo	Equação	r^2
Harris e Benedict (1919) (kcal/dia)	15 a 74	Masculino	$66,4730 + 13,7516 \times MC + 5,0033 \times E - 6,7550 \times ID$	0,753
		Feminino	$655,0955 + 9,5634 \times MC + 1,8496 \times E - 4,6756 \times ID$	0,533
Schofield (1985) (MJ/dia)	< 3	Masculino	$0,249 \times MC - 0,127$	0,902
		Feminino	$0,244 \times MC - 0,130$	0,921
	3 a 10	Masculino	$0,095 \times MC + 2,110$	0,688
		Feminino	$0,085 \times MC + 2,033$	0,656
	10 a 18	Masculino	$0,074 \times MC + 2,754$	0,864
		Feminino	$0,056 \times MC + 2,898$	0,64
	18 a 30	Masculino	$0,063 \times MC + 2,896$	0,422
		Feminino	$0,062 \times MC + 2,036$	0,532
	30 a 60	Masculino	$0,048 \times MC + 3,653$	0,36
		Feminino	$0,034 \times MC + 3,538$	0,462
	≥ 60	Masculino	$0,049 \times MC + 2,459$	0,504
		Feminino	$0,038 \times MC + 2,755$	0,462
FAO/WHO/UNU (1985) (MJ/dia)	< 3	Masculino	$0,255 \times MC - 0,226$	0,94
		Feminino	$0,255 \times MC - 0,214$	0,94
	3 a 10	Masculino	$0,0949 \times MC + 2,07$	0,739
		Feminino	$0,0941 \times MC + 2,09$	0,722
	10 a 18	Masculino	$0,0732 \times MC + 2,72$	0,81
		Feminino	$0,0510 \times MC + 3,12$	0,562
	18 a 30	Masculino	$0,0640 \times MC + 2,84$	0,422
		Feminino	$0,0615 \times MC + 2,08$	0,518
	30 a 60	Masculino	$0,0485 \times MC + 3,67$	0,36
		Feminino	$0,0364 \times MC + 3,47$	0,49
	≥ 60	Masculino	$0,0565 \times MC + 2,04$	0,624
		Feminino	$0,0439 \times MC + 2,49$	0,547

MC = massa corporal (kg); E = estatura (cm); ID = Idade.

Assim, o GER considerando a MC é uma prática muito comum, visto que facilita a comparação dos valores entre indivíduos com diferentes dimensões corporais. No entanto, essa estimativa não considera as diferenças interindividuais decorrentes da constituição da CC (CENSI et al., 1998). Como a MC engloba órgãos e tecidos com diferentes atividades

metabólicas, considerar essas diferenças é importante, uma vez que o GER depende não apenas da quantidade, mas também da atividade metabólica do órgão e tecido.

4.2 Gasto Energético de Repouso no nível tecidual

A maioria das informações sobre os órgãos e tecidos em indivíduos saudáveis e doentes foi derivada a partir de autópsia. Os valores tendem a ser muito próximos, independentemente da etnia, quer seja coreanos (SEO et al., 2000), indianos (JAIN et al., 1995), dinamarqueses (GARBY et al., 1993) ou japoneses (INOUE; OTSU, 1987). Embora esses estudos permitam informações sobre a influência da etnia, sexo, idade, não distinguem a contribuição de cada órgão e tecido na constituição do GER (GALLAGHER; ELIA, 2005).

Recentes avanços tecnológicos de métodos de imagem, como a ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC) e DXA, permitem a quantificação dos tecidos in vivo, tornando possíveis estudos transversais e longitudinais para avaliar a CC (GALLAGHER; ELIA, 2005) e o GER de cada componente (BOSY-WESTPHAL et al., 2004; GALLAGHER et al., 1998, 2006).

Dessa forma, com base nas densidades específicas dos órgãos e tecidos (TA - 0,916/cm³; cérebro - 1,030-1,041 g/cm³; TME - 1,038-1,056 g/cm³; órgãos viscerais - 1,050 - 1,060 g/cm³; ossos - 1,990 g/cm³ e densidade corporal total para homens - 1,070 e mulheres 1,040 g/cm³), torna-se possível calcular a massa de órgãos e tecidos a partir dos volumes (GALLAGHER; ELIA, 2005; MULLER et al., 2002), uma vez que as densidades são assumidas como constantes, ou seja, não haveria nenhuma variação interindividual nas densidades de órgãos e tecidos.

Vários estudos encontraram boa concordância entre os valores obtidos pela RM em comparação com métodos de dissecação e análise química (ABATE et al., 1994; FOWLER et al., 1991; MITSIOPOULOS et al., 1998).

Desse modo, o GER corpo total pode ser calculado através da soma dos órgãos e tecidos combinados com a taxa metabólica específica através da equação 1 (GALLAGHER et al., 1998):

$$\text{GER}_1 = \text{TMEO}_1 \times \text{MO}_1 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde TMEO corresponde à taxa metabólica específica do órgão (em kcal/kg/dia) para cada componente e o MO representa a massa de órgão (em kg). Assim, o GER corpo total é calculado a partir da somatória GER dos sete órgãos e tecido (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa metabólica específica para órgãos e tecidos

Órgãos e tecidos	Taxa metabólica específica (kcal/kg/dia)
TME (kg)	13
TA (kg)	4,5
Fígado (kg)	200
Cérebro (kg)	240
Coração (kg)	440
Rins (kg)	440
Resíduos (kg)	12

TME: tecido músculo esquelético; TA: tecido adiposo. Adaptado de Gallagher e Elia (2005)

Como apresentado na Tabela 2, os órgãos podem ser classificados em órgãos com baixa e alta taxa metabólica (MULLER et al., 2013). A taxa metabólica específica dos órgãos e tecidos pode ser avaliada in vivo através da medição das diferenças arteriovenosas na concentração de oxigênio, juntamente com medidas simultâneas do fluxo sanguíneo (ELIA, 1992a; HOLLIDAY et al., 1967; LINDE et al., 1989; MCCULLY; POSNER, 1995) com objetivo de verificar o consumo de oxigênio dos tecidos (MULLER et al., 2002). Contudo, trata-se de um processo tecnicamente exigente (LINDE et al., 1989; MCCULLY; POSNER, 1995), invasivo (MULLER et al., 2013) e escasso na literatura (MULLER et al., 2002). Grande parte das informações disponíveis sobre a taxa metabólica específica foi utilizando essa abordagem (GALLAGHER; ELIA, 2005). Assim, essas estimativas refletem a atividade metabólica de vários órgãos e tecidos, contudo não consideram os efeitos metabólicos de restrição ou excesso de alimentação, fatores hormonais/genéticos que alteram o fluxo de energia (HEYMSFIELD et al., 2002) e são consideradas como medidas aproximadas (MULLER et al., 2013). Todavia, estudos suportam o uso da taxa metabólica específica dos órgãos e tecidos em jovens adultos, saudáveis e com peso estável (GALLAGHER et al., 1998)

Os valores retratados na tabela 2 foram inicialmente propostos por Elia (1992a) e estabelecidos para indivíduos saudáveis com idade entre 20 e 50 anos, após uma noite de jejum e em repouso e não devem ser aplicados durante a atividade física e após refeições. A massa residual consiste de todos os órgãos e tecidos que não são apresentados na Tabela 2, por exemplo, o intestino, pâncreas, volume de sangue (GALLAGHER; ELIA, 2005). Mais recentemente, técnicas, como a espectroscopia por ressonância magnética nuclear, vêm sendo

aplicadas para determinar o consumo energético de órgãos e tecidos através do uso de espectroscopia de fósforo (^{31}P RNM) (MULLER et al., 2013).

Alternativamente, a tomografia por emissão de pósitrons está sendo aplicado ao metabolismo energético do cérebro, coração, fígado, músculo esquelético, pâncreas e tecido adiposo marrom com ^{13}C , ^{15}O , ^{18}F . No entanto, essa técnica é cara e precisa de técnicos altamente treinados (MULLER et al., 2013; WANG et al., 2010).

Assim, o GER corpo total é calculado através da combinação dos órgãos e tecidos com a taxa metabólica específica. A estimativa de GER para cada componente corporal aumenta sua acurácia preditiva minimizando os vieses de aplicações generalistas (HAYES et al., 2002), visto que grande parte da variação do GER, entre sujeitos, pode ser explicada pelo volume de órgãos e tecidos (GARBY; LAMMERT, 1994).

O ajuste do GER para os diferentes tipos de tecidos da CC é uma condição essencial nas comparações entre sujeitos (ELIA, 1992a). A MITA é o principal determinante do GER (FUKAGAWA; BANDINI; YOUNG, 1990; NIELSEN et al., 2000; WEINSIER; SCHUTZ; BRACCO, 1992), alguns estudos encontraram uma contribuição adicional da Massa Gorda (MG) (NELSON et al., 1992; SVENDSEN; HASSAGER; CHRISTIANSEN, 1993), no entanto outros não encontraram tal efeito (BOGARDUS et al., 1986; SEGAL et al., 1987).

A MITA corresponde aproximadamente de 60 a 80% da variância do GER total (RAVUSSIN; BOGARDUS, 1989). Contudo, a MITA é considerada um componente heterogêneo tanto anatomicamente como metabolicamente (LATER et al., 2008). Ou seja, a MITA é formada por órgãos com alta taxa metabólica (840-1848 kJ/kg/dia) e órgãos com baixa taxa metabólica (<60 kJ/kg/dia) (Figura 1) (ELIA, 1992a; WEINSIER; SCHUTZ; BRACCO, 1992). Órgãos como fígado, rim, coração, cérebro, embora representem de 5% a 6% da massa corporal (MC) total, respondem por 60% no GER, apresentando uma elevada taxa metabólica, sendo de 15 a 40 vezes maior do que o músculo e de 50 a 100 vezes maior do que o TA (ELIA, 1992a) que compreende entre 21% e 33% da MC de homens e mulheres, respectivamente (SNYDER et al., 1975). O TO representa em média 15% da MC, mas esse valor não é representativo, uma vez que é preciso levar em consideração a proporcionalidade corporal de cada indivíduo. Isto é, aliar elementos sobre as proporções e as relações que se estabelecem entre as dimensões antropométricas dos diferentes segmentos do corpo humano (GUEDES; GUEDES, 2006). O TME, mesmo sendo o maior tecido do corpo humano, representa 40% do peso corporal adulto, pois expressa uma baixa taxa metabólica de repouso ($\cong 10$ a 15 kcal/kg/dia).

Figura 1 - Modelo de composição corporal funcional. Os componentes corporais são organizados segundo os modelos tradicionais da composição corporal (à esquerda), bem como de acordo com a sua funcionalidade

Fonte: Adaptado de Muller (2013)

MITA: massa isenta de tecido adiposo; ACT: água corporal total; MCC: massa celular corporal; MEC: massa extracelular; TA: tecido adiposo; TAV: tecido adiposo visceral; TAM: tecido adiposo marrom.

Como o uso de RM e TC é limitado em estudos científicos, análise por DXA pode ser utilizada como uma ferramenta prática a fim de avaliar as associações entre o GER e CC (MULLER et al., 2002). Nessa perspectiva, foi desenvolvido o mapa metabólico do GER através da soma dos cinco componentes derivados da DXA: MG, Tecido Mole Magro Apendicular (TMMA), Área Craniana, Conteúdo Mineral Ósseo (CMO) e Massa Residual (MR), combinada com a taxa metabólica específica para cada componente (HAYES et al., 2002). Entretanto, os componentes medidos por DXA pertencem ao nível II, do sistema referencial de cinco níveis (WANG; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992), sendo necessária a transformação do nível molecular (II) para o nível tecidual (IV), uma vez que o GER é determinado somente neste nível (ELIA, 1992a).

Posteriormente, foi desenvolvido um modelo a partir da DXA incluindo o gasto do TA, TME, TO e TR. No entanto, nesse último modelo, o gasto do cérebro está incluído no TR (USUI et al., 2011).

4.3 Composição Corporal Funcional

O estudo da CC tem como base o estudo dos diferentes componentes corporais do corpo humano, compreendendo a sua quantificação, análise de suas interações e as alterações que os componentes corporais sofrem em decorrência de determinados fatores, como o exercício, nutrição, crescimento, envelhecimento e doenças.

Nesse sentido, o conceito de Composição Corporal Funcional (CCF) possibilita um melhor entendimento do estado nutricional, metabolismo e doenças (MÜLLER; BOSY-WESTPHAL; HELLER, 2009). Dessa forma, a CCF aborda interações quantitativas e biológicas dos compartimentos com equilíbrio energético, características metabólicas, marcadores de desempenho esportivo, dentre outros marcadores fisiológicas (SARDINHA, 2012).

Os avanços metodológicos têm permitido uma análise da CC de forma mais precisa e detalhada, proporcionando compreensão mais aprofundada das funções metabólicas (MÜLLER; BOSY-WESTPHAL; HELLER, 2009) para cada componente tecidual (ósseo, muscular, gorduroso, visceral e cerebral).

Desse modo, a variabilidade do GER dos componentes corporais e as mudanças de condições fisiopatológicas estão dentre os temas de investigação mais relevantes. Posto isto, o estudo das relações entre os componentes corporais e suas respectivas funções tornam-se necessários (MULLER et al., 2009), uma vez que cada componente apresentam gastos distintos, com valores específicos, e os modelos generalizados usados para estimar GER não consideram o metabolismo individual de órgãos e tecidos (JEQUIER; ACHESON; SCHUTZ, 1987).

4.4 Determinação do gasto energético de repouso

4.4.1 Calorimetria Indireta

No final do século XVIII, o químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794) e Pierre Simone Laplace (1749-1827), físico, matemático e astrônomo francês desenvolveram o primeiro calorímetro animal, calorímetro de gelo (LAVOISIER; LAPLACE, 1780). O primeiro experimentou durou um dia e avaliou a produção de calor de um animal vivo no inverno de 1783 (LODWING, 1974). Posteriormente, o primeiro calorímetro humano,

conhecido como Atwater-Rosa tornou-se disponível durante o século XIX (HEYMSFIELD; BOURGEOIS; THOMAS, 2017), a fim de investigar o metabolismo dos seres humanos (DURNIN, 1991; WEBB, 1991). Os tipos de calorimetria mais conhecidos são a calorimetria direta (CD) e a calorimetria indireta (CI) (HEYMSFIELD; BOURGEOIS; THOMAS, 2017; MURGATROYD; SHETTY; PRENTICE, 1993).

Todo organismo com vida está em constante troca de calor com o ambiente e para medir esse calor liberado é preciso um sistema sofisticado, o calorímetro. Dessa maneira, a calorimetria desempenha um papel importante na compreensão e entendimento sobre a função do sistema humano dentro do seu ambiente. Para manter todas as funções corporais, incluindo o transporte ativo de gradientes químicos e elétricos através das membranas celulares, a síntese de macronutrientes, e outros processos fisiológicos são necessários o gasto constante da molécula de adenosina trifosfato (ATP) que armazena energia proveniente da respiração celular através da ingestão de alimentos e do oxigênio (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017).

Através do processo de respiração celular, quantidade de energia é perdida em forma inutilizável e é liberada como calor. A produção de calor em um indivíduo é diretamente proporcional ao gasto de energia. Assim, o gasto de energia e a energia térmica produzida pelo corpo, podem ser quantificados com precisão medindo a liberação de calor através da CD (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017).

O gasto de energia também pode ser estimado medindo o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de gás carbônico (VCO_2) durante o ciclo respiratório utilizando a CI (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017; SIMONSON; DEFRONZO, 1990). Como todas as reações de liberação de energia no corpo, em último momento, dependem do oxigênio e devido à relação direta entre o oxigênio consumido e a quantidade de calor produzido no corpo, medir o consumo de oxigênio, portanto, fornece uma estimativa indireta, porém precisa do gasto de energia (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017).

A partir desses valores, é possível determinar o GER, que corresponde à energia gasta para sustentar as funções normais do corpo e a homeostase em repouso que, na maioria das vezes, é o principal componente do GET (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2012).

Nesse sentido, por questões práticas, a CI tornou-se o método critério para medir o GER corpo total. Sendo assim, esse equipamento não só é considerado o método mais comum (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2012), mas também método de referência para o GER (BENEDETTI et al., 2011), diversos estudos empregam-no para comparação e validação de outros métodos e proposição de equações preditivas (DALY et al., 1985;

ISMAIL et al., 1998). A CI proporcionou grandes avanços e entendimento sobre as questões de energia, nutrição, exercício, doenças, dentre outras áreas (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017). Dessa maneira, a CI, como método de referência, é recomendada na investigação do metabolismo (MATARESE, 1997), particularmente na estimativa do GER. No entanto, ela fornece apenas o GER de corpo total, não considerando o gasto específico para cada componente.

4.4.2 Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética

Os métodos de imagem mais precisos para quantificação da CC in vivo no nível órgão tecidual são a RM e a TC. Embora o custo excessivo dificulte o uso, esse tipo de abordagem é utilizado em alguns centros de pesquisa sobre a CC. Na maioria das vezes, esses métodos são utilizados para validar métodos de campo, a fim de medir TA e TME. Outra vantagem desses métodos é a eficiência em mensurar órgãos e tecidos internos (ROSS; JANSSEN, 2005).

O método de TC tem como base o raios-x, sendo que um receptor detecta os raios X atenuados e a imagem é reconstruída com técnicas matemáticas baseadas em análise Fourier bidimensional, projeção retrofiltrada ou a combinação dos dois métodos. A atenuação dos raios-x é expressa como o coeficiente de atenuação linear ou números de CT. Os números de CT variam de -1000 para o ar até +1000 para o osso, com valor zero para água, em unidades “Hounsfield”. A densidade física é básica para determinação do coeficiente de atenuação linear ou números de CT (ROSS; JANSSEN, 2005).

Nesse sentido, a RM segue os mesmos princípios da TC, no entanto a diferença dos dois métodos é como as imagens são adquiridas e a radiação. Essa última presente apenas na TC. As diferenças impactam nos custos, bem como aspectos técnicos de análise de imagem, confiabilidade e precisão (ROSS; JANSSEN, 2005). Assim, a RM tem como princípio o fato dos núcleos atômicos proceder como ímanes, isto é, quando o campo magnético é aplicado por meio de uma parte do corpo, cada um dos núcleos tenta alinhar-se com o campo magnético externo. É emitida uma onda rádio para os tecidos, cuja energia é absorvida por alguns núcleos alterando sua orientação no campo magnético. Quando a onda rádio é desligada, os núcleos ativados usam esse sinal para gerar as imagens transversais (KAUFMAN; CROOKS; MARGULIS, 1981).

4.4.3 Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia – DXA

A técnica de Absorciometria de raio-X de dupla energia é uma técnica de nível molecular que foi desenvolvida, inicialmente, para estimar o CMO e a densidade mineral óssea regional e de corpo inteiro. No entanto, o desenvolvimento da análise de corpo inteiro (raio x com fótons de dupla energia) possibilitou a avaliação da CC, estimando, assim, a MG e a MITA (LUKASKI, 1993).

DXA tem como característica a atenuação de feixes de raios x de dupla energia (LOHMAN; CHEN, 2005), sendo que cada elemento atômico apresenta diferentes coeficientes de atenuação (CHERRY; SORENSON; PHELPS, 2003). Os dados do indivíduo são transferidos para o computador através do mapeamento com fótons transportados a dois níveis de energia (JENSEN, 1992).

Quando comparado com o modelo de quatro compartimentos, diferenças não foram encontradas nas avaliações de MG e MITA por DXA em atletas de elite (SANTOS et al., 2010). Contudo, em indivíduos muito magros ou obesos, sua validade é menor. Nesses indivíduos magros ocorre uma subestimação da MG (GALLAGHER et al., 2000b; VAN DER PLOEG; WITHERS; LAFORGIA, 2003) e, em indivíduos obesos, a MG é superestimada (WILLIAMS et al., 2006).

Atualmente, DXA vem sendo muito utilizada em estudos e intervenções clínicas tendo como base a estimativa de três componentes corporais: CMO, MG e MITA (LASKEY, 1996). Devido aos avanços metodológicos, a técnica DXA é capaz de estimar os componentes corporais, possibilitando, portanto, a análise total ou dos segmentos corporais, como por exemplo, membros superiores, inferiores e tronco (KOHRT, 1995; MAZESS et al., 1990) com baixa exposição radiológica ($\cong 2 \mu\text{Sv}$) (WITHERS; LAFORGIA; HEYMSFIELD, 1999). Estudos sobre a precisão da DXA na estimativa da CC sugerem validade teórica e empírica do método para estimar MG e MITA (GENTON et al., 2002; KOHRT, 1998; LOHMAN et al., 2000). Outra possibilidade é a estimativa do GER dos principais componentes corporais (BOSY-WESTPHAL et al., 2004; HAYES et al., 2002), permitindo um ajuste preciso para a variação que existe entre sujeitos no GER.

Em comparações com método de referência, o erro padrão da estimativa (EPE) deve ser inferior a 3%, para que a DXA possa ser aceita como método de referência. Erros maiores que 4% indicam variabilidade e, entre 3% e 4%, a validade é considerada limitada (LOHMAN, 1992).

Várias são as vantagens de utilizar a DXA, mas algumas se destacam como a independência de observador, medidas precisas de corpo inteiro, rápido, baixo custo e reduzida dose de radiação (FOSBOL; ZERAHN, 2015).

Nesse sentido, a DXA pode ser uma forma alternativa para medir GER, pois estima os componentes da CC com precisão, possibilitando uma estimativa de GER com maior acurácia, considerando a individualidade de cada um.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Tipo de Estudo

Este estudo seguiu modelo de caráter descritivo correlacional, ou seja, buscou apresentar métodos alternativos para estimar GER por abordagem multicompartimental, bem como comparar e identificar a associação entre diferentes métodos preditivos (THOMAZ; SILVERMAN; NELSON, 2012).

5.2 Procedimentos do Estudo

Em linhas gerais, o desenvolvimento deste estudo seguiu um planejamento definido com as seguintes etapas: a princípio os alunos de graduação da Universidade de São Paulo, campus Ribeirão Preto, eram convidados a participar voluntariamente, de forma pessoal na em salas de aula, divulgação em grupos do aplicativo whatsapp, e-mails institucionais e através da imprensa da universidade. Nesse primeiro contato, os interessados eram informados sobre os critérios de inclusão, exclusão e os cuidados antes das avaliações. Após manifestação de interesse, assinavam o TCLE, recebiam uma ficha cadastral do HC (Anexo D) para agendamento da densitometria. Posteriormente, as fichas preenchidas eram recolhidas e encaminhadas à FAEPA (Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do HCFMRP-USP) para gerar um número de registro. Só então era realizado o agendamento de exames do voluntário. O pesquisador informava aos voluntários a data, local e os cuidados antes dos exames. No dia agendado, os voluntários preenchiam um questionário sobre o estado de saúde (Apêndice B), em seguida eram realizadas as medidas de GER por CI, antropometria e varredura de corpo total por DXA.

As etapas da coleta de dados ocorreram obedecendo a seguinte sequência:

- 1) Concordância e assinatura do TCLE;
- 2) Criação de nº de registro (FAEPA) e agendamento dos exames;
- 3) Resposta do questionário sobre estado de saúde;
- 4) Medidas Antropométricas;
- 5) Exame de Calorimetria Indireta; e
- 6) Varredura de corpo total por DXA.

5.3 Locais para Coleta dos Dados

Para realização desse projeto foi estabelecida uma parceria de co-participação (Anexo B), com o Hospital das Clínicas e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP-USP), mais especificamente a Unidade de Pesquisa Clínica (UPC), sob a coordenação do Dr. Eduardo Barbosa Coelho, Docente do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP) para as análises de DXA.

Para as análises calorimétricas, cooperação de pesquisa foi estabelecida junto ao Laboratório de Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massa, sob a coordenação do Prof. Dr. Eduardo Ferriolli, e da Equipe de Terapia Nutricional coordenada pela Profa. Dra. Vivian Marques Suen, ambos Docentes do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade São Paulo (FMRP-USP).

Os exames eram realizados no mesmo dia pela manhã. Questionário, Calorimetria e Antropometria, na Unidade Metabólica (5º andar) e DXA, no bloco quatro (2º andar). A descrição de todas as etapas desse estudo, bem como dos equipamentos utilizados, será detalhada mais adiante.

5.4 Aspectos Éticos

Em conformidade com os aspectos éticos, previamente ao seu início, o projeto foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (EEFERP-USP), protocolo CAAE 57511516.5.0000.5659 (Anexo A) e no Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP/USP) (Anexo B), instituição coparticipante (Anexo C).

Todos os voluntários foram informados detalhadamente acerca dos objetivos e procedimentos do estudo e só participaram da pesquisa após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), segundo a Resolução CNS 466/12 (BRASIL, 2012) que regulamenta pesquisas com seres humanos.

5.5 Critérios de Inclusão

Foram incluídos no estudo, os participantes com as seguintes características: a) idade entre 18 e 30 anos; b) sem uso declarado de medicamentos e suplementos com ação direta ou indireta sobre o sistema nervoso simpático que possam alterar a CC ou GER como medicamentos antidepressivos (ex: fluoxetina, certralina, paroxetina), medicamentos estimulantes do sistema nervoso central ou que possam alterar o metabolismo; c) ser aparentemente saudáveis e indicar a condição de saudáveis através de um questionário do estado geral de saúde (Apêndice B); d) não ter partes do corpo amputadas; e) não ser atletas (não exceder 10 horas semanais de treino); f) não apresentar Hipotireoidismo e Hipertireoidismo; e g) concordar e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que atesta o caráter de participação voluntária na pesquisa.

5.6 Critérios de Exclusão

Foram excluídos das análises dos dados os participantes que: a) não completarem todas as etapas do estudo; b) a qualquer momento retirarem o TCLE; e d) apresentarem algum impedimento (dos critérios de inclusão) que os desqualifiquem para o estudo.

5.7 Participantes da amostra

O recrutamento e a coleta de dados ocorreram entre outubro de 2016 a junho de 2017. Após a divulgação, 285 sujeitos manifestaram interesse em participar, sendo que 70 sujeitos não responderam a ficha cadastral do HC e 52 não puderam participar por não atender aos critérios de inclusão. Assim, 173 sujeitos tiveram seus exames agendados, no entanto seis indivíduos não compareceram ao agendamento. Dessa forma, 157 sujeitos realizaram todos os exames. Dois resultados foram descartados, pois um apresentou o valor do coeficiente respiratório (QR) próximo de 1.0 (indicando que o substrato predominantemente oxidado era os carboidratos, acusando que o voluntário não estava de jejum) e o outro sujeito relatou que

estava com infecção de garganta. Portanto, foram considerados para as análises 155 sujeitos, sendo 76 do sexo masculino e 79 do sexo feminino (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma do recrutamento e coleta de dados

5.8 Coleta de dados

5.8.1 Resposta do questionário sobre estado de saúde

Para que os sujeitos pudessem indicar condição de saudáveis, foi aplicado um questionário para identificar o estado geral de saúde envolvendo perguntas sobre problemas diagnosticados e/ou tratado e sintomas, comportamentos relacionados à saúde e auto percepção de saúde (Apêndice B).

5.8.2 Medidas Antropométricas

Com a finalidade de caracterizar a amostra, medidas antropométricas foram realizadas envolvendo massa corporal (MC, kg), estatura (cm). Foram adotando os procedimentos recomendados na prática antropométrica (LOHMAN et al., 1988). A MC foi determinada em uma balança eletrônica da marca Filizola®, (modelo Personal) e a cada cinco pesagens foi

checada a tara da balança, para assegurar a leitura inicial (zero kg). Para medidas de estatura, foi utilizado um estadiômetro de parede.

5.8.3 Medida do gasto energético de repouso por Calorimetria Indireta

Para determinação do GER foi empregado o método da CI com uso do calorímetro Quark RMR[®] (Cosmed, Roma, Itália). Com o intuito de assegurar a qualidade das medições, precisão do equipamento e analisadores de gás, o teste de combustão do etanol foi realizado através do kit etanol da Cosmed[®].

Conforme as recomendações do fabricante, o calorímetro foi ligado 45 minutos antes de iniciar a calibração (KIM; ROBERGS, 2012). Em seguida foi realizada a calibração do calorímetro que aconteceu em três etapas: 1) Calibração do ar ambiente; 2) mistura padrão composta de CO₂, O₂ e N₂ nas concentrações de 5%, 16% e 79%, respectivamente, e por último 3) Calibração do medidor de vazão de turbina digital bidirecional, realizado com uma seringa de 3 L (GRAF et al., 2015). As medições do GER por CI foram realizadas utilizando um *canopy hood* (COMPHER et al., 2006; SUEN et al., 2003) e a taxa de fluxo era ajustada para manter o FECO₂ constante ao longo do tempo (Figura 3).

Figura 3 - Teste de calorimetria indireta com uso do canopy hood

O exame foi realizado pela manhã, com o voluntário em jejum de 12 horas, 4 horas sem fazer uso de nicotina e cafeína e 24 h sem realizar atividade física (COMPHER et al., 2006). Os voluntários permaneceram 30 minutos em repouso, deitado em decúbito dorsal e com a temperatura controlada do ambiente antes de iniciar o teste (FASSINI et al., 2015). Durante a realização do teste, os voluntários permaneceram com a cabeça elevada a 30 graus e com os membros estendidos. Os voluntários foram orientados a não dormir, manter o padrão de respiração regular, permanecer em silêncio, evitar tossir, bocejar, falar e suspirar de acordo com as orientações (COMPHER et al., 2006; SUEN et al., 2003). O exame teve duração de 30 minutos, sendo que os registros aconteciam a cada cinco segundos. Os primeiros cinco minutos do exame foram descartados.

A produção de energia em seres humanos ocorre a partir de transformações químicas, que são liberadas dos nutrientes através da oxidação dos substratos. Assim, os nutrientes são convertidos em CO₂, H₂O e calor na presença de oxigênio (O₂). Como a CI avalia indiretamente a quantidade de calor gerado de acordo com o tipo de substrato utilizado, o GER pode ser calculado medindo o consumo de oxigênio (VO₂) e a produção de gás carbônico (VCO₂) pelo corpo. Sendo assim, o cálculo de VO₂ e VCO₂ constitui o princípio específico da CI (GUPTA et al., 2017). A partir desses valores (média do VO₂ e VCO₂ do quinto ao trigésimo minuto), foi possível determinar a produção de energia que é igual ao gasto energético em situações de equilíbrio usando a fórmula de Weir (WEIR, 1949),

$$\text{GER} = 3,94 \times \text{VO}_2 + 1,106 \times \text{VCO}_2 \times 1.440 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: GER em kcal/dia; VO₂ em L/min; VCO₂ em L/min.

5.8.4 Varredura de corpo total por DXA

A estimativa da CC foi realizada por varredura de corpo total e regional mediante DXA com um scanner GE Medical Systems Lunar - Prodigy Advance (software encore versão 13.60) em scan fan-beam linear, de imagens de alta qualidade.

A cada manhã, antes das medidas, era realizada a calibração do equipamento conforme recomendação do fabricante, sempre pelo mesmo técnico, com arquivamento dos registros da confiabilidade das medidas. As diferenças de absorção, através da atenuação dos raios-X, em uma única varredura determinavam os componentes corporais totais e regionais: massa

corporal total (g); massa de gordura (g); tecido mole magro (g); conteúdo mineral ósseo (g) e área de varredura (cm²).

Para o exame, foi solicitado ao voluntário que retirasse artefatos metálicos, brincos e anel e, quando necessário, o uso da camisola hospitalar (Figura 4). O avaliado era posicionado pela técnica em decúbito dorsal, centralizado sobre a mesa do scanner e os membros inferiores presos com fitas de velcro.

Figura 4 - Posicionamento do avaliado no equipamento

5.9 Transformação dos componentes: do nível molecular para tecidular

As transformações dos componentes corporais estimados por DXA (nível molecular) para o nível tecidular (WANG; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992) foram realizadas segundo os procedimentos bem estabelecidos na literatura (ELLIS, 1997; HAYES et al., 2002; HEYMSFIELD et al., 2005; KIM et al., 2002;). Desse modo, a Tabela 3 sumariza a transformação dos componentes corporais, bem como a taxa metabólica específica para cada componente. As equações serão, brevemente, descritas a seguir.

Tabela 3 - Transformação dos componentes DXA do nível molecular para o nível tecidual e gasto energético de cada componente

Tecidual	Nível Molecular (kg)	Gasto Energético (kcal/d)
TA	$1,18 \times \text{MG}$	$\text{GE}_{\text{TA}} = 4,5 \times \text{TA}$
TO	$1,85 \times \text{CMO}^1 \times 1,0436^2$	$\text{GE}_{\text{TO}} = 2,3 \times \text{TO}$
TME	$(1,13 \times \text{TMMA}) - (0,02 \times \text{idade}) + (0,61 \times \text{sexo}) + 0,97$	$\text{GE}_{\text{TME}} = 13 \times \text{TME}$
Cérebro	$0,005 \times \text{Área Craniana}_{\text{DXA}} + 0,2 \times \text{sexo}^* + 0,24$	$\text{GE}_{\text{Cérebro}} = 240 \times \text{Cérebro}$
TR	$\text{Massa Corporal} - (\text{TA} + \text{TO} + \text{TME} + \text{Cérebro})$	$\text{GE}_{\text{TR}} = 43 \times \text{TR}$
Total	$\text{Massa Corporal} = (\text{TA} + \text{Osso} + \text{TME} + \text{Cérebro} + \text{TR})$	$\text{GER}_{\text{total}} = \text{GE}_{\text{TA}} + \text{GE}_{\text{TO}} + \text{GE}_{\text{TME}} + \text{GE}_{\text{Cérebro}} + \text{GE}_{\text{TR}}$

*Sexo = 0 para sexo feminino, 1 para sexo masculino; TA: tecido adiposo; TO: tecido ósseo; TME: tecido muscular esquelético; TR: tecido residual; MG: massa gorda; CMO: conteúdo mineral ósseo; TMMA: Tecido Mole Magro Apendicular; DXA: Absorciometria de raio-X de dupla energia; GE: gasto energético; GER: gasto energético de repouso.

5.9.1 De massa gorda para tecido adiposo

A MG obtida do valor absoluto (kg) dado por DXA considera que 85% do TA é efetivamente gordura e os 15% restantes são substratos isentos de gordura (PIETROBELLI et al., 2002). A proporção de gordura para o TA é variável, mas o impacto das diferenças, quando esse pressuposto é considerado, tem apenas uma pequena influência sobre as análises. Assim, a MG total obtida da DXA foi transformada em TA através da equação proposta por (HEYMSFIELD et al., 2002), descrita na Tabela 3.

5.9.2 De conteúdo mineral ósseo para tecido ósseo

O TO foi calculado, a partir do CMO dado por DXA, com base em dois importantes pressupostos: o primeiro considera uma relação estável entre esses componentes ($\text{CMO} / \text{TO} = 0,54$) com base em valores clássicos da referência humana (HEYMSFIELD et al., 2015). O segundo considera que o CMO medido por DXA representa apenas a porção óssea cinza, na qual 1 g de massa óssea contém 0,9582 da porção cinza, pois durante o aquecimento, elementos instáveis como a água e o CO_2 , são perdidos durante o aquecimento

¹ Proposto por Snyder et al. (1975) com base nos valores da referência humana.

² Proposta de Ballor (1996), onde o conteúdo mineral ósseo representa a porção cinza, o ajuste ósseo será realizado.

(HEYMSFIELD et al., 1989). Dessa forma, para estimar o TO, foi utilizado o valor do CMO dado por DXA corrigido (1,0436) pelos elementos não detectáveis durante a varredura (BALLOR, 1996), descrita na Tabela 3.

5.9.3 De tecido mole magro apendicular para tecido muscular esquelético

O TMMA é uma preditora de massa muscular total (HAYES et al., 2002). Após transferência da imagem para a tela do computador, a análise padrão regional DXA foi realizada. Com ajustes manuais, se necessários, o TMMA foi obtido através da somatória do TMM de membros inferiores e superiores de ambos os lados. Assim, o TME foi estimado a partir do modelo adulto (KIM et al., 2002), considerando idade em anos; 0 para sexo feminino, 1 para sexo masculino conforme descrita na Tabela 3.

5.9.4 De área craniana para cérebro

O cérebro foi estimado a partir da área craniana (cabeça) em cm^2 dada por DXA (HAYES et al., 2002), considerando 0 para sexo feminino, 1 para sexo masculino, conforme descrita na Tabela 3.

5.9.5 Tecido Residual

Para determinação do Tecido residual (TR) foi considerada a diferença da MC (DXA) e dos demais componentes, como apresentado na Tabela 3.

5.10 Estimativa de GER para cada componente

O gasto energético de cada componente foi estimado considerando-se a taxa metabólica específica para cada componente (Tabela 3), através de equações disponíveis na literatura.

O GER para TA compreende aproximadamente 21% do peso corporal para homens e 33% para mulheres (SNYDER et al., 1975). Então o TA compreende uma taxa metabólica específica de 4,5 kcal/kg por dia, proposta por Elia (1992a).

O GER para TO assume taxa metabólica específica de 2,3 kcal/kg/dia proposto por Heymsfield et al. (2002), descrita na Tabela 3.

Com relação ao GER para TME, há que se considerar o seguinte: Embora o TME seja o maior tecido do corpo humano, representando aproximadamente 40% do peso corporal de um adulto, sua taxa metabólica específica é baixa, sendo de 13 kcal/kg/dia (ELIA, 1992a), apresentada na Tabela 3.

Quanto ao GER para Cérebro, vale ressaltar que a maior parte do GER do corpo é proveniente de órgãos com altas taxas metabólicas específicas, como o cérebro, com demanda média estimada em 240 kcal/kg por dia (ELIA, 1992a), descrita na Tabela 3.

Para o GER do Tecido Residual, a taxa metabólica específica do TR foi de 43 kcal/kg por dia, considerando a demanda diária para os demais órgãos (HAYES et al., 2002).

A estimativa do GER corpo total foi resultante da soma do GER de todos os componentes.

5.11 Qualidade dos Dados

As medidas da DXA foram transferidas eletronicamente para um HD externo e organizadas numa planilha geral de dados sem digitação manual. Para as demais medidas, o sistema de dupla digitação e conferência alternada foi adotado. Foi feito o planejamento do dimensionamento do “n” amostral pelo método de Bolfarine e Bussab (2005), que prevê o conhecimento prévio da variabilidade da população (GER), o erro máximo desejado e o grau de confiança. O estudo de referência utilizado (GALLAGHER et al., 1998) foi escolhido pelo pioneirismo em determinar GER para ambos os sexos no nível órgão-tecidual. Os valores combinados (masc. e fem.) da diferença entre GER (Kj/dia) medido e predito por aqueles autores foram utilizados para referenciar o erro máximo desejado (83,3) e o desvio padrão da população (525,0). Assim, o tamanho amostral (n=153) encontrado deve minimizar erros de estimativa e assegurar o nível de confiança esperado (95%) para um eventual modelo preditivo.

6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, uma análise exploratória foi empregada para investigar a existência de possíveis outliers. O teste de diferenças (t para amostras independentes) e análise de variância (ANOVA-ONE WAY) foram utilizados para decisão de agrupamentos entre os sexos e idade, respectivamente. Todas as variáveis foram descritas através da análise descritiva para caracterização da amostra com valores de medidas de tendência central e desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC 95%), *range* e coeficiente de variação (CV). O CV foi calculado também para medidas repetidas em um sujeito. Para ilustrar os valores proporcionais da CC e GER foram utilizados gráficos apresentando valores absolutos (kg e kcal) e relativos (%). Considerando a teoria do limite central optou-se em utilizar estatísticas paramétricas (BUSSAB; MORETTIN, 2002).

O teste de diferenças (t pareado), coeficiente de determinação (r^2), o grau de concordância de acordo com o método Bland-Altman (BLAND; ALTMAN, 1986) e o coeficiente de correlação de concordância (ρ_c) (LIN, 1989) foram empregados para determinar a validade do modelo proposto por Hayes et al. (2002). A força da concordância de ρ_c foi classificada como: pobre ($<0,90$), moderada ($0,90-0,95$), substancial ($0,95-0,99$), ou quase perfeita ($> 0,99$) (MCBRIDE, 2005).

6.1 Proposição do modelo

Caso a validação falhasse, um novo modelo seria proposto. Para a determinação do modelo preditivo dos cinco componentes corporais (TA, TME, TO, Cérebro e TR), inicialmente seria necessário estimar o GER dado pela CI, relativizado para o modelo proposto por Hayes et al. (2002), adotando-se os seguintes passos:

1º passo: O valor relativo (%) de cada componente no nível tecidual para a composição do GER_{Hayes} foi determinado, para homens e mulheres.

2º passo: O valor relativo obtido foi aplicado no GER medido pela CI, para expressar o gasto de cada componente corporal, através da seguinte equação:

$$\text{GER}_{\text{CI-Tecido}} = \% \text{GER}_{\text{Hayes-Tecido}} * \text{GER}_{\text{CI}} / 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde $GER_{CI-Tecido}$ corresponde o gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta para cada tecido; $\%GER_{Hayes-Tecido}$ refere-se ao valor relativo de cada tecido obtido no modelo original (HAYES et al., 2002).

3º passo: A partir da determinação do GER_{CI} para os cinco componentes (variáveis dependentes), foram propostos modelos para prever o GER de cada componente, mediante Regressão Linear Simples método Enter, onde:

GER_{CI-TA} : Gasto energético de repouso do tecido adiposo relativizado pela CI;

GER_{CI-TO} : Gasto energético de repouso do tecido ósseo relativizado pela CI;

GER_{CI-TME} : Gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético relativizado pela CI;

$GER_{CI-Cérebro}$: Gasto energético de repouso do cérebro relativizado pela CI;

GER_{CI-TR} : Gasto energético de repouso do tecido residual relativizado pela CI;

As análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS v. 20.0 (Chicago, IL); o ρ_c no MedCalc® 2015 (v. 15.2); com nível de significância previamente estabelecido em $\alpha = 0,05$.

7. RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta descrição da CC multicompartimentada derivada da DXA nos níveis: molecular e tecidual. Os valores médios, DP, IC e o CV demonstram as principais características da amostra desse estudo.

O CV para medidas repetidas apresentou valores de 0,2 a 2,6% (Peso corporal DXA = 0,2%; MG = 0,4%; CMO = 0,2%; MTM MMSS = 1,1%; MTM MMII = 0,5%; MTMA = 0,7%; MTM Tronco = 0,3%; área craniana = 2,6%; GER_{CI} = 0,9%).

Tabela 4 - Descrição dos componentes corporais nos níveis: molecular e tecidual, determinados por DXA

DXA	Total (n=155)						
	Mínimo	Máximo	Range	Média	DP	IC95%	CV
Idade (anos)	18,10	30,80	12,70	23,86	3,62	23,28 a 24,43	15,17
Estatura (cm)	152,00	193,00	41,00	171,94	8,95	170,52 a 173,36	5,21
Peso Corporal DXA (kg)	45,80	113,60	67,80	67,67	13,11	65,59 a 69,75	19,37
GER _{CI} (kcal/dia)	1198,80	2935,40	1736,60	1856,02	339,85	1802,09 a 1909,95	18,31
GER _{Hayes} (kcal/dia)	935,20	2074,30	1139,10	1416,62	307,08	1367,89 a 1465,34	21,68
Composição Corporal (DXA) - Nível Molecular							
MG (kg)	4,90	42,30	37,40	17,66	7,90	16,41 a 18,92	44,73
CMO (kg)	2,00	4,50	2,50	2,83	0,56	2,74 a 2,92	19,79
MTM MMSS (kg)	2,40	11,00	8,60	5,64	2,02	5,32 a 5,96	35,82
MTM MMII (kg)	8,90	24,90	16,00	15,91	3,84	15,30 a 16,53	24,14
MTMA (kg)	11,30	35,50	24,20	21,56	5,79	20,64 a 22,48	26,86
MTM Tronco (kg)	13,60	35,90	22,30	22,16	5,37	21,31 a 23,02	24,23
Área craniana (cm ²)	184,00	269,00	85,00	223,23	15,99	220,69 a 225,77	7,16
Composição Corporal (DXA) - Nível Tecidual							
TA (kg)	5,70	49,90	44,20	20,84	9,33	19,36 a 22,32	44,77
TO (kg)	3,80	8,60	4,80	5,47	1,08	5,29 a 5,64	19,74
TME (kg)	13,30	41,10	27,80	25,15	6,82	24,07 a 26,23	27,12
Cérebro (kg)	1,20	1,80	0,60	1,45	0,15	1,42 a 1,47	10,34
TR (kg)	5,50	26,00	20,50	14,74	4,84	13,97 a 15,51	32,84

DXA: Absorciometria de raio-x de dupla energia; GER_{CI}: Gasto energético de repouso por calorimetria indireta; GER_{Hayes}: Gasto energético de repouso Hayes et al., 2002; MG: Massa gorda; CMO: Conteúdo mineral ósseo; MTM: Massa de tecido magro; MTMA: Massa de tecido magro apendicular; MMSS: Membros superiores; MMII: Membros inferiores; TO: Tecido ósseo; TA: Tecido adiposo; TME: Tecido músculo esquelético; TR: Tecido Residual.

Pode-se observar que as médias de todas as variáveis se encontram dentro dos IC (95%), indicando que a média da população encontra-se dentro dos limites de intervalo,

apresentando uma probabilidade de o valor real ser diferente de apenas 5%. No entanto, o CV excedeu o limite de homogeneidade ($>20\%$) para algumas variáveis (GER_{Hayes} , MG, massa de tecido magro (MTM) de membros superiores (MMSS), MTM de membros inferiores (MMII), MTM apendicular, MTM tronco, TA, TME e TR), entretanto para outras (Idade, Estatura, Peso corporal por DXA, GER_{CI} , CMO, Área craniana, TO e Cérebro) o CV foi reduzido ($<20\%$).

Em seguida, os valores relativos de cada componente derivado da DXA (nível molecular - II) transformados para o nível tecidual – IV são apresentados (Figura 5). Assim, a MC total da amostra está composta por TME (25,6 kg), seguida de TA (20,8 kg), TR (14,7 kg), TO (5,5 kg) e Cérebro (1,5kg).

Figura 5 - Representação relativa da composição corporal derivada da DXA seguida de transformação para o nível tecidual

TA: tecido adiposo; TO: tecido ósseo; TME: tecido músculo esquelético; TR: tecido tecidual.

7.1 Estimativa do gasto energético de repouso

A análise de variância não indicou diferenças entre as idades ($F_{(2, 153)} = 0,947$, $p = 0,597$), nem entre os grupos etários ($F_{(2, 153)} = 0,151$, $p = 0,860$), mas entre homens e mulheres ($T_{(2, 153)} = -12,964$, $p \leq 0,001$), dessa forma a amostra foi agrupada considerando apenas sexo.

Assim, a partir dessa etapa, para as análises da amostra deste estudo serão considerados dois grupos: feminino ($n=79$) e masculino ($n=76$). As características de cada grupo são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores descritivos dos componentes corporais nos níveis: molecular e tecidual e teste de diferenças (Teste t) entre sexos

	Homens (n=76)		Mulheres (n=79)		Teste t	
	Média (DP)	IC95%	Média (DP)	IC95%	Valor	p
Idade (anos)	23,84 (3,80)	22,97 a 24,71	23,87 (3,46)	23,10 a 24,65	0,053	0,958
Estatura (cm)	178,09 (7,51)	176,37 a 179,80	166,02 (5,63)	164,76 a 167,28	-11,333	0,001
Peso Corporal (kg)	75,91 (11,90)	73,19 a 78,63	59,75 (8,56)	57,83 a 61,67	-9,728	0,001
GER _{CI} (kcal/dia)	2105,90 (285,31)	2040,70 a 2171,10	1615,63 (174,34)	1576,58 a 1654,68	-12,964	0,001
GER _{Hayes} (kcal/dia)	1698,48 (155,68)	1662,90 a 1734,05	1145,46 (104,89)	1121,97 a 1168,96	-26,025	0,001
Composição Corporal (DXA) - Nível Molecular						
MG (kg)	15,20 (8,41)	13,28 a 17,12	20,04 (6,62)	18,55 a 21,52	3,987	0,001
CMO (kg)	3,21 (0,48)	3,10 a 3,32	2,46 (0,35)	2,38 a 2,54	-11,024	0,001
MTM MMSS (kg)	7,47 (1,20)	7,19 a 7,74	3,88 (0,56)	3,75 a 4,01	-23,821	0,001
MTM MMII(kg)	19,21 (2,45)	18,65 a 19,77	12,74 (1,63)	12,38 a 13,11	-19,384	0,001
MTM Tronco (kg)	26,92 (3,19)	26,19 a 27,65	17,59 (1,97)	17,14 a 18,03	-21,959	0,001
MTMA (kg)	26,68 (3,46)	25,89 a 27,48	16,63 (2,14)	16,15 a 17,11	-21,837	0,001
Área craniana (cm ²)	231,92 (14,54)	228,59 a 235,24	214,87 (12,53)	212,06 a 217,68	-7,825	0,001
Composição Corporal (DXA) - Nível Tecidual						
TA (kg)	17,93 (9,92)	15,67 a 20,20	23,64 (7,81)	21,89 a 25,39	3,987	0,001
TO (kg)	6,20 (0,93)	5,99 a 6,41	4,76 (0,67)	4,61 a 4,91	-11,024	0,001
TME (kg)	31,26 (3,92)	30,36 a 32,15	19,28 (2,41)	18,74 a 19,82	-22,982	0,001
Cérebro (kg)	1,60 (0,07)	1,58 a 1,61	1,31 (0,06)	1,30 a 1,32	-26,217	0,001
TR (kg)	18,91 (2,86)	18,25 a 19,56	10,74 (2,30)	10,22 a 11,25	-19,587	0,001
Estimativa do GER_{Hayes}						
GE _{Hayes-TA} (Kcal/dia)	80,72 (44,66)	70,51 a 90,93	106,41 (35,16)	98,53 a 114,29	3,987	0,001
GE _{Hayes-TO} (Kcal/dia)	14,27 (2,14)	13,78 a 14,76	10,95 (1,56)	10,68 a 11,30	-11,024	0,001
GE _{Hayes-TME} (Kcal/dia)	406,39 (50,97)	394,74 a 418,03	250,70 (31,43)	243,66 a 257,74	-22,982	0,001
GE _{Hayes-C} (Kcal/dia)	383,90 (17,45)	379,91 a 387,89	315,44 (15,05)	312,07 a 318,81	-26,217	0,001
GE _{Hayes-TR} (Kcal/dia)	813,19 (123,40)	784,99 a 841,39	461,94 (98,94)	439,78 a 484,10	-19,587	0,001

DXA: Absorciometria de raio-x de dupla energia; GER_{CI}: Gasto energético de repouso por calorimetria indireta; GER_{Hayes}: Gasto energético de repouso Hayes et al., 2002; MG: Massa gorda; CMO: Conteúdo mineral ósseo; MTM: Massa de tecido magro; MTMA: Massa de tecido magro apendicular; MMSS: Membros superiores; MMII; Membros inferiores; TO: Tecido ósseo; TA: Tecido adiposo; TME: Tecido músculo esquelético; TR: Tecido Residual; GE_{Hayes-TA}: Gasto energético do tecido adiposo Hayes et al. (2002); GE_{Hayes-TO}: Gasto energético do tecido ósseo Hayes et al. (2002); GE_{Hayes-TME}: Gasto energético do tecido músculo esquelético Hayes et al. (2002); GE_{Hayes-C}: Gasto energético do cérebro Hayes et al. (2002); GE_{Hayes-TR}: Gasto energético do tecido residual Hayes et al. (2002);

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para idade entre homens e mulheres, no entanto os homens foram significativamente maiores, mais pesados e apresentaram maiores valores ($p<0,001$) de MITA (CMO, MTM de MMSS, MMII e Tronco),

área craniana e TR e menores valores de MG e TA ($p<0,001$) em relação às mulheres. Nas comparações do GE específicas para cada componente entre sexo, os homens apresentaram maiores gastos ($p<0,001$) na comparação para todos os componentes em relação às mulheres, exceto no gasto do TA ($p<0,001$) (Tabela 5).

A estimativa do GER total e para cada componente derivado da DXA (nível molecular) transformado para o nível tecidular para homens e mulheres estão dispostos na Figura 6.

Figura 6 - Estimativa do gasto energético de repouso GER_{Hayes} em homens e mulheres

GER: gasto energético de repouso; GER_{TA} : gasto energético de repouso do tecido adiposo; $GER_{Cérebro}$: gasto energético de repouso do cérebro; GER_{TME} : gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético; GER_{TO} : gasto energético de repouso do tecido ósseo; GER_{TR} : gasto energético de repouso do tecido residual.

Nessa forma de expressão o GER estatisticamente maior dos homens está melhor representado. Nesses dados obtidos da CC (DXA), o GER total está constituído prioritariamente por GER_{TR} (47,9%; 40,3%), seguido do $GER_{Cérebro}$ (22,6%; 27,5%), GER_{TME} (23,9%; 21,9%), do GER_{TA} (4,8%; 9,3%) e por último do GER_{TO} (0,8%; 1,0%), para homens e mulheres, respectivamente. Como esperado, as mulheres apresentaram maior quantidade de GER_{TA} (órgão com baixa taxa metabólica) e menores quantidades de GER_{TME} , GER_{TR} e $GER_{Cérebro}$ em relação aos homens.

A Figura 7 mostra o GER_{CI} medido pela CI, no entanto não é possível visualizar qual componente apresenta maior influência na composição do GER.

Figura 7 - Gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta em homens e mulheres

A Figura 8 expressa os valores relativos para cada sexo, dos componentes corporais e valores relativos de GER.

Figura 8 - Componentes corporais e gasto energético de repouso dados por DXA, expressos em valores relativos para homens (a) e mulheres (b)

CC: componentes corporais; GER: gasto energético de repouso; TA: tecido adiposo; TME: tecido músculo esquelético; TO: tecido ósseo; TR: tecido residual.

O GER_{CI} estima apenas o gasto do corpo total, uma vez que a CI não permite o fracionamento do GER dos órgãos e tecidos. Assim, essa abordagem permite uma avaliação mais fina levando em consideração as diferentes atividades metabólicas. Visto que, a MITA pode ser considerada como órgãos com alta e baixa taxa metabólica. Por exemplo, cérebro, embora represente de 2% a 3% do peso corporal total, responde por 22,6% e 27,5 no GER para homens e mulheres, respectivamente. Por outro lado, o TO representa 8 a 9% do peso corporal e é responsável por menos 1% do GER. Contudo, o TA que compreende 23,6% e 39,6% do peso corporal, responde por apenas 4,8% e 9,3% do GER para homens e mulheres, respectivamente (Figuras 8a e 8b).

7.2 Validação do modelo preditivo de Hayes para estimativa do GER por DXA.

Para atender ao objetivo de validação do método preditivo do GER_{Hayes} a Tabela 6 apresenta uma comparação entre o método de referência e o modelo de transformação de níveis (HAYES et al., 2002) e determinação de gasto para cada componente (Tabela 3). Os indicadores de validação utilizados consideraram o GER_{CI} corpo total como referência, na comparação com o GER_{Hayes} total, derivado da soma do gasto metabólico de cada componente.

Tabela 6 - Validação entre GER_{Hayes} e GER_{CI}

	GER_{CI}	GER_{Hayes}	Teste de diferenças			CCC
	Média (dp)	Média (dp)	t	p	(ρ_c)	IC 95%
Total (n=155)	1856,02 (339,85)	1416,62 (307,08)	-28,206	0,001	0,824	0,355 a 0,491
Homens (n=76)	2105,90 (285,31)	1698,48 (155,68)	-15,706	0,001	0,613	0,122 a 0,273
Mulheres (n=79)	1615,63 (174,34)	1145,46 (104,89)	-27,473	0,001	0,499	0,035 a 0,102

GER_{CI} : Gasto energético de repouso medido por calorimetria indireta (kcal/dia); GER_{Hayes} : Gasto energético de repouso Hayes et al. (2002) (kcal/dia); EPE: Erro padrão da estimativa; CCC: Coeficiente de correlação de concordância.

Com base nas análises, diferenças estatísticas ($p < 0,001$) foram observadas entre GER_{CI} e GER_{Hayes} na comparação da amostra total, dos homens e das mulheres. O coeficiente

de correlação de concordância (CCC) foi classificado como pobre, uma vez que apresentou valores < 90 , além disso, o IC 95% não indicou confiabilidade do modelo (Tabela 6).

O gráfico de diferenças (Bland-Altman) também foi utilizado para identificar o grau de concordância entre os métodos (GER_{CI} e GER_{Hayes}), que confirmou os resultados anteriores, permitindo melhor visualização dessas comparações (Figura 9).

Figura 9 - Plotagem de Bland-Altman e nível de concordância entre o GER em kcal medido pela CI (GER_{CI}) e valores do GER estimado por DXA (GER_{Hayes})

GER_{CI}: gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta (kcal/dia); GER_{Hayes}: gasto energético de repouso estimado por DXA de acordo com o modelo do Hayes et al. (2002): Amostra total – letra a; Homens – letra b; Mulheres – letra c.

Os resultados retratam vieses na média das diferenças entre o medido e o predito. O GER_{Hayes} subestimou o GER_{CI} tanto para a amostra total (- 439,4 kcal), como para homens (- 407,4 kcal) e mulheres (- 470,2 kcal).

O limite de concordância (95%) tanto para os três agrupamento de comparações apresentou uma variância entre os limites superiores e inferiores de -59,3 e -819,5; 35,8 e - 850,6 kcal; -172,0 e -768,3 para a amostra total, homens e mulheres, respectivamente (Figuras 9 a, b e c).

Portanto os resultados dos testes de diferenças (t), de CCC e concordância entre métodos (BLAND; ALTAMN, 1986) não confirmaram a validade do modelo de Hayes et al. (2002) para esta amostra de jovens brasileiros.

7.3 Proposição e Validação do método preditivo de GER, especificando os componentes corporais segmentados por DXA, considerando sexo.

Uma vez que não foi possível validar o modelo, foi calculado o valor relativo (%) do GER de cada componente no nível tecidual, a partir do GER_{Hayes}, para homens e mulheres. A Tabela 7 expressa a participação de cada componente na composição do GER_{CI} de corpo total para ambos cada sexo.

Tabela 7 - Valores relativos médios do GER de cada componente, considerado sexo

	% GER _{TA}	% GER _{TO}	% GER _{TME}	% GER _{Cérebro}	% GER _{TR}
Masculino (n=76)	4,79	0,84	23,89	22,77	47,71
Feminino (n= 79)	9,40	0,96	21,88	27,73	40,03

GER_{TA}: Gasto energético de repouso do tecido adiposo; GER_{TO}: Gasto energético de repouso do tecido ósseo; GER_{TME}: Gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético; GER_{Cérebro}: Gasto energético de repouso do cérebro GER_{TR}: Gasto energético de repouso do tecido residual;

O valor relativo foi aplicado ao GER_{CI} de forma equivalente, sendo possível determinar o GER de cada componente (Figura 10 (a) para homens e (b) mulheres).

Figura 10 - Relativização do GER_{Hayes} para o GER_{CI} para homens (a) e mulheres (b)

GER_{Hayes}: gasto energético de repouso Hayes et al. (2002); GER_{CI}: gasto energético de repouso relativizado pela calorimetria indireta; GER_{TR}: gasto energético de repouso do tecido residual; GER_{TO}: gasto energético de repouso do tecido ósseo; GER_{TME}: gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético; GER_{Cérebro}: gasto energético de repouso do tecido do cérebro; GER_{TA}: gasto energético de repouso do tecido adiposo; Homens (a); Mulheres (b).

A partir dos valores do GER (kcal/dia) para cada componente, o modelo de Regressão Linear (Enter) foi aplicado, considerando como variável dependente a variável obtida a partir da relativização, e como variáveis independentes, a componente relativa³ dada por DXA mais a variável sexo (masc. = 1; fem. = 0).

³ A variável relativa considerou a transformação de níveis, do molecular (DXA) para o tecidual, onde são determinados valores de GER para cada componente (TA, TO, TME, Cérebro, TR e Total).

A Tabela 8 demonstra as equações geradas e detalha os resultados observados de baixa multicolinearidade com aceitáveis limites de tolerância para *eigenvalues* ($L < 100$) e VIF (< 5) (MYERS, 1990).

Tabela 8 - Análise de regressão linear simples (método Enter), determinantes de multicolinearidade, coeficiente de correlação (r), determinação (r^2) e erro padrão da estimativa (EPE) para as variáveis do modelo

Variável Dependente	Variáveis independentes	VIF	<i>Eigenvalues</i>	r^2	r^2 ajust.	EPE
	Componentes DXA / sexo					
GER _{CI-TA}	8,09 (MG) - 10,29 (sexo) - 9,47	1,104	2,453	0,956	0,955	14,23
GER _{CI-TO}	6,64 (CMO) - 2,74 (sexo) - 0,85	1,794	2,646	0,745	0,742	1,77
GER _{CI-TME}	20,99 (ATMM) - 60,87 (sexo) + 6,03	4,117	2,674	0,814	0,812	46,30
GER _{CI-Cérebro}	1,32 (AC) + 7,57 (sexo) + 162,31	1,402	2,624	0,193	0,182	48,12
GER _{CI-TR}	37,54 (MR) - 25,6 (sexo) - 127,86	4,513	2,670	0,850	0,848	87,23

GER_{CI-TA}: gasto energético de repouso do tecido adiposo relativizado pela CI; GER_{CI-TO}: gasto energético de repouso do tecido ósseo relativizado pela CI; GER_{CI-TME}: gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético relativizado pela CI; GER_{CI-Cérebro}: gasto energético de repouso do cérebro relativizado pela CI; GER_{CI-TR}: gasto energético de repouso do tecido residual relativizado pela CI; MG: massa gorda (kg); CMO: conteúdo mineral ósseo (kg); ATMM: apendicular de tecido mole e magro (kg); AC: área craniana (cm²); MR: massa residual (kg); MR = Peso corporal - (MG + CMO + ATMM); EPE: erro padrão da estimativa (kcal); sexo[#]: 0 para mulheres, 1 para homens; Sig *: $p < 0,001$.

Com exceção do GER_{CI-Cérebro} todos os modelos gerados, mostraram coeficientes de moderados a muito altos, tanto de r^2 (0,75 a 0,96) como de r^2 ajustado (0,74 a 0,96). Todas as variáveis independentes foram estatisticamente significantes ($p < 0,001$) para cada modelo e o EPE ($\cong 37,5$ kcal/dia) representou $\cong 2,02\%$ do GER_{CI} médio (1856 kcal/dia) da amostra total (Tabela 4). No entanto, para predizer GER_{CI-Cérebro} apenas a área craniana foi significativa ($p < 0,001$), mas não a variável sexo ($p = 0,410$), com baixo r^2 e elevado valor relativo do EPE $\cong 2,58\%$ do GER_{CI} corpo total.

7.4 Validação cruzada do modelo

O procedimento de validação interna PRESS (*Predictive Sum of Squares*) (HOLIDAY; BALLARD; MCKEOWN, 1995) foi adotado neste estudo, com a finalidade de indicar a capacidade preditiva do modelo para cada componente (Tabela 9). A estatística

PRESS tem como finalidade medir o poder de uma equação preditiva, com a mesma precisão de quando aplicada a amostras independentes (MYERS, 1990).

A Tabela 9 apresenta a soma dos quadrados PRESS, coeficientes de determinação e desvio (S_{PRESS}) para o GER de cada componente no nível tecidual, a partir das equações preditivas no nível molecular (DXA).

Tabela 9 - Validação pela soma dos quadrados PRESS, coeficientes de determinação (R^2_{PRESS}) e desvio (S_{PRESS}) para o GER do tecido adiposo, ósseo, músculo esquelético, cérebro e residual

	PRESS	R^2_{PRESS}	S_{PRESS}
GER_{CI-TA}	32344,3	0,9536	14,23
GER_{CI-TO}	496,166	0,7336	1,77
GER_{CI-TME}	338702	0,8069	46,30
$GER_{CI-Cérebro}$	365255	0,1626	48,12
GER_{CI-TR}	345123	0,8440	87,22

GER_{CI-TA} : gasto energético de repouso do tecido adiposo relativizado pela CI; GER_{CI-TO} : gasto energético de repouso do tecido ósseo relativizado pela CI; GER_{CI-TME} : gasto energético de repouso do tecido músculo esquelético relativizado pela CI; $GER_{CI-Cérebro}$: gasto energético de repouso do cérebro relativizado pela CI; GER_{CI-TR} : gasto energético de repouso do tecido residual relativizado pela CI.

Os resultados indicam a validade das equações para estimar o GER para cada componente através dos altos valores de R^2_{PRESS} (0,73 a 0,95), exceto para cérebro (0,16) e baixos valores S_{PRESS} para cada componente (Tabela 9).

Adicionalmente, uma nova análise de concordância (BLAND; ALTMAN, 1986) (Apêndice C) entre as novas equações e GER_{CI} foram realizadas. Os valores indicaram que os vieses foram eliminados entre as médias medidas e preditas. Considerando o intervalo de 95%, observaram-se intervalos entre os limiares superior e inferior de cada gráfico entre 317,4 e -317,3; 367,3 e -367,3; 262,9 e - 262,8 para amostra total, de homens e de mulheres, respectivamente.

8. DISCUSSÃO

Este trabalho teve como finalidade determinar o GER em jovens universitários de forma multicompartimentada, através da DXA, tendo como método referência a CI. Considerou-se a CC e o GER no nível tecidular em uma fase estável/equilíbrio da idade adulto, justamente para assegurar que os resultados obtidos não fossem influenciados por fatores externos, por exemplo, envelhecimento.

A inovação do presente estudo foi desenvolver e validar equações para estimar o GER para diferentes tecidos, considerando sexo. Uma vez que, diferenças raciais influenciam o GER (MCMURRAY et al., 2014), justificando a importância de equações específicas para cada população. Como a população brasileira originou-se através da mistura de diversos grupos humanos, nesse estudo considerou-se uma única etnia por conta dessa miscigenação.

A CC multicompartimentada foi apresentada nos níveis: molecular (II) e transformados para o nível tecidular (IV) (WANG; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992). Os principais componentes pertencentes ao nível tecidular são: TME, TA, TO e órgãos viscerais. Alguns componentes do nível IV, como o cérebro é único e sólido, no entanto, outros componentes como o TA e TME são distribuídos por todo o corpo (SHEN et al., 2005). O cérebro em adultos varia amplamente entre os indivíduos (KOH et al., 2005; WOODS et al., 2006) e difere aproximadamente 100g entre os sexos (PAUS, 2010) (Tabela 5).

Podem ser considerados “órgãos viscerais” ou “resíduos” (como denominado neste estudo) o coração, fígado e pulmão. Neste estudo, o TR expressou uma participação relativa e absoluta de 22% (14,7 kg) da composição da MC total (Figura 5 e Tabela 4).

Nesse sentido, a referência humana do TR, para um adulto do sexo masculino, apresenta o peso do coração, 330g; do baço, 180g; fígado, 1800g; pulmões, 1000g; estômago, 150g; seios, 26g; rins, 310g; pâncreas, 100g; cérebro, 1400g e cordão espinhal, 30g (HEYMSFIELD et al., 2005) totalizando um peso de 5,326 kg. Ainda, é preciso acrescentar a quantidade de sangue circulante, por exemplo, em um adulto com 70 kg (peso próximo ao valor médio desse grupo) a estimativa é que ele tenha 5200 ml de sangue circulante que está contido nos 42000 ml de água corporal total⁴ (MACHADO, 2015). Nesse sentido, esses valores justificam os valores relativo (22%) e absoluto (14,7 kg) (Figura 5 e Tabela 4) encontrados nesse estudo.

⁴ Valor calculado de acordo com a estimativa de 600ml/kg em um adulto de 70 kg.

Nas pesquisas que envolvem a CC o estado da arte mostra cinco níveis (WANG; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992) que aumentam a complexidade em cada nível, assim o conceito de MG (nível molecular) e TA (nível tecidual), geralmente são apresentados como sinônimos, no entanto eles apresentam diferenças quanto às suas características ponderais e metabólicas. O TA contém material que não é somente gordura, como o tecido conjuntivo, com predominância dos adipócitos (células adiposas) que acumulam lipídeos, além de fluídos extracelulares, matriz extracelular, vasos sanguíneos e nervos (SHEN et al., 2005), explicando assim, os maiores valores de TA em relação aos valores reportados de MG.

O CMO medido por DXA não considera o valor total absoluto, pois durante a o processo de medição há um aquecimento do CMO pela radiação acima de 500° C ocasionando uma pequena perda de CO₂ e H₂O (BROZEK et al., 1963; MENDEZ et al., 1960). Dessa forma, a literatura reporta que 1 g de CMO equivale a 0,9582 de CMO (MENDEZ et al., 1960). Portanto, é preciso fazer a correção multiplicando o CMO (medido por DXA) por 1,0436 (BALLOR, 1996; HEYMSFIELD et al., 2015).

Assim, o TO oferece contribuição diferente na composição do tamanho total do esqueleto ou estatura, visto que essas proporções variam de acordo com idade, sexo e etnia (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2004) e possivelmente influenciam a estimativa da CC.

O TME, maior componente isento de gordura do corpo humano (HEYMSFIELD et al., 2014), representa, aproximadamente, 30% a 40% do peso corporal em mulheres (58kg) e homens (70kg), respectivamente (SNYDER et al., 1975). Nessa amostra, os valores observados do TME, representaram 37% (25,1 kg) do peso corporal total (67,7 kg) (Figura 5 e Tabela 4).

Assim, temos que o TME e o TA são responsáveis por aproximadamente 70% da MC total em adultos, componentes básicos para os estudos da CC, sendo que os ossos, resíduos e cérebro, representaram cerca de 30% da MC dos adultos.

8.1 Estimativa do gasto energético de repouso considerando sexo

Os homens e as mulheres foram analisados separadamente, uma vez que as diferenças entre os sexos podem influenciar a CC, por exemplo, porcentagem de peso corporal e gordura, bem como as funções fisiológicas, como é o caso do GER (GALLAGHER et al., 2000a). Todavia, não foram encontradas diferenças entre sexo para a taxa metabólica específica (WANG et al., 2011).

Estudos têm mostrado diferenças no GER entre homens e mulheres (BYRNE et al., 2005; DIONNE et al., 1999; HENRY, 2005). Neste estudo, o GER medido foi 24% maior nos homens (2105,9 kcal/dia) em relação às mulheres (1615,6 kcal/dia), assim como encontrado por Arciero, Goran e Poehlman (1993) (Tabela 5). Esse menor gasto para as mulheres pode ser explicado devido a maior quantidade de tecido adiposo, que é um tecido com baixo consumo de $O_2 \cong 4,5$ kcal/kg/dia (ELIA, 1992b), e menor quantidade de TME (MCMURRAY et al., 2014), em relação aos homens. Além do mais, o declínio da CC e do GER iniciam mais cedo nas mulheres do que nos homens para TME (29,4 vs 39,6 anos), TA (38,2 vs 49,9 anos), massa dos órgãos (34,7 vs 45,7 anos) e o GER (31,9 vs 36,8 anos), sendo que a magnitude dessa redução é de 470 kJ/década (112 kcal/década) 310 kJ/década (74 kcal/década) para mulheres e homens, respectivamente (GEISLER et al., 2016a). Um estudo longitudinal German Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA) encontrou uma redução maior em homens do que em mulheres, 11,2 kJ/d (2,7 kcal/d) e 34,1 kJ/d (8,2 kcal/d) por ano, respectivamente (LUHRMANN; EDELMANN-SCHAFER; NEUHAUSER-BERTHOLD, 2010). Assim, o GER diminui cerca de 1% a 2% por década em indivíduos acima dos 20 anos (ELIA, 1992b). Essa redução pode ser parcialmente explicada pela redução na MITA (BOSY-WESTPHAL et al., 2003; MOLNAR; SCHUTZ, 1997), bem como alterações nos componentes ativos metabolicamente (BOSY-WESTPHAL et al., 2003). Associações positivas entre as mudanças na MITA e no GER foram encontradas nos homens, mas não em mulheres (COOPER et al., 2013).

Diferenças não foram encontradas entre as idades e grupos etários, uma vez que, a maioria dos estudos verificando a influência da idade no GER realizaram agrupamentos similares à faixa etária deste estudo (18-30 anos) (CHENG et al., 2016; GEISLER et al., 2016b; MCMURRAY et al., 2014; SIERVO et al., 2015;). As diferenças ocorrem em adultos mais velhos, acima de 70 anos, quando comparados a adultos mais jovens (KWAN; WOO; KWOK, 2004; MELZER et al., 2007).

Garby et al. (1993), através de autópsia, encontrou que homens apresentam maior cérebro em relação às mulheres, portanto maiores valores de $GER_{\text{Cérebro}}$ (Tabela 5). Estudos anteriores encontraram uma diferença no cérebro de 14% para homens quando comparado às mulheres (PAUS, 2010). Essa desigualdade entre os sexos também é acompanhada por diferenças anatômicas do cérebro de um adulto (LUDERS; TOGA, 2010). Nesse sentido, embora o cérebro represente aproximadamente 2% da MC (HEYMSFIELD et al., 2007; SNYDER et al., 1975), a sua contribuição é por volta de um quinto do GER corpo total (HEYMSFIELD et al., 2009; MULLER et al., 2013). A variação da massa cerebral, portanto,

pode ser pequena, mas clinicamente significativa, entre as diferenças individuais de necessidades energéticas (LEONARD; SNODGRASS; ROBERTSON, 2007; MULLER et al., 2002). Nesta amostra, as mulheres apresentaram menor cérebro (kg) e menor gasto do cérebro (kcal) em relação aos homens, contudo quando verificou sua influência no GER, o $GER_{\text{cérebro}}$ respondeu por 22,6% e 27,5% para homens e mulheres, respectivamente, assim o cérebro oferece maior influência para as mulheres do que para os homens (Figuras 8a e b; Tabela 5).

Esse fato pode ser explicado pela heterogeneidade da MITA, ou seja, órgãos com alta e baixa taxa metabólica variam sistematicamente na produção de calor de acordo com a MC (HEYMSFIELD et al., 2002). Nesse sentido, indivíduos com maior MITA têm menor GER relativo para MITA quando comparados com indivíduos com maior MITA (HEYMSFIELD et al., 2002, 2012) (Figuras 8a e b). Em um estudo com adolescentes, Venturini et al. (2017) observou maiores valores de GER corpo total e GER do tecido residual em adolescentes abaixo do peso em comparação com adolescentes obesos. Esses resultados foram evidenciados quando o $GER_{\text{Cérebro}}$ apresentou maior contribuição na constituição do GER nas mulheres em relação aos homens.

Essas observações são importantes e têm implicações relevantes para a avaliação e interpretação das diferenças na produção de calor entre indivíduos (HEYMSFIELD et al., 2002).

8.2 Validação do método preditivo do GER_{Hayes} para adultos jovens de ambos os sexos

Atualmente, procedimentos de validação vêm sendo empregados, sobretudo, para a análise de equações para a estimativa do GER considerando a atividade metabólica dos diferentes componentes corporais, por meio de métodos de referência como a calorimetria indireta. Até o momento, no Brasil, não foram publicados estudos para validação de equações que estimem o GER de forma multicompartimentada considerando sexo.

O modelo testado não atendeu aos critérios de validação estabelecidos neste estudo, dessa maneira pode-se destacar a especificidade populacional e assim, a importância do desenvolvimento de equações específicas para cada população. Uma vez que, as características da população que a equação foi validada devem apresentar diferenças das características desse estudo. Todavia Hayes et al. (2002) não cita a população a qual as equações foram geradas.

Vários estudos demonstraram que o GER pode diferir entre diferentes grupos étnicos, por exemplo, mulheres afro-americanas (FOSTER; WADDEN; VOGT, 1997), homens (WEYER et al., 1999) e crianças (SUN et al., 2001) apresentaram menor GER quando comparados a indivíduos brancos, independente de peso corporal, MITA ou MG. Além disso, a proporção de órgãos e tecidos que constituem a MITA diferem entre grupos étnicos contribuindo para as diferenças étnicas no GER (GALLAGHER et al., 2006; SONG et al., 2016). Além disso, mulheres afro-americanas têm similares ou menores quantidades de gordura corporal total (GALLAGHER et al., 1996) e maiores quantidades de TO e TME (ORTIZ et al., 1992) em relação às mulheres brancas.

8.3 Nova abordagem para avaliar o GER_{Hayes} em adultos

Para avaliar a aplicabilidade do GER_{Hayes} em adultos jovens, uma nova abordagem foi desenvolvida, utilizando a relativização do GER_{Hayes} aplicada ao GER_{CI} com o método de análise de regressão linear simples (método Enter) e o procedimento de validade interna através da soma dos quadrados dos resíduos (PRESS).

A base teórica que sustenta a estratégia da relativização ocorreu devido os semelhantes resultados encontrados neste estudo com a literatura, como por exemplo, o TA representou 23,6% e 39,6% do peso corporal e uma influência de 4,8% e 9,3% no GER para homens e mulheres, respectivamente (Figuras 8a e b). Além disso, a literatura a partir de extrapolações tendo como base observações do comportamento de uma variedade de adipócitos in vitro (HALLGREN et al., 1989) sugerem um gasto de 4% e uma abordagem estatística baseada em medidas de CC e gasto energético de corpo total indica um valor de 5% para indivíduos com 20% de gordura corporal (GARBY et al., 1988). O TME representa em média 40% do peso corporal (Figura 5) e uma contribuição para o GER de 20 a 25% (Figuras 8a e b) para homens e mulheres, de modo respectivo (ELIA, 1992a; GALLAGHER et al., 1998).

Além do mais, abordagem semelhante à empregada nesse estudo foi realizada para avaliar a taxa metabólica específica dos principais órgãos e tecidos em toda idade adulta (WANG et al., 2010), entre homens e mulheres (WANG et al., 2011) e entre mulheres obesas e não obesas (WANG et al., 2012).

A relativização entre o GER_{Hayes} e o GER_{CI} (Figura 10) parece ser uma variável natural para o uso de regressão linear simples, com seis variáveis explicativas (MG, CMO, ATMM, MR, área craniana e sexo). A utilização do método de regressão linear simples não carece de

conhecimentos prévios sobre o GER. Assim, a existência do GER_{Hayes} permitiu avaliar e propor novas equações para estimar o gasto de cada tecido.

Nossos resultados mostraram que o GER_{Hayes} foi significativamente menor que o GER_{CI} para amostra total, homens e mulheres, respectivamente (Tabela 5) explicando 67,8%; 37,6% e 24,9% para amostra total, homens e mulheres, respectivamente do GER_{CI} . Há três possíveis razões para explicar essa observação: Primeira, questões étnicas podem influenciar o GER e a CC, tendo como exemplo os afro-americanos que apresentam um GER de 10% a 20% menor do que os caucasianos (GANNON; DIPIETRO; POEHLMAN, 2000), além disso, eles apresentam menor quantidade de gordura em relação aos caucasianos (LISKA et al., 2007), bem como o peso dos órgãos varia significativamente entre diferentes grupos étnicos (GALLAGHER et al.; 1998, 2006). Da mesma forma, Song et al. (2016) encontraram que o GER dos chineses é maior em relação aos dos indianos e asiáticos podendo ser explicado pelas diferenças nos órgãos metabolicamente ativos.

Segundo, as diferenças raciais diferem também na taxa metabólica específica dos órgãos e tecidos. Para quantificar a taxa metabólica de órgãos e tecidos in vivo é possível através de métodos de imagem, como a ressonância magnética (GALLAGHER et al., 1998; MULLER et al., 2013) e através das medidas de diferenças arteriovenosas em órgãos e tecidos usando o método Fick (ou seja, análise de entrada-saída) ao calcular VO_2 de órgão ou tecido como: Órgão/ perfusão de tecido x (concentração arterial de O_2 - concentração venosa mista de O_2) (MULLER et al., 2013)

Terceiro, os indivíduos podem não só diferir em altura e peso, mas também em relação à sua composição. Em outras palavras, órgãos relativamente pequenos para o peso e a altura podem apresentar uma alta taxa metabólica específica (como o cérebro), enquanto os órgãos relativamente maiores conotam uma taxa metabólica específica menor (como por exemplo, o TA). Assim, além da massa de órgãos, a constituição pode adicionar ainda a variância em taxas metabólicas específicas. (MULLER et al., 2011).

Dessa forma, equações específicas que levem em conta as características específicas de cada população são importantes. Nossos resultados mostraram elevados valores de r^2 para o gasto do TA, TME, TO e TR e valor mais baixo para o gasto do cérebro (Tabelas 8 e 9). Estes valores suportam a aplicabilidade das equações propostas em adultos jovens com características semelhantes a nossa amostra.

8.4 Validação cruzada do modelo preditivo

O método de validade interna PRESS (HOLIDAY; BALLARD; MCKEOWN, 1995) foi adotado, com base na exclusão de um caso (deixado fora do modelo), sendo propostas equações com a amostra restante e replicadas por meio de validação cruzada para cada sujeito eliminado. Assim, um modelo com alto grau de probabilidade para as observações que não foram incluídas, demonstra valores próximo de 1 (um) para o coeficiente de PRESS (R^2_{PRESS}) e próximo de 0 (zero) para o erro de PRESS (S_{PRESS}).

O método PRESS confirmou a eficácia do modelo em predizer o gasto energético dos componentes TA, TO, TME e TR com elevada validade interna através de altos coeficientes de determinação (R^2_{PRESS} = 0,95; 0,74; 0,81; 0,85) e baixos erros de predição (S_{PRESS} = 14,23; 1,77; 46,30 e 87,22), respectivamente. Em outras palavras, o resultado do R^2_{PRESS} = 0,955 para $\text{GER}_{\text{CL-TA}}$ indica que o modelo é capaz de explicar em média 95% da variabilidade do gasto.

Contrariamente, baixos valores de R^2_{PRESS} foram observados no modelo predito para estimar o $\text{GER}_{\text{Cérebro}}$, todavia esses valores são similares aos encontrados em estudos anteriores (HEYMSFIELD et al., 2009, 2012). Por exemplo, Heymsfield et al. (2012) avaliou o cérebro de 112 homens e 148 mulheres utilizando ressonância e encontrou valores de r^2 variando entre 0,10 e 0,18 para homens e mulheres, respectivamente.

É importante destacar que o EPE para o $\text{GER}_{\text{Cérebro}}$ equivale à mesma proporção do seu peso, ou seja, sua imprecisão preditiva é equivalente a sua participação na composição da MC total.

Nesse sentido, o modelo para estimar o GER considerando os componentes corporais propostos neste estudo fornece uma ferramenta prática quando comparada a outros métodos de imagem (ressonância magnética e tomografia) e não fornece apenas a estimativa qualitativa dos componentes corporais, mas também a produção de calor proporcionando melhor compreensão sobre o GER e CC em adultos jovens, ou seja, é uma estimativa mais detalhada do GER.

Além disso, é possível verificar as diferenças existentes no GER em indivíduos com o mesmo peso, mas com diferente CC.

9. CONCLUSÕES

Foi possível estimar o GER de jovens de forma multicompartimentada, a partir dos valores dados por DXA, dessa forma, possibilidade de uma nova perspectiva para aplicação prática e novas interpretações dos componentes corporais, na estimativa de GER a partir dos componentes corporais no nível molecular dados por DXA foi possível.

A determinação da CC para os dois níveis (molecular e tecidual) deu-se pela necessidade de transformação das massas (DXA) em tecidos, possibilitando a estimativa de GER apenas neste nível. Isto permitiu identificar os tecidos com maior participação na constituição do GER e a partir dessa equivalência, foi possível propor um modelo a partir do nível molecular.

A constituição dos componentes da CC e GER diferem entre homens e mulheres, mas não entre as idades de adultos jovens. Desse modo, esse estudo encontrou que a maior parcela da MC é constituída por TME e TA para homens e mulheres, respectivamente, impactando no maior GER de homens uma vez que o TA predominante nas mulheres representa menor taxa metabólica específica. Adicionalmente, temos que a maior contribuição para o GER corpo total provém do TR, para homens e mulheres. Indicando a importância de considerar as diferentes atividades metabólicas de cada órgão e tecido, requerendo avanço nas pesquisas de estimativa do GER visceral a partir da DXA.

A validação do modelo de Hayes et al. (2012) para estimar GER falhou nessa população. Assim, foi necessário propor e validar equações específicas para componentes no nível tecidual a partir dos dados originais de DXA, mesmo em nível molecular. Ou seja, os modelos propostos representando vantagens no uso da prática clínica. Os modelos apresentaram índices aceitáveis de estimativa ($r^2 \cong 0,71$; $EPE \cong 39,53$) e validação ($r^2_{PRESS} \cong 0,71$; $S_{PRESS} \cong 39,53$), constituindo-se em alternativas viáveis para determinação do GER em adultos jovens de ambos os sexos.

Em conclusão, essa abordagem traz implicações importantes para a avaliação e interpretação do metabolismo energético considerando as diferenças na produção de calor entre os indivíduos. É uma estratégia aplicável tanto para prescrição de exercícios quanto para manipulação de dietas para essa população, pois retrata a magnitude de produção de calor dos componentes corporais.

REFERÊNCIAS

ABATE, N.; BURNS, D.; PESHOCK, R. M.; GARG, A.; GRUNDY, S. M. Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection in human cadavers. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 35, n. 8, p. 1490-1496, 1994.

ALFONZO-GONZALEZ, G.; DOUCET, E.; ALMERAS, N.; BOUCHARD, C.; TREMBLAY, A. Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/UNU 1985 procedures in adults: comparison to whole-body indirect calorimetry measurements. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 58, n. 8, p. 1125-1131, 2004.

ARCIERO, P. J.; GORAN, M. I.; POEHLMAN, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 75, n. 6, p. 2514-2520, 1993.

BALLOR, D. L. Exercise training and body composition changes. In: LOHMAN, T. G. (Ed.). **Human body composition**. Champaign: Human Kinetics, 1996. p. 287-304.

BENEDETTI, F. J.; BOSA, V. L.; MOCELIN, H. T.; PALUDO, J.; MELLO, E. D. D.; FISCHER, G. B. Gasto energético em adolescentes asmáticos com excesso de peso: calorimetria indireta e equações de predição. **Revista Brasileira de Gastroenterologia e Nutrição**, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, p. 31-40, 2011.

BENEDICT, F. G. Basal metabolism data on normal men and women (series II) with some considerations on the use of prediction standards. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 85, n. 3, p. 607-620, 1928.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, **Lancet**, v. 1, n. 8476, p. 307-310, 1986.

BOGARDUS, C.; LILLIOJA, S.; RAVUSSIN, E.; ABBOTT, W.; ZAWADZKI, J. K.; YOUNG, A.; KNOWLER, W. C.; JACOBOWITZ, R.; MOLL, P. P. Familial dependence of the resting metabolic rate. **The New England Journal of Medicine**, Boston, v. 315, n. 2, p. 96-100, 1986.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

BOSY-WESTPHAL, A.; EICHHORN, C.; KUTZNER, D.; ILLNER, K.; HELLER, M.; MULLER, M. J. The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 133, n. 7, p. 2356-2362, 2003.

BOSY-WESTPHAL, A.; REINECKE, U.; SCHLORKE, T.; ILLNER, K.; KUTZNER, D.; HELLER, M.; MULLER, M. J. Effect of organ and tissue masses on resting energy expenditure in underweight, normal weight and obese adults. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, London, v. 28, n. 1, p. 72-79, 2004.

BOSY-WESTPHAL, A.; BRAUN, W.; SCHAUTZ, B.; MULLER, M. J. Issues in characterizing resting energy expenditure in obesity and after weight loss. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 4, p. 47, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. 2012. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 06 dez. 2017.

BROZEK, J.; GRANDE, F.; ANDERSON, J. T.; KEYS, A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. **Annals of the New York Academy of Science**, New York, v. 110, n., p. 113-140, 1963.

BUSSAB, W. D. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2002.

BYRNE, N. M.; HILLS, A. P.; HUNTER, G. R.; WEINSIER, R. L.; SCHUTZ, Y. Metabolic equivalent: one size does not fit all. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 99, n. 3, p. 1112-1119, 2005.

CENSI, L.; TOTI, E.; PASTORE, G.; FERRO-LUZZI, A. The basal metabolic rate and energy cost of standardised walking of short and tall men. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 52, n. 6, p. 441-446, 1998.

CHENG, Y.; YANG, X.; NA, L. X.; LI, Y.; SUN, C. H. Gender- and Age-Specific REE and REE/FFM Distributions in Healthy Chinese Adults. **Nutrients**, Switzerland, v. 8, n. 9, 2016.

CHERRY, S. R.; SORENSON, J. A.; PHELPS, M. E. **Physics in nuclear medicine**. Philadelphia: Saunders, 2003.

CLARK, H. D.; HOFFER, L. J. Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 53, n. 1, p. 21-26, 1991.

COMPHER, C.; FRANKENFIELD, D.; KEIM, N.; ROTH-YOUSEY, L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **Journal of American Dietetic Association**, New York, v. 106, n. 6, p. 881-903, 2006.

COOPER, J. A.; MANINI, T. M.; PATON, C. M.; YAMADA, Y.; EVERHART, J. E.; CUMMINGS, S.; MACKEY, D. C.; NEWMAN, A. B.; GLYNN, N. W.; TYLAVSKY, F.; HARRIS, T.; SCHOELLER, D. A. Longitudinal change in energy expenditure and effects on energy requirements of the elderly. **Nutrition Journal**, London, v. 12, n. 6, p. 73, 2013.

DALY, J. M.; HEYMSFIELD, S. B.; HEAD, C.; HARVEY, L.; NIXON, D.; KATZEFF, H.; GROSSMAN, G. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 42, n. 6, p. 1170-1174, 1985.

DANFORTH, E., JR. Diet and obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 41, n. 5 Suppl, p. 1132-1145, 1985.

DIONNE, I.; DESPRES, J. P.; BOUCHARD, C.; TREMBLAY, A. Gender difference in the effect of body composition on energy metabolism. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, London, v. 23, n. 3, p. 312-319, 1999.

DURNIN, J. V. Practical estimates of energy requirements. **The Journal of Nutrition**, Rockville v. 121, n. 11, p. 1907-1913, 1991.

ELIA, M. Organ and tissue contribution to metabolic rate. In: KINNEY, J. M.; TUCKER, H. N. (Eds.). **Energy metabolism: tissue determinants and cellular corollaries**. New York: Raven Press, 1992a. p. 61-79.

ELIA, M. Energy expenditure in the whole body. In: KINNEY, J. M.; TUCKER, H. N. (Eds.). **Energy metabolism: tissue determinants and cellular corollaries**. New York: Raven Press, 1992b. p. 19-59.

ELLIS, K. J. Body composition of a young, multiethnic, male population. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 66, n. 6, p. 1323-1331, 1997.

FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. **World Health Organization Technical Report Series**, Geneva, v. 724, n., p. 1-206, 1985.

FASSINI, P. G.; SILVA, H. J. H.; LIMA, C. M. M.; BRANDÃO, C. F. C. C. M.; WICHERT-ANA, L.; MARCHINI, J. S.; SUEN, V. M. M. Indirect Calorimetry: From Expired CO₂ Production, Inspired O₂ Consumption to Energy Equivalent. **Journal of Obesity & Weight Loss Therapy**, Los Angeles, v. S5, p. 1-3, 2015.

FRANKENFIELD, D.; ROTH-YOUSEY, L.; COMPER, C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, New York, v. 105, n. 5, p. 775-789, 2005.

FOSBOL, M. O.; ZERAHN, B. Contemporary methods of body composition measurement. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, v. 35, n. 2, p. 81-97, 2015.

FOSTER, G. D.; WADDEN, T. A.; VOGT, R. A. Resting energy expenditure in obese African American and Caucasian women. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 5, n. 1, p. 1-8, 1997.

FOWLER, P. A.; FULLER, M. F.; GLASBEY, C. A.; FOSTER, M. A.; CAMERON, G. G.; MCNEILL, G.; MAUGHAN, R. J. Total and subcutaneous adipose tissue in women: the measurement of distribution and accurate prediction of quantity by using magnetic resonance imaging. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 54, n. 1, p. 18-25, 1991.

FUKAGAWA, N. K.; BANDINI, L. G.; YOUNG, J. B. Effect of age on body composition and resting metabolic rate. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 259, n. 2, p. E233-238, 1990.

GALLAGHER, D.; VISSER, M.; SEPULVEDA, D.; PIERSON, R. N.; HARRIS, T.; HEYMSFIELD, S. B. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 143, n. 3, p. 228-239, 1996.

GALLAGHER, D.; BELMONTE, D.; DEURENBERG, P.; WANG, Z.; KRASNOW, N.; PISUNYER, F. X.; HEYMSFIELD, S. B. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 275, n., p. E249-258, 1998.

GALLAGHER, D.; BELMONTE, D.; DEURENBERG, P.; WANG, Z.; KRASNOW, N.; PISUNYER, F. X.; HEYMSFIELD, S. B. Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 275, p. E249-E258, 1998.

GALLAGHER, D.; ALLEN, A.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B.; KRASNOW, N. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. **Annals of the New York Academy of Science**, New York, v. 904, p. 449-455, 2000a.

GALLAGHER, D.; HEYMSFIELD, S. B.; HEO, M.; JEBB, S. A.; MURGATROYD, P. R.; SAKAMOTO, Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 72, n. 3, p. 694-701, 2000b.

GALLAGHER, D.; ELIA, M. Body Composition, Organ Mass, and Resting Energy Expenditure. In: HEYMSFIELD, S. B., LOHMAN, T. G. (Eds.). **Human Body Composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005, p.219-239.

GALLAGHER, D.; ALBU, J.; HE, Q.; HESHKA, S.; BOXT, L.; KRASNOW, N.; ELIA, M. Small organs with a high metabolic rate explain lower resting energy expenditure in African American than in white adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 83, n. 5, p. 1062-1067, 2006.

GANNON, B.; DIPIETRO, L.; POEHLMAN, E. T. Do African Americans have lower energy expenditure than Caucasians? **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, London, v. 24, n. 1, p. 4-13, 2000.

GARBY, L.; GARROW, J. S.; JORGENSEN, B.; LAMMERT, O.; MADSEN, K.; SORENSEN, P.; WEBSTER, J. Relation between energy expenditure and body composition in man: specific energy expenditure in vivo of fat and fat-free tissue. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 42, n. 4, p. 301-305, 1988.

GARBY, L.; LAMMERT, O.; KOCK, K. F.; THOBO-CARLSEN, B. Weights of brain, heart, liver, kidneys, and spleen in healthy and apparently healthy adult Danish subjects. **American Journal of Human Biology: the official journal of the Human Biology Council**, New York, v. 5, n. 3, p. 291-296, 1993.

GARBY, L.; LAMMERT, O. Between-subjects variation in energy expenditure: estimation of the effect of variation in organ size. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 48, n. 5, p. 376-378, 1994.

GEISLER, C.; BRAUN, W.; POURHASSAN, M.; SCHWEITZER, L.; GLUER, C. C.; BOSY-WESTPHAL, A.; MULLER, M. J. Gender-Specific Associations in Age-Related Changes in Resting Energy Expenditure (REE) and MRI Measured Body Composition in Healthy Caucasians. The **Journal of Gerontology. Serie A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 71, n. 7, p. 941-946, 2016a.

GEISLER, C.; BRAUN, W.; POURHASSAN, M.; SCHWEITZER, L.; GLUER, C. C.; BOSY-WESTPHAL, A.; MULLER, M. J. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. **Nutrients**, Switzerland, v. 8, n. 6, 2016b.

GENTON, L.; HANS, D.; KYLE, U. G.; PICHARD, C. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. **Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)**, Burbank, v. 18, n. 1, p. 66-70, 2002.

GRAF, S.; KARSEGARD, V. L.; VIATTE, V.; HEIDEGGER, C. P.; FLEURY, Y.; PICHARD, C.; GENTON, L. Evaluation of three indirect calorimetry devices in mechanically ventilated patients: which device compares best with the Deltatrac II((R))? A prospective observational study. **Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)**, Edinburgh, v. 34, n. 1, p. 60-65, 2015.

GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; GROFF, J. L. **Nutrição Avançada e metabolismo humano**. Cengage Learning, 2011.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. **Manual prático para avaliação em educação física**. Barueri: Manole, 2006.

GUPTA, R. D.; RAMACHANDRAN, R.; VENKATESAN, P.; ANOOP, S.; JOSEPH, M.; THOMAS, N. Indirect Calorimetry: From Bench to Bedside. **Indian Journal of Endocrinology Metabolism**, Mumbai, v. 21, n. 4, p. 594-599, 2017.

HALLGREN, P.; SJOSTROM, L.; HEDLUND, H.; LUNDELL, L.; OLBE, L. Influence of age, fat cell weight, and obesity on O₂ consumption of human adipose tissue. **The American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 256, n. 4, p. E467-474, 1989.

HARRIS, J. A.; BENEDICT, F. G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 4, n. 12, p. 370-373, 1918.

HAYES, M.; CHUSTEK, M.; WANG, Z.; GALLAGHER, D.; HESHKA, S.; SPUNGEN, A.; BAUMAN, W.; HEYMSFIELD, S. B. DXA: Potential for Creating a Metabolic Map of Organ-Tissue Resting Energy Expenditure Components. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 10, n. 10, p. 969-977, 2002.

HENRY, C. J. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. **Public Health Nutrition**, Oxford, v. 8, n. 7, p. 1133-1152, 2005.

HEYMSFIELD, S. B.; WANG, J.; HESHKA, S.; KEHAYIAS, J. J.; PIERSON, R. N. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 49, n. 6, p. 1283-1289, 1989.

HEYMSFIELD, S. B.; GALLAGHER, D.; KOTLER, D. P.; WANG, Z.; ALLISON, D. B.; HESHKA, S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. **American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v. 282, n. 1, p. E132-138, 2002.

HEYMSFIELD, S. B.; LOHMAN, T. G.; WANG, Z.; GOING, S. B. **Human Body Composition** Champaign: Human Kinetics, 2005.

HEYMSFIELD, S. B.; GALLAGHER, D.; MAYER, L.; BEETSCH, J.; PIETROBELLI, A. Scaling of human body composition to stature: new insights into body mass index. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 86, n. 1, p. 82-91, 2007.

HEYMSFIELD, S. B.; CHIRACHARIYAVEJ, T.; RHYU, I. J.; ROONGPISUTHIPONG, C.; HEO, M.; PIETROBELLI, A. Differences between brain mass and body weight scaling to height: potential mechanism of reduced mass-specific resting energy expenditure of taller adults. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 106, n. 1, p. 40-48, 2009.

HEYMSFIELD, S. B.; MULLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; THOMAS, D.; SHEN, W. Human brain mass: similar body composition associations as observed across mammals. **American Journal of Human Biology: the Official Journal of the Human Biology Council**, New York, v. 24, n. 4, p. 479-485, 2012.

HEYMSFIELD, S. B.; ADAMEK, M.; GONZALEZ, M. C.; JIA, G.; THOMAS, D. M. Assessing skeletal muscle mass: historical overview and state of the art. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, Heidelberg, v. 5, n. 1, p. 9-18, 2014.

HEYMSFIELD, S. B.; EBBELING, C. B.; ZHENG, J.; PIETROBELLI, A.; STRAUSS, B. J.; SILVA, A. M.; LUDWIG, D. S. Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. **Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity**, Oxford, v. 16, n. 4, p. 282-294, 2015.

HEYMSFIELD, S. B.; BOURGEOIS, B.; THOMAS, D. M. Assessment of human energy exchange: historical overview. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 71, n. 3, p. 294-300, 2017.

HOLIDAY, D. B.; BALLARD, J. E.; MCKEOWN, B. C. PRESS-related statistics: regression tools for cross-validation and case diagnostics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 27, n. 4, p. 612-620, 1995.

HOLLIDAY, M. A.; POTTER, D.; JARRAH, A.; BEARG, S. The relation of metabolic rate to body weight and organ size. **Pediatric Research**, Basel, v. 1, n. 3, p. 185-195, 1967.

INOUE, T.; OTSU, S. Statistical analysis of the organ weights in 1,000 autopsy cases of Japanese aged over 60 years. **Acta Pathologica Japonica**, Tokyo, v. 37, n. 3, p. 343-359, 1987.

ISMAIL, M.; NG, K.; CHEE, S.; ROSLEE, R.; ZAWIAH, H. Predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in Malaysian adults. **Malaysian Journal of Nutrition**, Kuala Lumpur, v. 4, n. 1, p. 81-90, 1998.

JAIN, S. C.; METHA, S. C.; KUMAR, B.; REDDY, A. R.; NAGARATNAM, A. Formulation of the reference Indian adult: anatomic and physiologic data. **Health Physics**, New York, v. 68, n. 4, p. 509-522, 1995.

JENSEN, M. D. Research techniques for body composition assessment. **Journal of American Dietetic Association**, New York, v. 92, n. 4, p. 454-460, 1992.

JEQUIER, E.; ACHESON, K.; SCHUTZ, Y. Assessment of energy expenditure and fuel utilization in man. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 7, p. 187-208, 1987.

THOMAZ, J.; SILVERMAN, S. J.; NELSON, J. K. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

KAUFMAN, L.; CROOKS, L. E.; MARGULIS, A. R. **Nuclear magnetic resonance imaging in medicine**. Tokyo, Japan: Igaku Shoin, 1981.

KENNY, G. P.; NOTLEY, S. R.; GAGNON, D. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.117, n. 9, p. 1765-1785, 2017.

KIM, D. Y.; ROBERGS, R. A. Validation of a new mixing chamber system for breath-by-breath indirect calorimetry. **Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme**, Ottawa, v. 37, n. 1, p. 157-166, 2012.

KIM, J.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B.; BAUMGARTNER, R. N.; GALLAGHER, D. Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 76, n. 2, p. 378-383, 2002.

KOH, I.; LEE, M. S.; LEE, N. J.; PARK, K. W.; KIM, K. H.; KIM, H.; RHYU, I. J. Body size effect on brain volume in Korean youth. **Neuroreport**, Oxford, v. 16, n. 18, p. 2029-2032, 2005.

KOVRT, W. M. Body composition by DXA: tried and true? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 27, n. 10, p. 1349-1353, 1995.

KOVRT, W. M. Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 84, n. 1, p. 372-377, 1998.

KWAN, M.; WOO, J.; KWOK, T. The standard oxygen consumption value equivalent to one metabolic equivalent (3.5 ml/min/kg) is not appropriate for elderly people. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 55, n. 3, p. 179-182, 2004.

LASKEY, M. A. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. **Nutrition**, Burbank, v. 12, n. 1, p. 45-51, 1996.

LATER, W.; BOSY-WESTPHAL, A.; HITZE, B.; KOSSEL, E.; GLUER, C. C.; HELLER, M.; MULLER, M. J. No evidence of mass dependency of specific organ metabolic rate in healthy humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 88, n. 4, p. 1004-1009, 2008.

LAVOISIER, A. L.; LAPLACE, P. S. Histoire de l'Académie des Sciences. **Année**, v., n., p. 355, 1780.

LEONARD, W. R.; SNODGRASS, J. J.; ROBERTSON, M. L. Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 27, n., p. 311-327, 2007.

LIN, L. I. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**, Washington, v. 45, n. 1, p. 255-268, 1989.

LINDE, B.; HJEMDAHL, P.; FREYSCHUSS, U.; JUHLIN-DANNFELT, A. Adipose tissue and skeletal muscle blood flow during mental stress. **The American Journal of Physiology**, Washington, v. 256, n. 1, p. E12-18, 1989.

LISKA, D.; DUFOUR, S.; ZERN, T. L.; TAKSALI, S.; CALI, A. M.; DZIURA, J.; SHULMAN, G. I.; PIERPONT, B. M.; CAPRIO, S. Interethnic differences in muscle, liver and abdominal fat partitioning in obese adolescents. **PLoS One**, São Francisco, v. 2, n. 6, p. e569, 2007.

LODWING, T. H. The ice calorimeter of Lavoisier an Laplace and some of its critics. **Annals of Science**, London, v. 31, n., p. 1-18, 1974.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**: Human Kinetics Books, 1988.

LOHMAN, T. G. **Advances in body composition assessment**: Champaign: Human Kinetics, 1992.

LOHMAN, T. G.; HARRIS, M.; TEIXEIRA, P. J.; WEISS, L. Assessing body composition and changes in body composition. Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 904, n., p. 45-54, 2000.

LOHMAN, T. G.; CHEN, Z. Dual-energy X-ray absorptiometry. In: HEYMSFIELD, S. B., LOHMAN, T. G., (Eds.). **Human Body Composition**. Champaign: IL: Human Kinetics, 2005, p.63-78.

LUDERS, E.; TOGA, A. W. Sex differences in brain anatomy. **Progress in Brain Research**, Amsterdam, v. 186, n. 3, p. 3-12, 2010.

LUHRMANN, P. M.; EDELMANN-SCHAFER, B.; NEUHAUSER-BERTHOLD, M. Changes in resting metabolic rate in an elderly German population: cross-sectional and longitudinal data. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, Paris, v. 14, n. 3, p. 232-236, 2010.

LUKASKI, H. C. Soft tissue composition and bone mineral status: evaluation by dual-energy X-ray absorptiometry. **The Journal of Nutrition**, Springfield , v. 123, n. 2 Suppl, p. 438-443, 1993.

MACHADO, D. R. L. **Análise multivariada da composição corporal em crianças e adolescentes do sexo feminino**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2015.

MAHAN, K. L.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krauses's Food & The Nutrition Care Process**. St Louis, MO: Saunders, 2012.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Growth, maturation and physical activity**. Champaign: Human Kinetics, 2004.

MATARESE, L. E. Indirect calorimetry: technical aspects. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 97, n. 10 Suppl 2, p. S154-160, 1997.

MAZESS, R. B.; BARDEN, H. S.; BISEK, J. P.; HANSON, J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 51, n. 6, p. 1106-1112, 1990.

MCBRIDE, G. A proposal for strenght-of-agreement criteria for Lin's concordance correlation coefficient. **NIWA Client Report**, HAM2005-062, 2005.

MCCULLY, K. K.; POSNER, J. D. The application of blood flow measurements to the study of aging muscle. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**. Washington, v. 50, p. 130-136, 1995.

MCMURRAY, R. G.; SOARES, J.; CASPERSEN, C. J.; MCCURDY, T. Examining variations of resting metabolic rate of adults: a public health perspective. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 46, n. 7, p. 1352-1358, 2014.

MELZER, K.; LAURIE KARSEGARD, V.; GENTON, L.; KOSSOVSKY, M. P.; KAYSER, B.; PICHARD, C. Comparison of equations for estimating resting metabolic rate in healthy subjects over 70 years of age. **Clinical nutrition : official journal of the European Society of Parenteral and Enteral Nutrition**, Edinburgh, v. 26, n. 4, p. 498-505, 2007.

MENDEZ, J.; KEYS, A.; ANDERSON, J.; GRANDE, F. Density of fat and bone mineral of the mammalian body. **Metabolism**, v. 9, n., p. 472-477, 1960.

MITSIPOULOS, N.; BAUMGARTNER, R. N.; HEYMSFIELD, S. B.; LYONS, W.; GALLAGHER, D.; ROSS, R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 85, n. 1, p. 115-122, 1998.

MOLNAR, D.; SCHUTZ, Y. The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. **European Journal of Pediatrics**, Berlin, v. 156, n. 5, p. 376-381, 1997.

MULLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; KUTZNER, D.; HELLER, M. Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. **Obesity Reviews : an Official Journal of the International Association for the Study of Obesity**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 113-122, 2002.

MULLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; LATER, W.; HAAS, V.; HELLER, M. Functional body composition: insights into the regulation of energy metabolism and some clinical applications. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 63, n. 9, p. 1045-1056, 2009.

MULLER, M. J.; LANGEMANN, D.; GEHRKE, I.; LATER, W.; HELLER, M.; GLUER, C. C.; HEYMSFIELD, S. B.; BOSY-WESTPHAL, A. Effect of constitution on mass of individual organs and their association with metabolic rate in humans--a detailed view on allometric scaling. **PLoS One**, São Francisco, v. 6, n. 7, 2011.

MULLER, M. J. From BMI to functional body composition. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 67, n. 11, p. 1119-1121, 2013.

MULLER, M. J.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B.; SCHAUTZ, B.; BOSY-WESTPHAL, A. Advances in the understanding of specific metabolic rates of major organs and tissues in humans. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, London, v. 16, n. 5, p. 501-508, 2013.

MÜLLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; HELLER, M. 'Functional' body composition: differentiating between benign and non-benign obesity. **F1000 Biology Reports**, London, v. 1, n. 75, p. 1-5, 2009.

MURGATROYD, P. R.; SHETTY, P. S.; PRENTICE, A. M. Techniques for the measurement of human energy expenditure: a practical guide. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, Hampshire, v. 17, n. 10, p. 549-568, 1993.

MYERS, R. **Classical and modern regression with applications**. Boston: PWS and Kent Publishing Company, 1990.

NELSON, K. M.; WEINSIER, R. L.; LONG, C. L.; SCHUTZ, Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 56, n. 5, p. 848-856, 1992.

NIELSEN, S.; HENSRUD, D. D.; ROMANSKI, S.; LEVINE, J. A.; BURGUERA, B.; JENSEN, M. D. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity**, Hampshire, v. 24, n. 9, p. 1153-1157, 2000.

ORTIZ, O.; RUSSELL, M.; DALEY, T. L.; BAUMGARTNER, R. N.; WAKI, M.; LICHTMAN, S.; WANG, J.; PIERSON, R. N., JR.; HEYMSFIELD, S. B. Differences in skeletal muscle and bone mineral mass between black and white females and their relevance to estimates of body composition. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 55, n. 1, p. 8-13, 1992.

OWEN, O. E.; KAVLE, E.; OWEN, R. S.; POLANSKY, M.; CAPRIO, S.; MOZZOLI, M. A.; KENDRICK, Z. V.; BUSHMAN, M. C.; BODEN, G. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 44, n. 1, p. 1-19, 1986.

OWEN, O. E.; HOLUP, J. L.; D'ALESSIO, D. A.; CRAIG, E. S.; POLANSKY, M.; SMALLEY, K. J.; KAVLE, E. C.; BUSHMAN, M. C.; OWEN, L. R.; MOZZOLI, M. A.; ET AL. A reappraisal of the caloric requirements of men. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, n. 6, p. 875-885, 1987.

PAUS, T. Sex differences in the human brain: a developmental perspective. **Progress in Brain Research**, Amsterdam, v. 186, p. 13-28, 2010.

PIETROBELLI, A.; FAITH, M. S.; WANG, J.; BRAMBILLA, P.; CHIUMELLO, G.; HEYMSFIELD, S. B. Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. **Obesity research**, Baton Rouge, v. 10, n. 1, p. 56-60, 2002.

RAVUSSIN, E.; BOGARDUS, C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 49, n. 5 Suppl, p. 968-975, 1989.

RAVUSSIN, E.; BOGARDUS, C. A brief overview of human energy metabolism and its relationship to essential obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 55, n. 1 Suppl, p. 242s-245s, 1992.

ROSS, R.; JANSSEN, I. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. In: HEYMSFIELD, S. B., LOHMAN, T. G., (Eds.). **Human Body Composition**. Champaign: Human Kinetics Publishers, p.89-108, 2005.

RUBNER, M. **Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung**. Germany: Leipzig und Wien, 1902.

SANTOS, D. A.; SILVA, A. M.; MATIAS, C. N.; FIELDS, D. A.; HEYMSFIELD, S. B.; SARDINHA, L. B. Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. **Nutritional e Metabolism**, London, v. 7, n. 22, 2010.

SARDINHA, L. B. Functional Body Composition: Need for a New Agenda. **Archives of Exercises, Health and Diseases**, v. 3, n. 3, p. 183-187, 2012.

SCHOFIELD, W. N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. **Human Nutrition. Clinical Nutrition**, London, v. 39 Suppl 1, p. 5-41, 1985.

SEGAL, K. R.; GUTIN, B.; ALBU, J.; PI-SUNYER, F. X. Thermic effects of food and exercise in lean and obese men of similar lean body mass. **The American Journal of Physiology**, Washington, v. 252, n. 1, p. E110-117, 1987.

SEO, J. S.; LEE, S. Y.; WON, K. J.; KIM, D. J.; SOHN, D. S.; YANG, K. M.; CHO, S. H.; PARK, J. D.; LEE, K. H.; KIM, H. D. Relationship between normal heart size and body indices in Korean. **Journal of Korean Medical Science**, Seoul Korea, v. 15, n. 6, p. 641-646, 2000.

SHEN, W.; ST-ONGE, M. P.; WANG, Z.; HEYMSFIELD, S. B. Study of Body composition: an overview. In: HEYMSFIELD, S. B., LOHMAN, T. G. (Eds.). **Human Body composition**. Champaign: Human Kinetics, 2005.

SIERVO, M.; OGGIONI, C.; LARA, J.; CELIS-MORALES, C.; MATHERS, J. C.; BATTEZZATI, A.; LEONE, A.; TAGLIABUE, A.; SPADAFRANCA, A.; BERTOLI, S. Age-related changes in resting energy expenditure in normal weight, overweight and obese men and women. **Maturitas**, Amsterdam, v. 80, n. 4, p. 406-413, 2015.

SIMONSON, D. C.; DEFRONZO, R. A. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. **The American Journal of Physiology**, Washington, v. 258, n. 3, p. E399-412, 1990.

SNYDER, W. S.; COOK, M. J.; NASSET, E. S.; KARHAUSEN, L. R.; HOWELLS, G. P.; TIPTON, I. H. Report of the task group on reference man. **Annals of the IRCP**, Oxford, v.23, n° 23, 1975.

SONG, L. L.; VENKATARAMAN, K.; GLUCKMAN, P.; CHONG, Y. S.; CHEE, M. W.; KHOO, C. M.; LEOW, M. K.; LEE, Y. S.; TAI, E. S.; KHOO, E. Y. Smaller size of high metabolic rate organs explains lower resting energy expenditure in Asian-Indian Than Chinese men. **International Journal of Obesity**, London, v. 40, n. 4, p. 633-638, 2016.

SUEN, V. M.; SILVA, G. A.; TANNUS, A. F.; UNAMUNO, M. R.; MARCHINI, J. S. Effect of hypocaloric meals with different macronutrient compositions on energy metabolism and lung function in obese women. **Nutrition**, Burbank, v. 19, n. 9, p. 703-707, 2003.

SUN, M.; GOWER, B. A.; BARTOLUCCI, A. A.; HUNTER, G. R.; FIGUEROA-COLON, R.; GORAN, M. I. A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 73, n. 2, p. 308-315, 2001.

SVENDSEN, O. L.; HASSAGER, C.; CHRISTIANSEN, C. Impact of regional and total body composition and hormones on resting energy expenditure in overweight postmenopausal women. **Metabolism: Clinical and experimental**, New York, v. 42, n. 12, p. 1588-1591, 1993.

USUI, C.; TAKAHASHI, E.; GANDO, Y.; SANADA, K.; OKA, J.; MIYACHI, M.; TABATA, I.; HIGUCHI, M. Resting energy expenditure can be assessed by dual-energy X-ray absorptiometry in women regardless of age and fitness. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 63, n. 4, p. 529-535, 2009.

USUI, C.; TAGUCHI, M.; ISHIKAWA-TAKATA, K.; HIGUCHI, M. The Validity of Body Composition Measurement Using Dual Energy X-Ray Absorptiometry for Estimating Resting Energy Expenditure. **Dual Energy X-Ray Absorptiometry**, ISBN: 978-953-307-877-9, p. 45, 2011.

VAN DER PLOEG, G. E.; WITHERS, R. T.; LAFORGIA, J. Percent body fat via DEXA: comparison with a four-compartment model. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 94, n. 2, p. 499-506, 2003.

VENTURINI, A. C. R.; ABDALLA P. P.; SANTOS, A. P.; BORGES, F. G.; ALVES, T. C.; MACHADO, D. R. L. Estimate of Resting Energy Expenditure by DXA in Boys of Different Nutritional Statuses. **Motriz: Revista de Educação Física, Rio Claro**, v. 23, n. special 2, e1017116, 2017. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198065742017000600307&lng=en&nrm=iso>. access on 08 Dec. 2017. Epub Dec 04, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-6574201700si0116>.

WANG, Z.; HESHKA, S.; GALLAGHER, D.; BOOZER, C. N.; KOTLER, D. P.; HEYMSFIELD, S. B. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. **American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism**, Bethesda, v. 279, n. 3, p. E539-545, 2000.

WANG, Z.; HESHKA, S.; ZHANG, K.; BOOZER, C. N.; HEYMSFIELD, S. B. Resting energy expenditure: systematic organization and critique of prediction methods. **Obesity Research**, Baton Rouge, v. 9, n. 5, p. 331-336, 2001a.

WANG, Z.; O'CONNOR, T. P.; HESHKA, S.; HEYMSFIELD, S. B. The reconstruction of Kleiber's law at the organ-tissue level. **The Journal of Nutritional**, Springfield, v. 131, n. 11, p. 2967-2970, 2001b.

WANG, Z.; YING, Z.; BOSY-WESTPHAL, A.; ZHANG, J.; SCHAUTZ, B.; LATER, W.; HEYMSFIELD, S. B.; MULLER, M. J. Specific metabolic rates of major organs and tissues across adulthood: evaluation by mechanistic model of resting energy expenditure. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 92, n. 6, p. 1369-1377, 2010.

WANG, Z.; YING, Z.; BOSY-WESTPHAL, A.; ZHANG, J.; HELLER, M.; LATER, W.; HEYMSFIELD, S. B.; MULLER, M. J. Evaluation of specific metabolic rates of major organs and tissues: comparison between men and women. **American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council**, New York, v. 23, n. 3, p. 333-338, 2011.

WANG, Z.; YING, Z.; BOSY-WESTPHAL, A.; ZHANG, J.; HELLER, M.; LATER, W.; HEYMSFIELD, S. B.; MULLER, M. J. Evaluation of specific metabolic rates of major organs and tissues: comparison between nonobese and obese women. **Obesity (Silver Spring, MD)**, Silver Spring, v. 20, n. 1, p. 95-100, 2012.

WANG, Z. M.; PIERSON, R. N., JR.; HEYMSFIELD, S. B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 56, n. 1, p. 19-28, 1992.

WEBB, P. The measurement of energy expenditure. **The Journal of Nutritional**, Springfield, v. 121, n. 11, p. 1897-1901, 1991.

WEINSIER, R. L.; SCHUTZ, Y.; BRACCO, D. Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically active components of fat-free mass in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 55, n. 4, p. 790-794, 1992.

WEIR, J. B. New methods for calculating metabolic rate with special references to protein metabolism. **Journal Physiology**, Oxford, v.109, n. 1-2, p. 1-9, 1949.

WEYER, C.; SNITKER, S.; BOGARDUS, C.; RAVUSSIN, E. Energy metabolism in African Americans: potential risk factors for obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 70, n. 1, p. 13-20, 1999.

WILLIAMS, J. E.; WELLS, J. C.; WILSON, C. M.; HAROUN, D.; LUCAS, A.; FEWTRELL, M. S. Evaluation of Lunar Prodigy dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in healthy persons and patients by comparison with the criterion 4-component model. **American Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 83, n. 5, p. 1047-1054, 2006.

WITHERS, R. T.; LAFORGIA, J.; HEYMSFIELD, S. B. Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. **American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council**, New York, v. 11, n. 2, p. 175-185, 1999.

WOODS, R. P.; FREIMER, N. B.; DE YOUNG, J. A.; FEARS, S. C.; SICOTTE, N. L.; SERVICE, S. K.; VALENTINO, D. J.; TOGA, A. W.; MAZZIOTTA, J. C. Normal variants of Microcephalin and ASPM do not account for brain size variability. **Human Molecular Genetics**, Oxford, v. 15, n. 12, p. 2025-2029, 2006.

APÊNDICES

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados:

Eu, Ana Claudia Rossini Venturini, aluna do Programa de Pós-Graduação – Educação Física e Esporte da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – EEFERP/USP, orientada pelo Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado, responsável pela pesquisa intitulada: **“Estimativa de Gasto Energético em Repouso por Densitometria referenciada na Calorimetria Indireta”** – estou convidando você para participar como voluntário(a) deste estudo.

Leiam com atenção as explicações abaixo antes de preencher as informações

1. EXPLICAÇÕES:

Justificativa e objetivos da pesquisa:

Gasto Energético em Repouso (GER) varia ao longo do tempo e apresenta efeitos práticos nas comparações interpessoais. O método tradicional para estimar GER não leva em conta as diferentes atividades metabólicas de órgãos, tecido ósseo, tecido adiposo, tecido muscular e cérebro. Assim, o objetivo deste estudo será determinar o GER de adultos jovens brasileiros de forma multicompartimentada, referenciada por calorimetria indireta.

2. PROCEDIMENTOS A SEREM REALIZADOS:

As coletas de dados serão realizadas no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP-USP) e serão realizados as seguintes medidas:

- a) Frequência Cardíaca de Repouso e Temperatura Corporal;
- b) Calorimetria Indireta: o avaliado permanece deitado, onde o exame será realizado e é totalmente indolor;
- c) Medidas antropométricas (peso e estatura).
- d) Varredura de corpo total por DXA: um “escaneamento” corporal realizado por pessoal especializado;

3. DESCONFORTOS E RISCOS POSSÍVEIS:

A pesquisa não oferece riscos previsíveis, uma vez que os procedimentos de coleta envolvem: a) baixa exposição à radiação (a radiação DXA é menor do que uma luz fluorescente residencial comum); b) o participante poderá sentir algum desconforto ou incômodo durante o uso da máscara nas coletas e análises de medidas de calorimetria indireta.

4. LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA:

A pesquisa será realizada no HCFMRP-USP, nos horários previamente combinados. O HCFMRP-USP ficam no campus USP de Ribeirão Preto, na Avenida Bandeirantes, nº 3900, Monte Alegre, CEP: 14040-907 e 14048-900, Ribeirão Preto – SP.

5. FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA:

Em todos os procedimentos os participantes serão avaliados sempre pelos mesmos avaliadores, que realizarão as medidas no laboratório. Como pesquisador gerente, ficarei disponível no laboratório por 30 dias que antecederão o início das coletas, em dias e horários específicos para plantão de dúvidas (que serão posteriormente anunciados). A qualquer momento, as dúvidas de procedimentos, objetivos ou qualquer assunto relacionado ao estudo também poderão ser esclarecidos mediante os contatos (telefones e e-mails) informados abaixo.

Verso do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
--

6. GARANTIA DE RESPOSTA A QUALQUER PERGUNTA:

Será possível tirar dúvidas e receber esclarecimentos sobre a pesquisa a qualquer momento com o pesquisador gerente pelo telefone (17) 99105-3427 (Claro), entrevistas agendadas na sala do docente (Prof. Dalmo Machado) que fica na EEFERP/USP – Ribeirão Preto, ou ainda pelos e-mails: anacriv@usp.br e dalmo@usp.br.

7. BENEFÍCIOS QUE PODERÃO SER OBTIDOS:

Cada participante receberá cópia de seus exames, com uma estimativa precisa e detalhada da Composição Corporal e Gasto Energético em Repouso.

8. LIBERDADE DE RECUSAR A PARTICIPAR OU ABANDONAR A PESQUISA:

Caso você não queira participar de alguma etapa das coletas, ou desista totalmente de participar, será respeitada sua decisão. Ou seja, você poderá desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete em multas/prejuízos ou algo do tipo.

9. GARANTIA DO SIGILO:

Os resultados da pesquisa serão publicados em revista científica de forma global, com valores de médias ou percentuais dos resultados de todos os participantes. Os nomes não serão divulgados de maneira nenhuma, garantindo assim a sua privacidade e sigilo.

A pesquisa não envolverá nenhum custo financeiro para os participantes. Igualmente o caráter voluntário também não dá direito de alguma forma de pagamento pela participação. Haverá garantia de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa e ressarcimento ao participante de qualquer despesa decorrente da pesquisa. Conforme as leis vigentes no país. Esse documento será assinado por mim e por você em duas vias, sendo uma sua e a outra minha.

Eu _____ após ter sido informado (a) de todas as etapas da pesquisa e esclarecido dos riscos, direitos e participação envolvida, declaro que concordo participar voluntariamente da pesquisa.

Ribeirão Preto, _____ de _____ de 20__.

Dalmo Roberto Lopes Machado
Pesquisador Responsável

Ana Claudia Rossini Venturini
Pesquisador Gerente

Participante/Voluntário

Esclarecimento referente aos aspectos éticos da pesquisa consulte: Secretaria do Comitê de Ética e Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – USP Avenida Bandeirantes, 3900 - Cep 14040-907 – Ribeirão Preto/SP; Horário de funcionamento (dias úteis, das 8h às 12h e das 14h às 17h), e-mail (cep90@usp.br) ou por telefone (16) 3315-0494.

Apêndice B – Questionário estado geral de saúde

Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

ANAMNESE QUESTIONÁRIO SOBRE ESTADO DE SAÚDE

1. IDENTIFICAÇÃO

Nome:

Sexo:

Data de Nascimento:

Idade:

2. HISTÓRICO MÉDICO

Data do último exame físico e/ou médico:

Marque o(s) problema(s) abaixo que tenha sido diagnosticado(a) ou tratado(a) por um médico:

☐ Alcoolismo	☐ Problema renal	☐ Enfisema	☐ Obesidade
☐ Artrite	☐ Problemas oculares	☐ Úlcera	☐ Asma
☐ Diabetes	☐ Pressão arterial alta	☐ AVC	☐ Outros.....
☐ Anemia	☐ Problemas musculares		

Descreva o(s) medicamento(s) utilizado(s) nos últimos tempos:

.....

Indique os sintomas, conforme segue:

a) Tosse com sangue	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
b) Dor abdominal	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
c) Dor nas pernas	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
d) Dor nos braços	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
e) Dor nas costas ou pescoço	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
f) Dor no peito	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
g) Dores articulares	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
h) Falta de ar com esforço leve	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
i) Sentir-se fraco	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
j) Tontura	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca
k) Palpitação ou batimento acelerado	☐ sempre	☐ algumas vezes	☐ nunca

Você possui alguma alergia?

☐ Sim ☐ Não Qual(is).....

Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

3. COMPORTAMENTO RELACIONADO À SAÚDE

Você fuma atualmente: () Sim () Não

Se positivo, quantos cigarros por dia?.....

Atualmente, você realiza alguma atividade física? () Sim () Não

Qual(is):

Frequência:

Duração:

Faz o uso de suplementos: () Sim () Não

Se positivo, qual(is)?.....

Faz uso de Bebida alcoólica: () Sim () Não

Qual a frequência:.....

Faz uso de bebida rica em cafeína: () Sim () Não

Qual a frequência:.....

4. AUTO PERCEPÇÃO DE SAÚDE

Você considera a sua saúde:

() Muito Boa () Regular () Ruim

() Boa () Muito Ruim

5. COMENTÁRIOS GERAIS

Caso você tenha alguma informação para acrescentar, que não tenha sido perguntada neste questionário de saúde, favor registrar nesse espaço.

.....

Ribeirão Preto, de de 2017

Assinatura Voluntário

Assinatura pesquisador

Apêndice C – Plotagem de Bland-Altman

Plotagem de Bland-Altman e nível de concordância entre o GER em kcal medido pela CI (GER_{CI}) e valores do GER proposto por DXA (GER_{Proposto}).

GER_{CI}: gasto energético de repouso medido pela calorimetria indireta (kcal/dia); GER_{Proposto}: gasto energético de repouso proposto estimado por DXA: Amostra total – letra a; Homens – letra b; Mulheres – letra c.

ANEXOS

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP-USP)

**Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto**

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho intitulado "*Estimativa do gasto energético em repouso por densimetria referenciada na calorimetria indireta*", CAAE: 57511516.5.0000.5659, da pesquisadora **Ana Claudia Rossini Venturini**, foi APROVADO pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão, em sua 23ª reunião do dia 27/7/2016.

Ribeirão Preto, 04 de agosto de 2016.

Carlos R. Bueno Jr

Prof. Dr. Carlos Roberto Bueno Júnior
Coordenador do CEP/EEFERP

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
EEFERP-USP

ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP/USP)

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ribeirão Preto, 03 de Agosto de 2016

Projeto de pesquisa: “ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO EM REPOUSO POR DENSITOMETRIA REFERENCIADA NA CALORIMETRIA INDIRETA.”

Pesquisador responsável: Ana Claudia Rossini Venturini

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

“O CEP do HC e da FMRP-USP concorda com o parecer ético emitido pelo CEP da Instituição Proponente, que cumpre as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 466/12. Diante disso, o HCFMRP-USP, como instituição co-participante do referido projeto de pesquisa, está ciente de suas co-responsabilidades e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos desta pesquisa, dispondo de infra-estrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar”.

Ciente e de acordo:

Dr.ª Marcia Guimarães Villanova
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa - HCFMRP-USP

Prof. Dr. Eduardo Barbosa Coelho
Coordenador Técnico Científico da
Unidade de Pesquisa Clínica - HCFMRP-
USP

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Campus Universitário – Monte Alegre
14048-900 Ribeirão Preto SP

Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Hospital das
Clínicas de Ribeirão Preto e Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto

Telefone: 16 3602-2228 / email: cep@hcrp.usp.br

www.hcrp.usp.br

ANEXO C – Carta coparticipação Hospital das Clínicas e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP-USP)

PROJETO DE PESQUISA

Ribeirão Preto, 22 de JUNHO de 2016.

Ilustríssima Senhora
Prof.^a. Dr.^a. Márcia Guimarães Villanova
MD.Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
Do HCFMRP e da FMRP-USP

Senhora Coordenadora,

Encaminho em anexo o projeto de pesquisa intitulado ESTIMATIVA DE GASTO ENERGÉTICO EM REPOUSO POR DENSITOMETRIA REFERENCIADA NA CALORIMETRIA INDIRETA, juntamente com a documentação necessária para avaliação ética deste Comitê.

O projeto de pesquisa acima mencionado será desenvolvido no departamento de ESCOLA EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO - USP.

Informo também que o pesquisador responsável e orientador possuem currículo Lattes.

O orçamento do presente projeto foi analisado pela equipe técnica da UPC antes da submissão ao Comitê e foi APROVADO.

Atenciosamente,

DALMO ROBERTO LOPES MACHADO
Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado
Nº USP 3396411
EEFERP-USP

ANA CLAUDIA ROSSINI VENTURINI

De acordo:

Prof.^a. Dr.^a. Maria das Graças B. de Carvalho
Diretora da EEFERP

ESCOLA EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO - USP
Carimbar e Assinar

Chefe do Ambulatório/Laboratório
Carimbar e Assinar

Prof. Dr. Eduardo B. Coelho
Coordenador Técnico Científico
da Unidade de Pesquisa Clínica
HCFMRP-USP

Carlos Henrique Crespo
Escriturário
Unidade de Pesquisa Clínica-HCRP
Matrícula 6276

Obs.: Caso algum chefe possua vínculo com a pesquisa, deverá ser solicitada assinatura do suplente.
Após assinatura em todos os campos, digitalizar toda a documentação do check list e encaminhar ao CEP via Plataforma Brasil.

HC - Campus Universitário
Monte Alegre 14048-900 Ribeirão Preto SP

UNIDADE DE PESQUISA CLÍNICA
Fone (16) 3602-2632 FAX: 3602-2962

ANEXO D – Ficha Cadastral do Hospital das Clínicas e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP-USP)

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br

Título da Pesquisa: *Estimativa de Gasto Energético em Repouso por Densitometria Referenciada na Calorimetria Indireta*

Pesquisador/Pós-Graduando: *Ana Claudia Rossini Venturini*

Orientador: *Prof. Dr. Dalmo Roberto Lopes Machado*

Programa: *Programa de Pós-Graduação - Educação Física e Esporte da EEFERP/USP*

EXAME DE DENSITOMETRIA ÓSSEA

1. Nome completo * *Não pode abreviar e deverá ser o nome que consta no documento RG*
2. Nome completo da mãe * *Não pode abreviar nenhum nome, se for falecida informar*
3. Nome completo do pai* *Não pode abreviar nenhum nome, se for falecido informar*
4. Cor / Raça* :
5. Sexo* :
6. Grau de escolaridade* :
7. Ocupação / profissão:
8. Estado Civil *:
9. CPF*:
10. Número do cartão do SUS:
11. Declarante – *Ana Claudia Rossini Venturini – Pesquisadora*
12. Nome do Cônjuge *(nome marido ou esposa)*

13. RG*

data de expedição*

estado*

HC - Campus Universitário
Monte Alegre 14048-900 Ribeirão Preto SP

UNIDADE DE PESQUISA CLÍNICA
Fone: (16) 3602-2632 FAX: 3602-2962

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br

órgão expedição

Se paciente não estiver com RG, pode CNH, certidão de casamento, certidão de nascimento, desde que tenha todos os dados, local, data de emissão, número do documento, etc....

14. Data de nascimento*:

15. Cidade onde nasceu*

Estado:

16. Endereço*:

CEP:

RUA:

NÚM.

COMPLEMENTO

BAIRRO:

CIDADE:

17. TELEFONES DE CONTATO*:

RESIDENCIAL:

COMERCIAL:

CELULAR:

RECADOS:

18. EMAIL:

Pegar no mínimo 2 números de telefone, no de recado pegar o nome do contato e afinidade.

**Os dados são obrigatórios, não consigo realizar o cadastro se estiver faltando algum desses dados.*