

# Validação de equações de predição da taxa metabólica de repouso em adolescentes

Paulo Henrique Santos da Fonseca

---

Projeto de Dissertação apresentado à Coordenadoria de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para Obtenção do Título de Mestre em Educação Física

Florianópolis – SC

2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE DESPORTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

A DISSERTAÇÃO: **Validação de equações de predição da taxa metabólica de repouso em adolescentes.**

Elaborada por: **Paulo Henrique Santos da Fonseca**

E APROVADA POR TODOS OS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA, FOI ACEITA PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, E HOMOLOGADA PELO COLEGIADO DO CURSO, COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

**MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

FLORIANÓPOLIS, 22 DE FEVEREIRO DE 2007.

\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JUAREZ VIEIRA DO NASCIMENTO  
COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

BANCA EXAMINADORA:

\_\_\_\_\_  
PROF<sup>A</sup>. DR<sup>A</sup>. MARIA DE FÁTIMA DA SILVA DUARTE

\_\_\_\_\_  
PROF<sup>A</sup>. DR<sup>A</sup>. FLAVIA MEYER

\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PEDRO ALBERTO BARBETTA

\_\_\_\_\_  
PROF<sup>A</sup>. DR<sup>A</sup>. ROSANE CARLA ROSENDO DA SILVA

## AGRADECIMENTOS

Ao concluir o mestrado, devo agradecimento às pessoas especiais que ajudaram a trilhar esse longo caminho. Gostaria de agradecer primeiramente a minha orientadora Prof. Dra. Maria de Fátima que possibilitou a realização deste sonho. Muito obrigado pela compreensão e dedicação nestes dois anos. Agradeço também a todos os alunos do PPGEEF, em especial a turma de mestrado de 2005 pela amizade desenvolvida, bem como aos professores que me auxiliaram, em especial a Profa. Rosane, Prof. Édio e Prof. Barbeta.

Agradeço aos integrantes do LAEF e do NUCIDH pelas diversas discussões acadêmicas. Aos professores de educação física do Colégio de Aplicação Prof. Fábio, Prof. Toninho, Prof. Mário, e a Prof. Ana, pela agilidade e gentileza em liberar os alunos, sem os quais a pesquisa não seria desenvolvida “OBRIGADO”.

Agradeço aos alunos que tive a oportunidade de contribuir no desenvolvimento acadêmico. Um abraço Ricardo, Cíntia, Kenji, Débora e em especial a Dani, por todo o companheirismo e carinho comigo, palavras são gestos minúsculos para expressar todo o sentimento por ti.

Agradeço às pessoas que estiveram sempre ao meu lado, minha segunda família, a maior e melhor república de Florianópolis, “Castelo de Grayskol”, um abraço ao Felipe, Arthur, Du, Japa, Americano, Papai, Alemão, Black, Calouro, Bruno, Diego, Negão e Cris, vocês não inesquecíveis.

A minha família que me apóia e sempre me dá força, um beijo aos meus pais Paulo e Idéti e aos meus irmãos Dudu e Cris. Para finalizar agradeço a compreensão da minha filha Marianinha por entender a ausência do pai. Gostaria que soubesse que você é a minha fonte de dedicação “um beijo meu amor”.

Obrigado a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização do meu sonho.

## RESUMO

### Validação de equações de predição da taxa metabólica de repouso em adolescentes

AUTOR: PAULO HENRIQUE SANTOS DA FONSECA  
ORIENTADORA: MARIA DE FÁTIMA DA SILVA DUARTE  
DATA: 22 DE FEVEREIRO DE 2007

A taxa metabólica de repouso (TMR) é definida como a taxa mínima de energia consumida, sendo o principal componente do gasto energético diário. O objetivo deste estudo foi de validar equações de predição da TMR em adolescentes (103 indivíduos, sendo 51 meninas e 52 meninos, com idade entre 10 e 17 anos) de Florianópolis – SC. Foram mensuradas: massa corporal, estatura e dobras cutâneas, e a massa corporal magra e massa corporal gorda pela bioimpedância. A TMR não protéica foi calculada pela equação de Weir (1949), considerada como padrão, utilizando-se o analisador de gases AeroSport TEEM-100. As equações analisadas quanto a sua validade foram: Harris e Benedict (1919), Schofield (1985), WHO/FAO/UNU (1985), Henry e Rees (1991), Molnár et al. (1998), Tverskaya et al. (1998) e Müller et al. (2004). Para analisar a validade cruzada das equações de predição com a medida real da TMR, realizaram-se os seguintes procedimentos estatísticos: correlação de Pearson ( $r \geq 0,70$ ), o teste “t” pareado com nível de significância de 0,05, média do erro constante (com diferença menor que 5%) e a análise de dispersão gráfica proposta por Bland e Altman (1986). A maioria das equações de predição da TMR em meninas não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação à medida padrão (Weir 1949), com exceção das equações sugeridas por Tverskaya et al. (1998) e os dois modelos de Müller et al. (2004). Mesmo não havendo diferença significativa, somente os modelos propostos por Henry e Rees (1991) e Molnár et al. (1995) obtiveram variação de erro constante inferior a 5%. Todas as equações analisadas no estudo em meninas não alcançaram valor critério de correlação de 0,70 com a calorimetria indireta. Analisando as equações de predição da TMR em meninos, todas tiveram correlação moderada com a calorimetria indireta, porém ficando abaixo do coeficiente 0,70. Somente a equação desenvolvida por Tverskaya et al. (1998) teve diferença ( $p < 0,05$ ) em relação à medida padrão. As equações propostas por Schofield (1985), Tverskaya et al. (1998) e o modelo de Müller et al. (2004) tiveram variações no erro padrão superiores a 5%. Conclui-se, desta forma, que, em ambos os sexos, nenhuma das equações de predição possui validade no cálculo da TMR em adolescentes com as características dos grupos estudados.

**Palavras-Chaves:** adolescente; equação de predição; taxa metabólica de repouso; gasto energético.

## ABSTRACT

### Validation of the prediction equation of the resting metabolic rate in teenagers

AUTOR: PAULO HENRIQUE SANTOS DA FONSECA

ADVISER: MARIA DE FÁTIMA DA SILVA DUARTE

DATE: FEBRUARY, 22, 2007

The resting metabolic rate (RMR) can be defined as the minimum rate of energy spent and represents the main component of the energetic outlay. The purpose of this study is to validate equations to predict the resting metabolic rate in teenagers (103 individuals, being 51 girls and 52 boys, with age between 10 and 17 years) from Florianópolis – SC – Brazil. It was measured: the body weight, body height, skinfolds and obtained the lean and body fat mass through bioimpedance. The nonproteic RMR was measured by Weir's equation (1949), utilizing AeroSport TEEM-100 gas analyzer. The studied equations were: Harry and Benedict (1919), Schofield (1985), WHO/FAO/UNU (1985), Henry and Rees (1991), Molnár et al. (1998), Tverskaya et al. (1998) and Müller et al. (2004). In order to study the cross-validation of the RMR prediction equations and its standard measure (Weir 1949), the following statistics procedure were calculated: Pearson's correlation ( $r \geq 0.70$ ), the "t" test with the significance level of  $p < 0.05$ , the average of constant error (with a less than 5% discrepancy) and the graphic dispersion analysis proposed by Bland and Altman (1986). The majority of RMR's prediction equations of the in girls did not present significant difference ( $p > 0.05$ ) in relation to the standard measure, with exception of the equations suggested for Tverskaya et al. (1998), and the two models of Müller et al (2004). Even though there was not a significant difference, only the models considered for Henry and Rees (1991), and Molnár et al. (1995) had gotten constant error variation under 5%. All the equations analyzed in the study in girls had not reached criterion of correlation values of 0.70 with the indirect calorimetry. Analyzing the prediction equations of RMR in boys, all of them had moderate correlation coefficients with the indirect calorimetry, however below 0.70. Only the equation developed for Tverskaya et al. (1998) presented differences ( $p < 0.05$ ) in relation to the standard measure. The equations proposed by Schofield (1985), Tverskaya et al. (1998) and the model of Müller et al. (2004) had standard error variations above 5%. It is concluded that, in such a way, in both the sexes, none of the prediction equations possess validity in the determination of RMR in adolescents with the characteristics of the studied groups.

**Keywords:** teenagers; prediction equation; resting metabolic rate, expense of energy.

## ÍNDICE

	Páginas
LISTA DE ANEXOS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
Capítulo I	
I. INTRODUÇÃO.....	1
Formulação do Problema	
Questões Investigadas	
Delimitações e Limitações do Estudo	
Capítulo II	
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
Gasto Energético	
Taxa Metabólica de Repouso	
Taxa Metabólica de Repouso em Adolescentes	
Fatores Intervenientes da Taxa Metabólica de Repouso	
Validação de Equações que Predizem a Taxa Metabólica de Repouso	
Capítulo III	
III. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	39
Modelo de estudo	
Grupo analisado	
Recrutamento dos indivíduos	
Critério de exclusão	
Variáveis do estudo	
Protocolos de mensuração	
Coleta de dados	
Tratamento estatístico	
Capítulo IV	
IV. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	53
Características antropométricas, maturacional e racial do grupo feminino	
Resultado dos critérios de validação das equações para meninas	
Características antropométricas, maturacional e racial do grupo masculino	
Resultado dos critérios de validação das equações para meninos	
Capítulo V	
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	87

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexos</b>	<b>Página</b>
1. Cronograma da pesquisa.....	88
2. Anamnese.....	90
3. Estágios de maturação.....	95
4. Laboratório de Esforço Físico.....	102
5. Termo de consentimento livre e esclarecido aos pais e responsáveis .....	104
6. Termo de consentimento livre e esclarecido aos adolescentes.....	107
7. Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Santa Catarina .....	110
8. Estudos que testaram a validade das equações analisadas nesta pesquisa .....	113

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Posição dos eletrodos na avaliação da Bioimpedância .....	49
2. a) Distribuição de meninas pela classificação do IMC; b) Distribuição de meninas pela classificação da raça; c) Distribuição de meninas pela classificação maturacional .....	55
3. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Harris e Benedict (1919) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Harris e Benedict (1919) .....	57
4. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Schofield (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Schofield (1985) .....	58
5. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por WHO/FAO/UNU (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por WHO/FAO/UNU (1985).....	59
6. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Henry e Rees (1991) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Henry e Rees (1991)...	60
7. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Molnár et al. (1995) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Molnár et al. (1995).....	61
8. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Tverskaya et al. (1998) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Tverskaya et al. (1998).....	62
9. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)1 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)1 ...	63
10. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)2 com calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)2 .....	64



<b>Figura</b>	<b>Página</b>
11. a) Distribuição de meninos pela classificação do IMC; b) Distribuição de meninos pela classificação da raça; c) Distribuição de meninos pela classificação maturacional .....	67
12. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Harris e Benedict (1919) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Harris e Benedict (1919) .....	69
13. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Schofield (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Schofield (1985) ..	70
14. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por WHO/FAO/UNU (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por WHO/FAO/UNU (1985).....	71
15. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Henry e Rees (1991) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Henry e Rees (1991) ..	72
16. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Molnár et al. (1995) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Molnár et al. (1995) ....	73
17. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Tverskaya et al. (1998) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Tverskaya et al. (1998).....	74
18. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)1 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)1 ...	75
19. a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)2 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão dos valores da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)2 ...	76
20. a) Medida da taxa metabólica de repouso; b) medida da bioimpedância ..	115

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1. Modelos selecionados para prever a taxa metabólica de repouso em diferentes níveis da composição corporal .....	27
2. Equações desenvolvidas para outras populações de adolescentes .....	38
3. Distribuição dos sujeitos em relação às variáveis sexo e índice de massa corporal .....	40
4. Pontos de corte utilizados para classificar os sujeitos em baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso em relação ao índice de massa corporal .....	47
5. Constante propostas para o cálculo do percentual de gordura por Pires Neto e Petroski (1996).....	48
6. Características antropométricas do grupo feminino .....	54
7. Valores do consumo de O <sub>2</sub> e produção de CO <sub>2</sub> medidos pela calorimetria indireta em meninas.....	55
8. Valores da taxa metabólica de repouso do método padrão e das equações que a predizem em meninas .....	56
9. Características antropométricas do grupo masculino .....	66
10. Valores do consumo de O <sub>2</sub> e produção de CO <sub>2</sub> medidos pela calorimetria indireta em meninos.....	66
11. Valores da taxa metabólica de repouso do método padrão e das equações que a predizem em meninos .....	68

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**

### **Formulação do Problema**

Alguns problemas de saúde contemporâneos, causados pelo acúmulo ou déficit de energia, como doenças coronarianas, obesidade, hipertensão, diabetes não insulino dependente, osteoporose, desordens emocionais, estão associados com os hábitos de vida (Montoye, Kemper, Saris & Washburn, 1996), com os aspectos genéticos (Bouchard, Perusse, Deriaz, Despres & Tremblay, 1993) ou com a combinação de ambos (Grove, Grayson, Glavas, Xiao & Smith, 2005).

A intervenção, para minimizar o surgimento destes problemas de saúde contemporâneos, está associada à capacidade de conhecermos o gasto energético diário de indivíduos.

Os seres humanos são sistemas termodinâmicos que necessitam de energia para se manterem em funcionamento e estão em constante troca (de gases, calor, etc...) com o meio ambiente (Durnin, 1991).

A energia, necessária suportar os processos vitais, é obtida pela oxidação dos nutrientes contidos nos alimentos ingeridos. A energia química potencial contida nas ligações de carbono com hidrogênio (C – H) dos carboidratos, lipídios e proteínas é liberada pela oxidação desses substratos dentro das células, numa série de passos

bioquímicos que ocorrem no citosol e nas mitocôndrias, conhecidos como metabolismo intermediário (Diner, 1997).

Esse processo consome oxigênio e produz água, gás carbônico, energia química armazenada nas ligações fosfato do trifosfato de adenosina (ATP) e calor, que é dissipado para o ambiente. Aproximadamente 65% da energia liberada na oxidação dos substratos é transformada em energia química armazenada no ATP e 35% da energia é liberada sob forma de calor. O ATP é uma forma de armazenamento de energia intracelular prontamente disponível para realizar trabalho químico ou mecânico, por meio da sua hidrólise em difosfato de adenosina (ADP) com liberação da energia armazenada (Wilmore & Costill, 2001).

Há um consenso na literatura (Melby, Ho & Hill, 2000; Montoye et al., 1996;) de que, nos humanos, a energia é gasta de três maneiras: primeiro, certa quantidade de energia é requerida no repouso para a manutenção da temperatura corporal e contração muscular involuntária, para funções como circulação e respiração. Este nível de energia representa a taxa metabólica de repouso (TMR). A segunda é quando o corpo utiliza energia para a digestão e assimilação da comida, sendo este processo relativo ao efeito térmico dos alimentos.

Sabe-se que o efeito térmico dos alimentos varia de acordo com o substrato energético consumido. Em indivíduos jovens, normais, com peso constante, a ingestão de carbono aumenta o gasto energético de 5% a 10%, a ingestão de lipídios aumenta 3% a 5% e a de proteína aumenta 20% (Suen, Silva & Marchini, 1998).

A terceira forma de utilização de energia é pela atividade física muscular (esta inclui as atividades do trabalho diário, lazer, exercícios e transporte do corpo para

outros destinos), sendo a principal responsável pela variação entre indivíduos no gasto energético total.

No entanto, sugere-se (Wang, Heshka, Zhang, Boozer & Heymsfield, 2001) o acréscimo de mais um elemento em crianças e adolescentes: o anabolismo/crescimento.

A TMR é definida como a taxa mínima de energia consumida necessária para sustentar todas as funções celulares e que responde por 60 a 70 % do total de gasto energético diário nos humanos (Wong, Butte, Hergenroeder, Hill, Stuff & Smith, 1996). Representa o principal componente do gasto energético total (Cruz, Silva & Anjos, 1999), principalmente quando se determina a necessidade diária de energia em pessoas sedentárias (Alfonzo-Gonzalez, Doucet, Almeras, Bouchard & Tremblay, 2004).

A TMR tem sido utilizada rotineiramente por clínicas para estimar as necessidades energéticas em pacientes; por agências governamentais e organizações de saúde para definir as necessidades energéticas da população (Wong et al., 1996) e também no esporte, para a orientação energética em atletas (Garcia, 2006). Ela tem sido medida tanto em indivíduos saudáveis, quanto em enfermos, como nos estudos de Brandi, Bertoini e Cafa (1997) que analisaram pacientes com queimaduras, e Thomson, Bucolo, Quirk e Shepard (1995), que estudaram sujeitos com fibrose cística.

A acurácia na medida da TMR é necessária para determinar a eficiência dos planos de nutrição (Frankenfield, Roth-Youey & Campher, 2005; Rocha, Alves, Fonseca, 2006).

Assim, reconhecendo a necessidade de saber o valor da TMR devido a sua associação com problemas da saúde, pesquisadores estão buscando desenvolver equações que estimem esta variável considerando idade, massa corporal, estatura e sexo. Isso porque existe forte relação entre os resultados dessas variáveis citadas acima com o resultado medido utilizando a técnica de calorimetria, tanto direta e indireta. Essas variáveis podem responder por parte das diferenças entre estudos realizados em populações de regiões geográficas distintas (Wahrlich & Anjos, 2001b).

Subestimar ou superestimar a TMR pode gerar um erro na medida do cálculo de energia para um indivíduo ou para populações. Dessa forma, a medida correta é importante para uma indicação mais precisa das necessidades energéticas (De Lorenzo, Bertini, Puijia, Testolin & Testolin, 1999).

Segundo Thomson et al. (1995), são necessárias estimativas precisas da TMR em adolescentes, especialmente quando em estado de doença e que o uso contínuo de equações deve ser reexaminado.

Recentes pesquisas internacionais (Frankenfield, Rowe, Smith & Cooney, 2003; Müller, Bosy-Westphal, Klaus, Kreymann, Lührmann, Neuhüaser-Berthold, Noack, Pirke, Platte, Selberg & Steiniger, 2004,) e nacionais (Schneider & Meyer, 2005; Wahrlich & Anjos, 2001a) estão sendo conduzidas para desenvolver e validar equações que estimem a TMR.

Estudos realizados no Brasil apontam ser imperativo que equações apropriadas sejam desenvolvidas para a nossa população (Anjos, Braun, Damião, & Silva, 1998b; Cruz et al., 1999).

Para o presente estudo, duas afirmações na literatura justificam sua realização: primeiramente, com os avanços tecnológicos da sociedade moderna, os adolescentes estão tornando-se mais sedentários (Bracco, Ferreira, Morcillo, Cougnati & Jenoveva, 2002). Esse comportamento apresenta-se como um problema de saúde pública, em função da associação com a obesidade na infância e piores níveis de saúde na idade adulta (Bracco, Colugnati, Pratt & Taddei, 2006). Assim, a TMR dos elementos que compõem o gasto energético total torna-se de maior relevância na orientação das necessidades nutricionais para esse grupo.

A segunda afirmação literária indica a não validade de certas equações na medida da TMR para adolescentes com sobrepeso e obesidade do sul do Brasil (Schneider & Meyer, 2005). Demonstra-se, assim, a necessidade de um processo de validação destas equações para adolescentes ou do desenvolvimento de uma equação que considere as características morfofisiológicas da nossa população de jovens.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo validar equações de predição da TMR em adolescentes de Florianópolis – SC entre 10 e 17 anos de idade.

### **Questões Investigadas**

Procurar-se-á responder à seguinte questão de pesquisa:

- I) As equações desenvolvidas para outras populações são válidas para estimar a Taxa Metabólica de Repouso em adolescentes entre 10 e 17 anos residentes na cidade de Florianópolis – SC?



## **Delimitações e Limitações do Estudo**

### **Delimitações:**

- I) O estudo delimita-se no grupo de adolescentes entre 10 e 17 anos de idade, de ambos os sexos, matriculados nas escolas da rede particular e pública, residentes na cidade de Florianópolis - SC.

### **Limitações:**

- I) A determinação da raça dos sujeitos do estudo;
- II) A incapacidade de controlar se os sujeitos realizaram, no mínimo, 6 horas de jejum;
- III) A incapacidade de determinar se o indivíduo encontra-se em estado de anemia.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

#### **Gasto Energético**

Os estudos do gasto energético no homem vêm sendo realizados há muitos anos, Montoye et al. (1996) comentam que, na metade do século 18, Antoine L. Lavoisier (1743 – 1794) concebeu a primeira lei da termodinâmica, a qual a energia não pode ser criada e nem destruída, mas somente transformada de uma forma para outra. Em 1782, em conjunto com Pierre S. Laplace, desenvolveram o calorímetro do poço de neve, introduzindo o termo “caloria” e, em 1789, em associação com Armand F. Séguin, estudaram o consumo do oxigênio pelo corpo humano em diferentes situações (Rocha, Alves, Silva, Chiesa & Fonseca, 2005).

Este princípio da conservação de energia foi reformulada por Mayer em 1842 e por Helmholtz em 1847, mas ficou para Joule fazer experimentos que dessem suporte para este conceito. Quando Lavoisier e Laplace demonstraram que o exercício muscular consome oxigênio e produz dióxido de carbono, o próximo estágio foi aprender como medir o gasto energético.

Tem sido consensual na literatura (Melby et al., 2003, Montoy et al., 1996, Murgatroyd, Shetty & Prentice, 1993) a classificação dos métodos de mensurar o gasto energético em calorimetria direta ou indireta.

A calorimetria direta mede o gasto energético pela taxa em que o calor é perdido do corpo para o ambiente. Essa perda de calor é transferida para o ambiente por meio de não evaporação (radiação, convecção, condução) e por meio da evaporação da água. O total de perda de calor é estimado pela soma dos componentes evaporativos e não evaporativos no ambiente (Murgatroyd et al., 1993).

As taxas de oxidação de substratos não podem ser determinadas por calorimetria direta. Embora esta seja considerada o padrão mais alto de medida de gasto energético, poucos laboratórios utilizam a calorimetria direta rotineiramente para determinar o gasto energético em seres humanos (Melby et al., 2003).

A calorimetria indireta, ao contrário da direta, é tecnicamente menos difícil, já que requer equipamento de menor custo, e permite calcular não só o gasto energético, mas também as taxas de oxidação de substratos (Suen et al., 1998).

O termo calorimetria indireta é aplicado, mais freqüentemente, para o método denominado troca gasosa, ou seja, aquele que estima o gasto energético a partir do volume de oxigênio ( $VO_2$ ) consumido e do volume de gás carbônico ( $VCO_2$ ) produzido. Porém, há outras técnicas de calorimetria indireta, como a água duplamente marcada e os métodos que utilizam bicarbonato marcado (Melby et al., 2003), que são assim chamados porque o calor produzido não é medido diretamente.

Os estudos, no início do século 20, de Benedict e Atwater, paralelamente com os trabalhos de Carl von Voit e Max Rubner, na Alemanha, e Lusk e Du Bois nos Estados Unidos, definitivamente sedimentaram o uso clínico da calorimetria indireta (Rocha et al., 2005).

Na área clínica, a calorimetria foi amplamente utilizada até a década de 1950, para avaliar o estado funcional da glândula tireóide, mediante determinação do

metabolismo basal. Com a introdução dos métodos específicos de avaliação da função tireoidiana, os laboratórios de calorimetria indireta foram sendo progressivamente desativados, e essa metodologia permaneceu restrita a alguns poucos centros de pesquisa. A introdução do suporte nutricional, na década de 1970, renovou o interesse no estudo do metabolismo e nutrição, demonstrando a necessidade de se determinar, de maneira precisa, o dispêndio de energia (Diner, 1997).

A calorimetria indireta, utilizada para medir a TMR, sendo considerada uma teoria, baseia-se nos seguintes pressupostos, segundo Ferrannini (1988):

- 1) a entrada e a saída dos gases envolvidos no processo de combustão metabólica ocorrem só pelo nariz e pela boca. As perdas pela pele são mínimas e são desconsideradas. Nem o  $O_2$  nem o  $CO_2$  são armazenados no organismo;
- 2) não está ocorrendo produção anaeróbia de energia;
- 3) o aporte de substrato energético consiste de proteínas, carboidratos e gorduras;
- 4) os substratos energéticos participam somente na reação de combustão, na lipogênese e na gliconeogênese;
- 5) a taxa de excreção de nitrogênio na urina como uréia representa a taxa de catabolismo protéico;
- 6) o organismo está em estado de equilíbrio, e a duração da avaliação é suficiente para corrigir flutuações nos “pools” do gás carbônico, glicose e uréia.

Conhecendo-se as taxas de produção de  $CO_2$ , consumo de  $O_2$  e excreção de N urinário num determinado período de tempo, pode-se calcular a taxa de desaparecimento dos substratos metabólicos a partir dos seus respectivos “pools” e

definir a participação percentual de cada substrato na produção de energia (Diner, 1997).

O quociente respiratório (RQ), calculado como  $VO_2/VCO_2$ , é um valor adimensional (sem unidade) e pode ser utilizado para estimar a taxa da oxidação do substrato. O gasto energético é, então, estimado pelo cálculo do equivalente de energia de cada litro de oxigênio consumido. O RQ é dividido em quociente respiratório não-protéico ( $RQ_{np}$ ), que traduz a participação dos carboidratos e lipídios no  $VCO_2$  e  $VO_2$ , e quociente respiratório protéico ( $RQ_p$ ), que representa a participação das proteínas. Essa diferenciação no RQ é realizada determinando-se a taxa de excreção diária do nitrogênio na urina (Simonson & DeFronzo, 1990).

Os carboidratos e os lipídios são oxidados completamente até  $CO_2$  e  $H_2O$ . As proteínas, além de produzir  $CO_2$  e  $H_2O$ , liberam nitrogênio, que é excretado pela urina (Diner, 1997).

Os aparelhos de calorimetria indireta medem o  $VO_2$  e o  $CO_2$ , analisando o ar inspirado e expirado pelo indivíduo num determinado período de tempo. De acordo com o princípio de funcionamento, calorímetros são classificados em equipamentos de circuito fechado e circuito aberto (Diner, 1997).

Nos equipamentos de circuito fechado, o  $VO_2$  e o  $VCO_2$  são medidos por alterações no volume de um reservatório fechado contendo  $O_2$ . Esses aparelhos são considerados o padrão ouro<sup>1</sup> da calorimetria, pois foi com esse tipo de equipamento que se definiu a base do metabolismo. Embora ainda utilizados para estudos de calorimetria de pequenos animais, poucos equipamentos para uso humano empregam esse princípio (Yamada, Gonçalves & Wattzberg, 1989).

---

<sup>1</sup> Técnica considerada com mais alto grau de validade em medir uma variável.

Na calorimetria indireta de circuito aberto, ambos extremos do sistema se comunicam com o ambiente. O ar expirado é coletado em bolsa de Douglas ou espirômetro de Tissot e, depois, analisado por titulação por métodos convencionais ou analisador eletrônico (Diner, 1997).

Os monitores metabólicos utilizados atualmente são instrumentos microprocessador que empregam analisadores rápidos de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> capazes de medir instantaneamente as alterações nas concentrações dos gases analisados.

Os calorímetros indiretos de circuito aberto são classificados quanto ao sistema de análise dos gases em equipamentos de análise direta (respiração por respiração), equipamentos com câmara de mistura e equipamento de análise por diluição de ar expirado (Sue, Hansen, Blais & Wasserman, 1980; Phang, Rich & Ronco, 1990).

Vários devem ser os cuidados observados antes e durante a realização da calorimetria indireta para se obter a TMR, assegurando resultado acurado.

Esses cuidados incluem aspectos relacionados ao ambiente, condições do avaliado (especialmente em situação de enfermidade) e aspectos técnicos relacionados ao monitor metabólico (Diner, 1997).

O ambiente deve ser silencioso, com pouca iluminação e deve estar numa temperatura confortável, para evitar alterações causadas por frio ou ansiedade. O avaliado deve estar em repouso há pelo menos trinta minutos e observar um jejum de 2 a 3 horas (Mullen, 1991).

O monitor deve ser ligado, no mínimo, 30 minutos antes da avaliação para aquecimento e estabilização adequada e assegurar que não haja vazamento nas conexões do circuito respiratório (Diner, 1997).

A duração da avaliação depende da obtenção de um estado de equilíbrio metabólico e respiratório caracterizado pela estabilidade das leituras obtidas. Esta condição de equilíbrio é reconhecida quando o  $VO_2$  e o  $VCO_2$  variam menos de 10% e o RQ menos de 5% num intervalo de tempo de cinco minutos. O dispêndio energético medido nesse intervalo de cinco minutos extrapolado para 24 horas é considerado como representativo do dispêndio energético de repouso diário (Mullen, 1991).

Alguns pesquisadores recomendam um período inicial de adaptação de 5 a 10 minutos, para a estabilização das leituras, e um período de medida de 20 minutos (Isbell, Kleges, Meyers & Kleges, 1991). Quando a leitura não se estabiliza, recomenda-se estender a determinação para 25 minutos (Cunningham, Aeberhardt, Wiggs & Phang, 1994).

Uma interpretação adequada deve incluir a análise do RQ encontrado, comparação do estado metabólico encontrado em relação ao previsto e a estimativa da participação de cada substrato na produção de energia (Diner, 1997).

Após a obtenção dos valores em repouso do  $VO_2$  e do  $VCO_2$ , esses são utilizados em equações que os transformam em valores calóricos. Vários estudos em jovens têm utilizado a equação proposta por Weir (1949)<sup>2</sup>, a qual tem sido aceita pela comunidade acadêmica como padrão ouro (Wells, 1998).

$$GE \text{ (kcal/min)} = 3.941 * (VO_2 \text{ L/min}) + 1.106 * (VCO_2 \text{ L/min}) - 2.17 * N$$

---

<sup>2</sup> Weir mostrou que o erro em não se medir o nitrogênio (N) sofre pequenas variações entre os indivíduos. Desta forma, o gasto energético pode ser estimado somente pelo  $VO_2$  e  $VCO_2$ .

O gasto energético (GE) pode ser também calculado por meio dos substratos utilizados como energia (Suen et al. 1998). Tendo-se como referência o  $VO_2$  consumido e o  $VCO_2$  produzido por grama de lipídios, glicose e proteína, deduzem-se as seguintes equações:

Cálculo da combustão dos lipídios:

$$\text{Lipídios (g/min)} = 1,67 * (VO_2 - VCO_2) - 1,92 * N$$

Cálculo da combustão da glicose:

$$\text{Glicose (g/min)} = 4,56 * VCO_2 - 3,21 * VO_2 - 2,88 * N$$

Para indivíduos em período pós-absortivo, deve estar ocorrendo a utilização de glicogênio. Portanto, para o cálculo da taxa de oxidação de glicídios, é correto que se use o fator do glicogênio e não o da glicose.

A equação ficará assim derivada:

$$\text{Glicogênio (g/min)} = 4,09 * VCO_2 - 2,88 * VO_2 - 2,59 * N$$

Cálculo da combustão de proteína:

$$\text{Proteína (g/min)} = 6,25 * N$$

Obs.:  $VCO_2$  em ml/min,  $VO_2$  em ml/min, N em g/min.

Para o cálculo do gasto energético, considera-se o equivalente energético da glicose (3,74 kcal/g), do lipídio (9,50 kcal/g) e da proteína (4,10 kcal/g). Assim formou-se a equação:

$$GE \text{ (kcal/dia)} = (3,74 * \text{glicose}) + (9,50 * \text{lipídios}) + (4,10 * \text{proteína})$$

Outra técnica utilizada é a da água duplamente marcada, que é útil para avaliar o gasto energético durante a atividade física de livre movimentação, fora do ambiente de laboratório.



Foi desenvolvida no ano de 1940, por Lifson e McClintock, que publicaram o artigo "*Theory of the use of the turnover rate of body water for measuring energy and material balance*", contendo a teoria da técnica. Por mais de 30 anos, a técnica foi usada extensivamente em pequenos animais. Inicialmente em humanos, seu uso foi restrito pelo alto custo de um dos isótopos usados ( $^{18}\text{O}$ ). Somente no ano de 1985, A. M. Prentice e colaboradores publicaram o trabalho "Unexpectedly low levels of energy expenditure in health women" que apresentou os primeiros resultados em humanos, então a técnica foi difundida rapidamente (Murgatroyd et al., 1993).

Este método é baseado no consumo, pelos indivíduos, de uma dose de água contendo dois isótopos estáveis, na forma de  $^2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  (Melby et al., 2003).

Estes isótopos entram em equilíbrio com a água total do organismo e são eliminados com o tempo: o isótopo  $^2\text{H}$  é eliminado do organismo apenas na forma de água, enquanto que  $^{18}\text{O}$  é eliminado tanto como água, quanto na forma de dióxido de carbono.

A taxa diferencial de desaparecimento entre estes dois isótopos fornece uma estimativa da produção de dióxido de carbono, um valor que, por sua vez, pode ser convertido em gasto energético, baseado no quociente respiratório (RQ) estimado.

O tempo para análise destes dois isótopos tem variado conforme a idade; Em crianças, o mínimo tem sido de 6 a 7 dias; em adultos normais de 12 a 14 dias, sendo que, em idosos, este tempo pode ser maior, e as maiores desvantagens deste método são o seu custo relativamente alto, necessidade de equipamentos especializados e a incapacidade para medir as taxas de oxidação de substrato (Murgatroyd et al., 1993).

A terceira forma utilizada para estimar a produção de CO<sub>2</sub> e o gasto energético é o método do bicarbonato marcado. Ela foi validada em humanos por M. Elia no ano de 1992 com a publicação do trabalho *“Measurement of bicarbonate turnover in humans: applicability to estimation of energy expenditure”* (Murgatroyd et al., 1993).

Uma dose de NaH<sup>14</sup>CO<sub>3</sub> ou de NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub> é administrada e, ao longo do tempo, será diluída na própria produção de CO<sub>2</sub> pelo organismo, a partir da oxidação celular de macronutrientes. A magnitude da diluição isotópica, durante o período de medida, pode, então, ser usada para determinar a taxa de produção de CO<sub>2</sub>, a qual, de uma maneira semelhante ao método da água duplamente marcada, permite o cálculo do gasto energético (a recuperação dos carbonos marcados é acompanhada pela amostragem de ar exalado, sangue ou saliva) (Murgatroyd et al., 1993).

Desta forma, utilizando as técnicas descritas anteriormente, determina-se o gasto energético diário de um indivíduo.

Conhecer o gasto energético diário auxilia na regulação da massa corporal, pois esta envolve o ajuste da ingestão e do gasto de energia. Quando a ingestão de energia é igual ao gasto da energia, em jovens, a estatura e desenvolvimento corporal aumentam regularmente. Quando a ingestão de energia excede o gasto energético, esse excesso é armazenado como gordura, levando à obesidade.

É comum a obesidade ser principalmente atribuída ao aumento da ingestão de energia, refletindo desequilíbrio nos mecanismos do controle de consumo de alimentos e reduzido gasto energético, particularmente no componente relacionado à atividade física, ou a combinação destes dois mecanismos (Tounian, Dumas, Veinberg & Girardet, 2003).

O gasto energético diário se divide em três componentes, como já mencionados: TMR, efeito térmico dos alimentos e gasto energético na atividade física. Será revisado com maior detalhe o primeiro componente do gasto energético diário.

### **Taxa Metabólica de Repouso**

A TMR ou a quantidade de energia necessária para o corpo humano manter os processos fisiológicos normais durante o repouso, em situação pós-absortiva (6 horas após a última refeição, período nos quais os macronutrientes não estão mais sendo absorvidos para o interior dos tecidos por assimilação), compreende aproximadamente 70% do gasto energético diário em humanos (Wong et al. 1996) e representa o principal componente do gasto energético (Cruz et al., 1999), especialmente quando são determinadas as necessidades diárias de energia em pessoas sedentárias (Alfonzo-Gonzalez et al., 2004).

Esta inclui a energia gasta com a bomba de sódio-potássio e outros sistemas que mantêm o gradiente eletroquímico das membranas celulares, a energia empregada na síntese dos componentes do organismo, a energia necessária para o funcionamento dos sistemas cardiovascular e respiratório e a energia despendida pelos mecanismos termorregulatórios para manter a temperatura corporal (Diner, 1997).

No início do século 20, a atenção dada à avaliação da TMR foi focada na repetição da medida para diagnóstico e para o desenvolvimento de padrões. Um dos principais pesquisadores desta época foi Francis G. Benedict, que, em conjunto

com seus colegas do Instituto de Carnegie, Boston/EUA, foram engajados em demonstrar a TMR de recém-nascidos até idosos.

Harris e Benedict (1919) desenvolveram a primeira equação para a estimativa da TMR, a qual continha, além de adultos e idosos, noventa e quatro adolescentes. Em 1920, Benedict, Hendry e Baker publicaram as medidas da TMR de meninas de 12 a 17 anos.

Do ano de 1917 a 1926, Walter M. Boothby e colaboradores da Clínica Mayo, em Rochester/EUA, relataram 60.000 medidas da TMR em crianças escolares, adultos saudáveis e pacientes. Boothby, Berkson e Dunn (1936) comunicaram uma expansão dos dados anteriores para 80.000 medidas.

Segundo Schofield (1985), o interesse central desta expansão foi a introdução da padronização dos procedimentos de medidas e a difusão do uso de equipamentos portáteis. Talbot, Wilson e Worcester (1937) estimaram mais de 10.000 medidas em aparelhos portáteis específicos para a medida da TMR em uso nos EUA.

Schofield (1985) cita que M. H. Quenouille e colaboradores (1951) publicaram o que apresenta ter sido a primeira tentativa de larga-escala para base de padrões seguros nos Estados Unidos da América, avaliando 8.600 sujeitos, em resposta a um pedido da *United Nations Food and Agriculture Organization Advisory Committee on Nutrition* em um encontro em Genebra em 1947. Sua hipótese era a de que os dados do metabolismo de repouso poderiam ser o começo para estimar as necessidades de energia de grupos populacionais, nos quais, após a obtenção da TMR, essa poderia ser multiplicada por fatores de diferentes níveis de atividade física. Esta pesquisa produziu tabelas da TMR considerando massa corporal e estatura, bem como sexo, idade, raça, temperatura e umidade.

Os encontros dos comitês da WHO/FAO/UNU de 1956 a 1971 não levaram em consideração o procedimento de usar a TMR como ponto de partida para a estimativa das necessidades energéticas. Somente o comitê de 1981 voltou a utilizar o cálculo de gasto energético total como múltiplo da TMR, e sugeriu que fosse difundido esse método, propondo equações na impossibilidade de avaliar a TMR por meio de equipamentos.

Porém, Schofield (1985) questiona a base de dados de Talbot (1938) utilizada pelo comitê de experts WHO de 1973 e que foi utilizada para desenvolver as equações propostas em 1981, comentando que deveria ser examinada a cientificidade e a estatística dos vários dados avaliados. O autor continua afirmando que há evidentes distorções nos dados e de que é necessário publicar a fonte que foi utilizada.

Essas evidências levaram Schofield (1985) a escrever sua monografia, na qual ele teve como objetivo desenvolver equações com dados da literatura que apresentavam rigor científico e mérito estatístico.

Então, com base no banco de dados de 7.549 sujeitos de Schofield (1985) e com uma nova expansão para 11.000 medidas, a WHO/FAO/UNU (1985) passou a recomendar que as necessidades energéticas fossem baseadas na medida do gasto energético, sugerindo que os componentes do gasto energético fossem expressos como múltiplos da TMR e sugerindo equações para estimá-la para as diferentes faixas etárias.

A partir desta recomendação e da sugestão de utilizar equações para predizer a TMR, surge uma série de estudos com o objetivo de analisar a validade destas equações em diversas populações.

As equações propostas por Schofield (1985) e WHO/FAO/UNU (1985) tiveram sua validade testada na população de adolescentes nos países: EUA (Bandini, Morelli, Must & Dietz, 1995; Wong et al. 1996), França (Derumeax – Burel, Meyer, Morin & Boirie, 2004), Holanda (van Mil, Westerterp, Kester & Saris, 2001), Itália (De Lorenzo et al., 1999), Espanha (Rodriguez, Moreno, Sarria, Fleta & Bueno, 2000), Alemanha (Müller et al. 2004), Colômbia (Spurr & Reina, 1988), Hungria (Eiben & Pantó, 1986, Molnár, Jeges, Erhardt & Schultz, 1995), Brasil (Schneider & Meyer, 2005) entre outros.

Os estudos apontaram a não validade destas equações nestas populações, demonstrando, desta forma, que há fatores ambientais e genéticos que influenciam na resposta da TMR, o que indica a impossibilidade de desenvolver uma equação universal (Frankenfield et al., 2005).

É necessário se discutir algumas afirmações na literatura, para se entender a afirmativa acima. Primeiro, as diferenças das medidas antropométricas (massa corporal, estatura, massa gorda e massa magra) utilizadas nas equações de predição se distinguem entre adolescentes de países diferentes (Ashcroft & Desai, 1977; Mandadzhieva, Marianov, Kostianev & Turnovska, 2005). Segundo, as medidas da TMR em determinados trabalhos são oriundas de estudos da primeira metade do século 20. Houve mudanças antropométricas entre adolescentes da primeira metade do século em relação aos atuais (Yampolskaya, 2005; Zellner & Jaeger, 1990), o que tem contribuído para a não validade das equações.

Isso tem levado pesquisadores a desenvolverem equações para populações específicas como nos estudos de Henry e Rees (1991) para pessoas que vivem nos trópicos, Müller et al. (2004) para a população Alemã de adolescentes e Lazzar,

Agosti, De Col e Sartorio (2006) para as crianças e adolescentes italianos com obesidade severa.

### **Taxa metabólica de repouso em adolescentes**

Numa análise geral, os meninos apresentam valores absolutos da TMR maiores do que os das meninas (Bandini et al., 1990; Bandini et al., 1995, van Mil et al., 2001). Após um estudo de cinco anos, no qual foi medida a TMR longitudinalmente, os meninos apresentaram valores mais elevados do que os das meninas tanto para a raça branca quanto para a negra, independente do estágio maturacional e idade (Sun, Gower, Bartolucci Hunter, Figueroa-Colon & Goran, 2001).

Mesmo após a TMR ser corrigida pela massa corporal e pela massa magra, os meninos continuaram a apresentar valores maiores do que os das meninas (Yu, Sung, So, Lam, Nelson, Li, Yuan & Lam, 2002).

A maturação, fator importante, que ocorre na adolescência, já que implica mudanças morfológicas extremamente acentuadas e envolve a maioria dos órgãos e estruturas do corpo (Böhme, 2004), conforme se desenvolve, aumenta os valores absolutos da TMR. No entanto, quando a TMR de indivíduos de maturação diferenciada é normalizada pela massa magra e pela massa gorda, não há influência da puberdade (Molnár et al., 1995).

Tounian et al. (2003) analisaram a TMR em 38 adolescentes, de ambos os sexos, com idade entre  $11,6 \pm 1,7$  anos a  $13,2 \pm 1,4$  anos, classificados pela massa corporal relativa (massa corporal/massa corporal ideal para a estatura) em baixo

peso, peso adequado e obeso. Quando comparadas com a dos adolescentes com peso adequado, a média absoluta da TMR foi 26% menor em adolescentes magros e 18% maior em adolescentes obesos.

Em estudo de Bandini et al. (1995) e de Van Mil et al. (2001), adolescentes obesos apresentaram valores de TMR absoluta maiores do que em não obesos ( $6,95 \pm 0,84$  MJ/d vs  $5,81 \pm 0,64$  MJ/d, respectivamente).

Resultados de estudos sustentam que, após a TMR ser corrigida pela massa magra, adolescentes obesos têm TMR significativamente mais alta em relação aos adolescentes não obesos. Isto implica que a diferença na TMR não pode ser uma importante causa da obesidade (Illner, Brinkman, Heller, Bosy-Westphal & Müller, 2000; Yu et al., 2002).

Essa mesma conclusão é reiterada em estudo de Bandini et al. (1990), quando o autor comenta que a TMR não é reduzida em adolescentes obesos e que ela não pode ser responsável pela manutenção da obesidade. Uma possível causa da obesidade em adolescentes seria um maior tempo gasto em atividades sedentárias (Yu et al., 2002).

A explicação para que adolescentes obesos tenham maior TMR deve-se a dois fatores que estão relacionados ao tamanho corporal e a sua variação na TMR: 1) a contribuição proporcional ao corpo dos diferentes órgãos da massa magra 2) o consumo de  $O_2$  pelos tecidos (Illner et al., 2000).

A explicação dos fatores acima é feita a seguir, o aumento da TMR ajustada pela massa magra é baseado no aumento da massa dos órgãos metabolicamente ativos. A obesidade pode ser associada a um relativo aumento da massa dos órgãos internos (cérebro, coração, rim, fígado, baço) e da massa muscular (Holliday, 1971).



A maior proporção destes órgãos da massa magra pode ser refletida pelo aumento na TMR, fazendo com que haja um maior consumo de O<sub>2</sub>.

### **Fatores intervenientes da taxa metabólica de repouso**

Quando analisado o valor da TMR em populações distintas, nota-se uma variabilidade nos resultados. A discrepância entre a TMR medida e predita pode ser explicada em parte por problemas metodológicos e fatores biológicos (Müller et al. 2004) ou por enfermidades.

As enfermidades podem elevar a TMR como nos casos de adolescentes com anemia celular, causada pelo fenômeno da quebra da proteína corporal e sua síntese, o aumento da ejeção cardíaca e o menor volume de massa magra nesses adolescentes (Buchowski et al. 2002), ou podem diminuir a TMR, como, por exemplo, em pacientes com queimaduras que tiveram perda da superfície da área corporal, estes podem mostrar baixas de 30% a 40% na medida da TMR (Brandi, Bertolini & Calafa, 1997).

Considerando adolescentes saudáveis, a metodologia de avaliação pode interferir nos valores da TMR em situações de realização de avaliação pós-prandial, quando o valor é aproximadamente 10% mais elevado. Esse resultado pode ser efeito da termogênese do alimento (Maffeis, Schutz, Zoccante, Micciolo & Pinelli, 1993).

O clima e a região geográfica também são fatores intervenientes na resposta da TMR. Revisando a literatura, encontrou-se que sujeitos que vivem nas regiões

tropicais apresentam valores menores da TMR em relação aos que vivem em clima temperado (Henry & Rees, 1991).

Esse fenômeno pode ser explicado em parte pela diferença na relação do relaxamento muscular e da temperatura que induz mudanças na atividade da glândula tireóide, o que pode diminuir a TMR em pessoas que vivem nos trópicos (Wong et al. 1996).

Apesar de a idade estar sendo utilizada como variável independente nas equações que predizem a TMR, sua relação nesta faixa etária com a mesma é duvidosa. A idade não apresentou boa correlação com a TMR entre os adolescentes (Molnár et al. 1995; Bandini, Must, Spadano & Dietz.,2002).

A maturação, que é um bom indicativo do desenvolvimento funcional da massa magra, não contribui para melhorar o potencial de predição em equações (Molnár et al., 1995).

Não houve diferenças na TMR entre meninas pré-púberes e púberes, que não haviam alcançado a idade de menarca (Bandini et al., 2002).

A TMR aumentou em relação ao estágio de maturação um,dois e três de Tanner, no entanto, o resultado parece estar mais ligado ao aumento concomitante da massa corporal e estatura (Bandini et al., 1995).

Os resultados indicaram uma relação negativa entre maturação (medida pelos estágios de Tanner) e a TMR depois de ajustada pela massa gorda e massa magra. Uma explicação para o efeito da maturação na TMR é a diferença na contribuição dos órgãos metabolicamente ativos e da massa muscular durante o desenvolvimento pubertal (Sun et al., 2001).

Aproximadamente aos seis anos de idade, pequenos órgãos com altas taxas metabólicas, como o cérebro, já estão com seu tamanho quase de adulto. Enquanto que a massa muscular, maior contribuinte em quilograma da massa magra, só vai ter seu pico de crescimento próximo aos quatorze anos (Baxter-Jones, Eisenmann, Sherar., 2005).

Estudos demonstram haver diferenças entre as raças. Adolescentes negros apresentam TMR menor que adolescentes brancos (Bandini et al., 2002); esses valores comportam-se assim desde o estágio pré-púbere (Morrison, Alfaro, Khoury, Thornton & Daniels, 1996) até o desenvolvimento púbere, mesmo após ajuste pela massa gorda, massa magra e estágio de maturação (Sun, 2001).

Possível explicação consiste na composição da massa magra e na taxa de atividade metabólica dos órgãos que difere entre negros e brancos (Gallagher, Albu, He, Heshka, Boxt, Kransnow & Elia, 2006). Por meio da Imagem de Ressonância Magnética, mediram-se as massas do fígado, rim, coração, baço, cérebro e utilizando DEXA, mediram-se as massas da musculatura esquelética e do tecido adiposo. Os resultados indicaram que a taxa metabólica dos órgãos (soma do fígado, coração, baço, rins e cérebro), depois de ajustada pela massa gorda, massa magra, sexo e idade, foi significativamente ( $p < 0,001$ ) menor em negros do que em brancos. As diferenças raciais na TMR foram reduzidas em  $> 50\%$  quando considerada a taxa metabólica dos órgãos.

Estas diferenças raciais podem explicar em parte a tendência à obesidade das mulheres negras em relação às brancas durante a vida adulta (Morrison et al., 1996; Sun, 2001), somado a um estilo de vida contemporâneo relacionado a um maior consumo de energia e inatividade física e à propensão genética para a conservação

eficiente da energia (Kimm, Glynn, Aston, Damcott, Poehlman, Daniels & Ferrel, 2002).

Por causa da magnitude das diferenças entre a TMR predita e a medida associada com a raça, depois de controlada pela idade, massa corporal, maturação sexual, massa magra, recomendou-se esta ser incluída em futuros refinamentos em equações de predição da TMR (Wong et al., 1996).

Em relação à etnia, a TMR é menor nas meninas da Malásia em relação às Inglesas, mas quando corrigida pela massa magra, não houve efeito da etnia analisada pela covariância (Henry, Webster-Gandy, Koon & Ismail, 2005).

Asiáticos e Africanos tiveram TMR menor do que Europeus. É importante salientar que estes foram avaliados no mesmo país, Holanda, e tiveram alimentação controlada. O estudo não mostrou evidências conclusivas de como o fator étnico afeta o metabolismo energético humano (De Bôer, van Es, Voorrips, Blokstra & Vogt, 1988).

O sexo explicou 84% da variação na TMR em adolescentes (Tverskaya et al. 1998). Essa variável tem sido utilizada nas equações como fator de correção, e há uma tendência em desenvolver equações diferenciadas por sexo.

As várias medidas dos componentes corporais utilizadas para predizer a TMR podem ser organizadas de acordo com os cinco níveis de modelos da composição corporal: corpo inteiro, tecido/órgãos, celular, molecular e atômico (Wang et al. 2001) como descrito na tabela 1.

**Tabela 1.**

**Modelos selecionados para prever a taxa metabólica de repouso em diferentes níveis da composição corporal.**

<b>Nível da Composição Corporal</b>	<b>Equação para prever a TMR</b>
Corpo Inteiro	$TMR = b * MC^q$
	$TMR = a + b_1 * MC + b_2 * ET + b_3 * ID$
	$TMR = a + b * ASC$
Tecidos/órgãos	$TMR = \sum (k_i * T_i)$
	$TMR = k_1 * \text{figado} + k_2 * \text{cérebro} + k_3 * \text{coração} + k_4 * \text{rins} + k_5 * \text{ME} + k_6 * \text{TA} + k_7 * \text{miscelânea de tecidos}$
	$TMR = a + b_1 * T_1 + b_2 * T_2$
Celular	$TMR = \sum (k_i * MCL_i)$
	$TMR = a + b * MCC$
Molecular	$TMR = a + b * MCM$
	$TMR = a + b_1 * MCM + b_2 * MCG$

Fonte: Wang et al. (2001).

Legenda: TMR =Taxa Metabólica de Repouso; b = inclinação ou coeficiente; MC = massa corporal; q = expoente; a = intersecção; ET = estatura; ID = idade; ASC = Área de Superfície Corporal;  $k_i$  = taxa metabólica de repouso individual dos componentes metabolicamente ativos;  $T_i$  = massa dos tecidos/órgãos individual; TA = Tecido Adiposo; MCL = massa celular como categoria individual de células; MCC = massa celular corporal; MM = Massa Corporal Magra; MG = Massa Corporal Gorda.

A literatura apresenta, de forma consensual, que as principais variações na TMR podem ser explicadas pelas medidas dos componentes corporais. Dentre estas medidas se destacam a massa corporal, estatura, massa corporal gorda e massa corporal magra, as quais serão discutidas a seguir.

Nas equações de predição, a massa corporal tem sido considerado o melhor preditor da TMR (Wong et al., 1996), apresentando coeficiente de correlação entre

0,80 (Bandini et al., 2002) a 0,88 (Molnár et al.,1995), sendo esses valores estatisticamente aceitáveis (Vincent, 1999).

A estatura mostrou contribuir insignificamente na acurácia e precisão das equações que estimam a TMR (Wong et al., 1996). Resultado similar também encontrado no desenvolvimento de equações para adolescentes dos trópicos (Henry & Rees, 1991). A estatura obteve correlação de 0,61 com a TMR, sendo das medidas antropométricas a de menor coeficiente de correlação (Molnár et al., 1995).

É visível a escolha apenas da massa corporal ou em conjunto com a estatura como variável independente no desenvolvimento de equações que meçam a TMR, justificando-se pela fácil obtenção dos resultados.

A massa gorda também apresenta boa correlação com a TMR. Os valores ficam entre  $r = 0,49$  (Bandini et al., 2002) e  $r = 0,78$  (Molnár et al., 1995). Ela explicou sozinha 83% da variação na TMR em adolescentes obesos no estudo de Tverskaya et al. (1998).

Os estudos apontam a massa corporal magra como a principal medida antropométrica responsável pela variação na TMR. A massa corporal magra sozinha tem explicado entre 61,7% e 85% da variação na TMR (Illner et al., 2000; Müller et al., 2004).

Esses resultados independem se o adolescente é classificado com baixo peso, peso adequado ou obeso (Bandini et al., 1990). Os estudos revelaram que obesos possuem coeficientes de correlação mais elevados para esta variável do que os de peso adequado e peso baixo ( $r = 0,89$ ,  $r = 0,87$  e  $r = 0,79$ , respectivamente) (Tounian et al., 2003).

Dentre os elementos que compõem a massa magra, a musculatura esquelética e o fígado são os maiores determinantes em jovens, saudáveis e não obesos (Illner et al., 2000).

No entanto, quando considerada a taxa metabólica (kcal) por unidade de quilograma (kg), o coração e os rins têm as mais altas taxas metabólicas de repouso (440 kcal/kg por dia), o cérebro (240 kcal/kg por dia) e o fígado 200 (kcal/kg por dia). Em contraste, a TMR da musculatura esquelética (13 kcal/kg por dia) e do tecido adiposo (4,5 kcal/kg por dia) são bastante baixas. Portanto, embora a musculatura esquelética e o tecido adiposo sejam os dois maiores componentes corporais, a contribuição deles por unidade de quilograma é menor do que os órgãos (Wang et al., 2001).

Porém, a massa corporal gorda e a massa corporal magra não têm sido utilizadas como variável independente nas equações, pois suas medidas são de difícil obtenção no ambiente clínico e de pesquisa. Isso se deve ao fato de as técnicas padrão, como a pesagem hidrostática e o DEXA, necessitarem de técnicos especializados e possuírem alto custo para a sua realização.

A alternativa seria a utilização de equações antropométricas que estimam os componentes corporais, no entanto, essa técnica tem apresentado resultados contraditórios na população de adolescentes (Elberg, McDuffe, Sebring, Salaita, Keil, Robotham, Reynolds & Yanovski, 2004; Watts, Naylor, Davis, Jones, Beeson, Bettency, Siafarikas, Bell, Ackland & Green, 2006,).

Estudo recente (Pereira, 2006) mostrou que algumas equações que estimam os componentes corporais não são confiáveis para serem utilizadas em adolescentes masculinos brasileiros entre 10 e 17 anos.

Estes achados justificam que o processo de avaliação da TMR é sensível e específico para grupos populacionais com características semelhantes.

### **Validação de equações que predizem a taxa metabólica de repouso**

As equações para mensurar a TMR foram desenvolvidas a partir de estudos conduzidos principalmente entre 1919 e 1950. Desde então, a tecnologia para medir a TMR tem sido desenvolvida, e esses avanços aumentaram a validade da medida (Bandini et al. 1995).

Em 1985, a WHO passou a recomendar as necessidades energéticas baseadas no gasto energético e sugeriu, que seus componentes fossem expressos em múltiplos da TMR, mas como nem sempre é possível medir a TMR, houve a recomendação do uso internacional de equações de predição da mesma.

Desde então, equações de predição desenvolvidas a partir de medidas de calorímetros diretos ou indiretos foram adotadas como o melhor método para determinar as necessidades de energia em indivíduos (Frankenfield et al. 2005).

Porém estudos demonstraram que essas equações fornecem estimativas elevadas da TMR quando utilizadas em diferentes grupos étnicos (Warlich & Anjos, 2001a).

Há uma quantidade de pesquisadores tendo como foco de estudo validar ou desenvolver equações para medir a TMR tanto nas populações infantis, como nas de adolescecentes, adultos e velhos.

Há uma predeterminada suposição na literatura de que a predição da TMR é aceita com um erro de 10% da medida real para indivíduos normais (Rocha et al.,



2005). Os mesmos autores comentam que tal erro tem variado nos estudos entre 0,3% a 23,5%.

Frankenfield et al. (2005) comenta que esse limite de erro deveria ser 5% ou menos. Esse limite de predição da acurácia foi aceito empiricamente, da relação entre a equação e a calorimetria direta.

Quando as equações de regressão são aplicadas em um indivíduo (como nos casos clínicos e de pesquisa), um erro significativo pode ocorrer. Por esta razão, é importante que o indivíduo tenha características semelhantes às do grupo de pessoas para o qual a equação foi desenvolvida (para a TMR inclui idade, sexo, composição corporal e etnia), diminuindo desta forma as chances de erro (Frankenfield et al., 2005).

As equações já desenvolvidas estão sendo extrapoladas para outros grupos de idade, que não da sua validação, ou foram desenvolvidas por técnicas de calorimetria de acurácia limitada (Thomson et al. 1995).

Algumas razões podem explicar as diferenças entre a TMR predita e mensurada. Geralmente, as equações que predizem a TMR são baseadas na massa corporal. Embora esse procedimento tenha validade razoável, não considera outros fatores que podem afetar na variação da TMR (Alfonzo-Gonzales et al., 2004).

Os principais causadores desta variação são as modificações corporais causadas pela idade (Doucet, Bouchard & Tremblay, 2001), principalmente nos tecidos metabolicamente ativos da massa corporal magra (Yu et al., 2002).

Como já descrito anteriormente, estes resultados devem ser confiáveis, pois, para profissionais da saúde que manipulam dietas, esses guias freqüentemente

representam a única ferramenta para estimar a necessidades de energia (Alfonzo-Gonzalez et al., 2004).

Não há diferenças entre modelos logarítmicos, quadráticos e lineares, havendo pequena melhora nos resultados da TMR quando utilizados modelos mais complexos (logarítmicos e quadráticos). No entanto, a aplicação destas equações mais complexas é interessante no ambiente científico, mas certamente não terá o valor prático de uma equação mais simples como a linear (Schofield, 1985).

No próximo tópico serão relatados os estudos de validação das equações analisadas nesta pesquisa, que estão demonstradas na tabela 2.

Estas equações foram escolhidas por terem sido desenvolvidas em populações de adolescentes ou pelo seu uso sistemático na avaliação da TMR em ambiente clínico e no contexto científico. No decorrer do texto, será descrita a origem das equações, bem como estudos que utilizaram estas equações na medida da TMR.

### **Equação proposta por Harris e Benedict (1919)**

A primeira equação desenvolvida para a medida da TMR, foi apresentada por Harris e Benedict (1919) utilizando uma população de adultos e 94 adolescentes de ambos os sexos de origem norte-americana, considerados saudáveis. Esta equação tem sido utilizada pelas organizações nutricionais em todo o mundo, mas sua validade para algumas populações é questionada.

Essa equação superestimou as medidas da TMR em meninas-norte americanas (Tverskaya et al., 1998; Wong et al., 1996) e subestimou em meninas e

meninos espanhóis (Rodrigues et al., 2000) e franceses (Derumeaux – Burel et al., 2004).

### **Equação proposta por Schofield (1985)**

As equações de Schofield (1985) originaram-se da base de dados de 114 estudos, totalizando 7393 indivíduos. Schofield (1985) questionou a confiabilidade da equação da WHO (1981) por ela utilizar somente a massa corporal, e propôs equações divididas por sexo e limitadas por categorias de idades. Esse estudo serviu para a estruturação das equações propostas pela WHO/FAO/UNU (1985).

A equação proposta por Schofield (1985) superestimou a TMR em meninas norte-americanas (Wong et al., 1996), espanholas (Rodriguez et al., 2000) em meninos colombianos (Spurr et al., 1992), norte-americanos (Tverskaya et al., 1998) e brasileiros (Schneider & Meyer, 2005) e em meninos e meninas dos países tropicais (Henry & Rees, 1991), franceses ( Derumeaux – Burel et al., 2004) e subestimou em meninas norte-americanas (Tverskaya et al., 1998), francesas (Derumeaux – Burel et al., 2004) e em meninos espanhóis (Rodriguez et al., 2000).

### **Equação proposta por WHO/FAO/UNU (1985)**

A equação da *World Health Organization/ Food and Agriculture Organization/ United Nations University (WHO/FAO/UNU)* surgiu de uma amostra de 11.000 medidas, tendo como base os estudos de Scholfield (1985). No trabalho original, em que as equações estão publicadas, a WHO/FAO/UNU (1985) não comenta o número de países e a quantidade de medidas que produziram as equações para adolescentes.

Os valores destas equações estão sendo utilizados como referência para estabelecer guias de necessidades alimentares em alguns países do mundo.

Equações para sujeitos de 10 anos a 17 anos foram desenvolvidas para cada sexo. Como essa equação representa uma compilação de dados de diferentes laboratórios, os procedimentos de medidas e métodos variaram (Bandini et al. 1995).

A equação sugerida pela WHO/FAO/UNU (1985) superestimou os resultados da TMR em meninas norte-americanas (Wong et al., 1996), em meninos espanhóis (Rodriguez et al., 2000), alemães (Müller et al., 2004), franceses (Derumeaux – Burel et al., 2004) e brasileiros (Schneider & Meyer, 2005) e em meninas e meninos húngaros (Molnár et al., 1995) e subestimou em meninas francesas (Derumeaux – Burel et al., 2004) e em meninas e meninos obesos residentes nos Estados Unidos da América (Tverskaya et al., 1998).

### **Equação proposta por Henry e Rees (1991)**

As evidências de que a TMR era superestimada pela equação de Schofield (1985), principalmente em regiões tropicais, fizeram com que Henry e Rees (1991) derivassem equações para indivíduos residentes nos trópicos. Foi realizada uma revisão na literatura, em que somente os estudos com méritos estatísticos foram aceitos.

O desenvolvimento destas equações seguiu os seguintes passos: a TMR foi realizada em sujeitos normais e saudáveis; foi medida sob condições padrão, em estado pós-absortivo e em condições de repouso; descrição geral dos equipamentos usados para o estudo; a medida da massa corporal, estatura, idade, sexo deveriam estar relatadas.

Os artigos foram excluídos da análise quando um ou mais critérios não eram respondidos. Também foram excluídos, quando o estudo apresentava somente o resultado médio do grupo.

Aplicando os critérios listados anteriormente, selecionaram-se 2822 medidas da TMR de ambos os sexos, organizados por faixas etárias de 3 aos 9 anos, 10 aos 17 anos, 18 aos 29 anos, 30 aos 60 anos. Ressalta-se que, na faixa etária dos 10 aos 17 anos, a amostra constituiu-se de 642 medidas, sendo 409 meninos e 233 meninas.

Para a faixa etária dos 10 aos 17 anos, a medida de adequação do modelo de regressão foi igual a  $R^2 = 0,64$  e  $R^2 = 0,39$  para a equação dos meninos e para a equação das meninas respectivamente, nota-se que esses valores são considerados de nível moderado e baixo.

Essa equação mostrou superestimar os valores da TMR em meninos com sobrepeso e obeso do estado do Rio Grande do Sul (Schneider & Meyer, 2005).

### **Equação proposta por Molnár et al. (1995)**

Molnár et al. (1995) desenvolveram equações para a estimativa da TMR utilizando adolescentes não obesos e obesos da Hungria. As distribuições dos sujeitos utilizados no estudo foram de 235 não obesos (119 meninas e 116 meninos) e 136 obesos (59 meninas e 77 meninos), com idade entre 10 e 16 anos, que foram estudados para desenvolver as equações. Um segundo grupo de adolescentes, 62 não obesos (31 de cada sexo) e 79 obesos (30 meninas e 49 meninos), foi estudado para validar a nova equação.

Os autores comentam que as variáveis, massa corporal ( $r = 0,88$ ), estatura ( $r = 0,61$ ), massa magra ( $r = 0,89$ ), massa gorda ( $r = 0,78$ ), índice de massa corporal ( $r = 0,77$ ) e idade ( $r = 0,29$ ) foram as que tiveram os melhores resultados de correlação com a TMR.

Foram, então, construídas três equações: uma para o sexo feminino, outra para o sexo masculino e a terceira para ambos os sexos, utilizando como variáveis independentes massa corporal, estatura e idade e, na terceira equação, o sexo. Os coeficientes de correlação ficaram entre 0,82 a 0,88.

Quando aplicada essa equação em meninos italianos, os valores mostraram-se inferiores ao medido pela calorimetria indireta (De Lorenzo et al., 1999).

#### **Equação Proposta por Tverskaya et al. (1998).**

Tverskaya et al. (1998) tiveram como sujeitos do estudo 110 adolescentes, pacientes obesos ( $IMC > 28$ ), avaliados entre o período de 1992 a 1996. Destes sujeitos, 81% eram caucasianos, 11% hispânicos, e 8% Afro-americanos, sendo que todos os sujeitos eram saudáveis, exceto pela obesidade. A equação desenvolvida utilizou como variáveis independentes massa magra, o sexo, a massa gorda e a idade, tendo um  $R^2 = 0,84$  e um erro padrão de 153,0 kcal.

A equação proposta por Tverskaya et al. (1998), quando aplicada em meninas e meninos franceses subestimou seus valores de TMR (Duremeaux – Burel et al. 2004).

#### **Equação proposta por Müller et al. (2004)**

Müller et al. (2004) desenvolveram equações que estimam a TMR para a população alemã. Durante o estudo, foram coletados os resultados da TMR em 7

Centros de Pesquisa na Alemanha, localizados nas cidades de Kiel, Hannover, Hamburg, Potsdam, Potsdam-Rehbrücke, Berlim Buch, Giessen e Trier por um período de 18 anos.

Todas as coletas seguiram padrões semelhantes, e o total de sujeitos (crianças, adolescentes e adultos) foi de 2528 (1027 homens e 1507 mulheres), sendo que todos os sujeitos eram brancos, as mulheres não estavam grávidas e nem lactantes, eram saudáveis, exceto 97 adultos com baixo peso (IMC amplitude de 12.4 – 18.4) e 59 sujeitos que foram diagnosticados com anorexia nervosa.

A população foi estratificada em 9 diferentes grupos (5-11, 12-17, 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79 e >80 anos), a população de adultos (>17 anos) foi dividida aleatoriamente em dois subgrupos ( $n_1 = 1046$ ,  $n_2 = 1059$ ) e novas equações, com todo o subgrupo, e por classificação de IMC, foram geradas pelo subgrupo $_{n1}$  e validada em subgrupo $_{n2}$ .

Como potenciais preditores da TMR foram considerados estatura, massa corporal, índice de massa corporal, idade, sexo, massa livre de gordura e massa gorda.

Ao todo foram desenvolvidas 12 equações para estimar a TMR, sendo duas delas (Tabela 2) para adolescentes entre as idades de 5 a 17 anos, utilizando, na primeira equação como variável independente, massa corporal (kg), estatura (cm), sexo e idade (anos) e, na segunda equação, massa corporal magra, massa corporal gorda e sexo, com um erro padrão estimado de 0,67 e 0,65, respectivamente, e  $R^2 = 0,72$  para ambas as equações.

**Tabela 2.**

**Equações desenvolvidas para outras populações de adolescentes.**

<b>Autor</b>	<b>n</b>	<b>Faixa etária</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Harris & Benedict (1919)	136	15 – 74	M – kcal/d = 66,4730 + 13,7516*(MC) +	0,75 0,53
	103	15 – 74	5,0033*(ET) – 6,7550 (ID) F – kcal/d = 655,0955 + 9,5634*(MC) + 1,8496*(ET) – 4,6756 (ID)	
Schofield (1985)	734	10 – 17	M – MJ/d = 0,074*(MC)+2,754	0,93 0,80
	575	10 – 17	F – MJ/d = 0,056*(MC)+2,898	
WHO (1985)	-	10 – 17	M – MJ/d = 0,0732*(MC)+2,72	0,81 0,56
	-	10 – 17	F – MJ/d = 0,0510*(MC)+3,12	
Henry & Rees (1991)	409	10 – 17	M – MJ/d = 0,084*(MC)+2,122	0,64 0,39
	233	10 – 17	F – MJ/d = 0,047*(MC)+2,951	
Molnár et al. (1995)			M kJ/d = 50.9* (MC) +25.2*(ET) -50.3*(ID)+26.9 F kJ/d = 51.2*(MC)+24.5*(ET)-207.5*(ID)+1629.8	0,88 0,82
Tverskaya et al. (1998)	110	6 - 18	KCal/d = 775 + 28.4*(MCM) – 37 *(ID)+3,3 *(MCG) +82*(S)	0,84
Müller et al. (2004)	423	5 - 17	MJ/d = 0,02606*(MC)+0,04129*(ET)+0,311*(S) -0,08396*(ID)-0,808	0,72
			MJ/d = 0,07885*(MCM)+0,02132*(MCG)+ 0,327*(S)+2,694	0,72

Abreviaturas: M=masculino, F=feminino, Cal=calorias, MJ=milejaule, KJ=quilojaule, MC=massa corporal, ET=estatura, ID=idade, MCM=massa magra, MCG=massa gorda, S=sexo.



## **CAPÍTULO III**

### **PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

#### **Modelo de estudo**

A presente pesquisa e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina e estão registrados pelo número 091/06.

O modelo de estudo classifica-se como sendo correlacional de corte transversal, pois procura analisar a relação da variável dependente, TMR, com as variáveis independentes, medidas antropométricas.

#### **Recrutamento dos indivíduos**

Os adolescentes participantes da pesquisa foram recrutados nas escolas que constituem a rede de ensino pública e particular do município de Florianópolis – SC e nos projetos de extensão da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram convidadas a fazer parte da pesquisa as Escolas Básicas Beatriz de Souza Brito e João Alfredo Rohr, os Colégios Catarinense e Aplicação da UFSC e o Projeto de Extensão ESINDE. As duas primeiras escolas não demonstraram interesse em participar.

Os contatos com as escolas e o projeto de extensão foram realizados por meio de telefone, sendo que foi agendada uma visita do pesquisador principal. O objetivo da visita foi de explicar o desenvolvimento (justificativa, metodologia e resultados aos participantes e relevância para a sociedade) da pesquisa. Após o aceite da instituição em participar da pesquisa, os alunos foram recrutados, desde que não apresentassem algum dos critérios de exclusão.

Foi enviada ao pesquisador principal, pelas instituições, uma lista contendo o nome do aluno, nome do pai, turma, série e telefone para contato com os alunos dos 10 aos 17 anos. Somando as instituições que participaram do estudo, obteve-se um total de 606 indivíduos, sendo que do projeto de extensão ESINDE foram recrutados indivíduos dos 10 aos 12 anos, do Colégio de Aplicação foram recrutados alunos dos 10 aos 17 anos, Colégio Catarinense somente a partir dos 14 anos.

Por telefone o pesquisador entrou em contato com o responsável pelo adolescente e explicou os objetivos do estudo, procedimento de coleta de dados e os benefícios ao adolescente em participar da pesquisa. Com o consentimento dos pais, foram agendadas as datas das avaliações.

Foram agendadas 162 avaliações, sendo que destas 116 foram realizadas e 13 foram excluídas, desta forma, 103 avaliações foram utilizadas no estudo.

As avaliações começaram no dia 29 de maio de 2006 e encerram no dia 1 de novembro de 2006. Devido a problemas técnicos no equipamento TEEM - 100, fazendo com que o mesmo fosse enviado à assistência da INBRAMED na cidade de Porto Alegre – RS, e à reforma realizada no Laboratório de Esforço Físico da UFSC, não foi possível ampliar o banco de dados. O anexo 1 mostra o cronograma da pesquisa.

### Grupo Analisado

O grupo de sujeitos estudado foi constituído de 103 indivíduos, divididos por sexo, sendo 52 meninos e 51 meninas, com idade entre 10 e 17 anos, segundo a faixa etária sugerida pela WHO (1985) e classificado pelo Índice de massa corporal em baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso, sugerido por Anjos, Veiga e Castro (1998a). Os indivíduos que participaram da pesquisa foram escolhidos ao acaso, não havendo cálculo estatístico para determinação do número de participantes.

**Tabela 3**

**Distribuição dos sujeitos em relação as variáveis sexo e índice de massa corporal.**

IMC	Meninos (n = 52) Idade (anos)								Meninas (n = 51) Idade (anos)								Total
	10	11	12	13	14	15	16	17	10	11	12	13	14	15	16	17	
Baixo Peso $\leq 15^{\text{th}}$	1	0	2	1	1	0	0	1	3	1	1	1	3	1	2	1	19
Normal $15^{\text{th}} - \leq 85^{\text{th}}$	2	2	6	10	2	4	1	1	0	1	8	4	5	6	0	0	52
Sobrepeso $> 85^{\text{th}}$	0	0	1	3	2	0	0	1	1	0	1	1	3	0	0	1	14
Obeso $> 95^{\text{th}}$	0	0	3	1	4	2	1	0	1	1	1	1	1	2	0	0	18
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>103</b>

### **Critérios de Exclusão**

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão:

- I) Não ter idade entre 10 anos e 17 anos;
- II) Não ter realizado o período mínimo de 6 horas de jejum;
- III) Ser fumante;
- IV) Ser diabético;
- V) Ser asmático.

### **Variáveis do Estudo**

#### **Variáveis Controles**

Foram controladas as seguintes variáveis:

- I) Hora da avaliação;
- II) Raça;
- III) Estágio Maturacional;
- IV) Qualidade do sono.

#### **Variáveis Intervenientes**

- I) Anemia;
- II) Anorexia nervosa.

### **Variáveis Independentes**

- I) Idade (anos);
- II) Sexo (feminino ou masculino);
- III) Estatura (cm);
- IV) Massa Corporal (kg);
- V) Índice de Massa Corporal ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
- VI) Dobra Cutânea do Tríceps (mm);
- VII) Dobra Cutânea da Subescapular (mm);
- VIII) Massa Gorda (% e kg);
- IX) Massa Magra (% e kg).

### **Variável Dependente**

- I) Taxa Metabólica de Repouso (kcal/dia)

### **Protocolo de Mensuração**

Os protocolos foram selecionados para garantir a confiabilidade e a qualidade dos dados. A seguir são descritos todos os protocolos e a forma de coleta de seus resultados.

### **Anamnese**

Foi aplicada uma anamnese (anexo 2) nos adolescentes contendo questões referentes às variáveis de controle e intervenientes, além dos pré-requisitos necessários para a realização da medida da TMR.

## **Raça**

Adotou-se a auto-avaliação da raça como protocolo utilizado para medi-la, sendo que o adolescente tinha as opções da raça branca, negra, indígena e oriental.

## **Estágios de Maturação**

Foram utilizadas as fotos propostas pelo Fels Research Institute (1993) (anexo 3), onde o indivíduo realiza a auto-avaliação.

As meninas, com o auxílio de uma pesquisadora, e os meninos, com o auxílio de um pesquisador, foram posicionados em um lugar isolado e instruídos a indicarem quais das fotos representava seu estágio de desenvolvimento (Saito, 1984).

Utilizou-se somente o desenvolvimento dos pêlos pubianos, pois se mostraram mais consistentes que o desenvolvimento dos seios e genitais (Williams, Cheyne, Houtkooper, Lohman, 1988; Matsudo & Matsudo 1994).

## **Asma**

Foi perguntado ao responsável ou ao adolescente se ele tinha crises de asma, a resposta era sim ou não. Caso a resposta fosse sim, se questionava o tempo que tinha ocorrido a última crise, sendo que indivíduo que houvesse tido crise com menos de um mês da data de avaliação era excluído.

## **Qualidade do Sono**

Objetivando garantir a confiabilidade dos resultados da calorimetria indireta, e sendo necessário, para essa medida ser válida, o sujeito deve estar em completo repouso, questionou-se a qualidade do sono na noite anterior à avaliação. Foram realizadas três perguntas fechadas e uma aberta (anexo 2). Caso tivesse ocorrido alguma perturbação no sono do adolescente que pudesse afetar nos resultados, não se realizava a avaliação.

## **Antropometria**

As medidas corporais seguiram a padronização sugerida por Ross e Marfell-Jones (1991) e adotada pela International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Foi medida massa corporal por meio da balança Plenna Digital e Analógica modelo MEA – 03140, fabricada nos Estados Unidos, ano 1993. A estatura foi medida pelo estadiômetro da Balança Toledo, modelo 2096 PP, fabricado no Brasil, ano 1998. Para as dobras cutâneas, foi utilizado o compasso da marca Cescorf, modelo Científico fabricado no Brasil. Para medir as circunferências, foi utilizada a fita métrica da Cescorf, fabricada no Brasil.

A descrição dos protocolos segue abaixo.

**Massa Corporal:** o indivíduo posicionou-se no centro da balança sem ajuda e manteve o peso bem distribuído entre os dois pés. A cabeça permaneceu firme, e os olhos estavam direcionados diretamente para frente.

**Estatura:** o indivíduo permaneceu com os pés juntos e os calcanhares, as nádegas e a parte superior das costas encostados na escala. A cabeça posicionada no plano de Frankfurt. O plano de Frankfurt é alcançado quando a orbital (borda inferior da cavidade ocular) estiver no mesmo plano horizontal do tracion (o entalhe superior ao trago, na orelha). Quando alinhado, o vértex é o ponto mais alto do crânio. O avaliador colocou as mãos ao longo da mandíbula do indivíduo, procurando os processos mastóides com os dedos. O indivíduo foi instruído a respirar fundo e a manter o ar nos pulmões. O avaliador colocou o esquadro firmemente sobre o vértex, pressionando contra o cabelo o máximo possível. A medida foi tomada ao final da inalação profunda do ar.

**Dobra Cutânea do Tríceps:** a dobra cutânea foi destacada com o polegar esquerdo e com o dedo indicador na linha marcada posteriormente no ponto acromial radial médio. A dobra é vertical e paralela à linha do membro superior. Vista de lado, a dobra cutânea é formada na superfície mais posterior do braço, em cima do músculo tríceps. O local marcado da dobra cutânea deve ser visível de lado, indicando que este é o ponto mais posterior sobre o tríceps, enquanto mantido na posição anatômica (no nível da linha acromial radial médio). Durante as medidas, o braço estava relaxado e a articulação do ombro levemente rotada medialmente, com o cotovelo estendido ao lado do corpo.

**Dobra Cutânea Subescapular:** A dobra cutânea foi destacada com o polegar esquerdo e com o dedo indicador, no local marcado, 2 cm ao longo da linha que desce lateral e obliquamente a partir do ponto de referência escapular, num ângulo (aproximadamente 45°) determinado pela dobra natural da pele.

### **Índice de Massa Corporal**

$$IMC (kg/m^2) = massa\ corporal / estatura^2$$

Para classificar os sujeitos em baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso, foram utilizados os pontos de corte sugeridos por Anjos, Veiga e Castro (1998a), demonstrado na tabela 04.



**Tabela 4**

**Pontos de corte utilizados para classificar os sujeitos em baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obeso, em relação ao índice de massa corporal.**

Idade (anos)	Baixo peso $\leq 15^{\text{th}}$		Sobrepeso $\geq 85^{\text{th}}$		Obeso $\geq 95^{\text{th}}$	
	Meninos	Meninas	Meninos	Meninas	Meninos	Meninas
5	14,3	14,0	16,9	17,0	18,5	18,3
6	14,3	14,0	16,9	16,7	18,0	18,2
7	14,2	14,0	16,9	16,9	18,6	16,3
8	14,3	14,2	17,2	17,4	18,5	19,6
9	14,5	14,4	17,5	17,6	19,6	19,6
10	14,6	14,6	18,0	18,6	20,0	21,0
11	15,1	15,1	18,7	19,8	21,3	22,8
12	15,4	15,7	19,1	20,9	22,0	23,4
13	16,0	16,7	20,1	22,2	21,9	24,3
14	16,4	17,3	20,8	23,3	22,4	26,0
15	17,2	18,3	21,7	23,6	23,8	26,0
16	18,0	18,7	22,5	24,3	24,1	26,6
17	18,4	18,7	22,6	24,6	24,3	27,7

**Fracionamento corporal nos componentes de gordura e massa magra**

**Cálculo utilizando dobras cutâneas**

$$\% \text{ Gordura} = 1.35*(TR+SE) - 0.012*(TR+SE)^2 - \text{constante}$$

*Lohman (1986)*

$$\text{Meninos 35 mm } \% \text{ Gordura} = 0.783*(TR+SE) - \text{constante}$$

$$\text{Meninas 35 mm } \% \text{ Gordura} = 0.546*(TR+SE) + 9.7$$

Slaughter, Lohman, Boileau, Horswill, Stillman, Van Loan e Bembem. (1988)

$$\text{Massa Magra (\%)} = 100 - \% \text{ Gordura}$$

$$\text{Massa Gorda (kg)} = \frac{\text{massa corporal} * \% \text{ Gordura}}{100}$$

$$100$$

$$\text{Massa Magra (kg)} = \frac{\text{massa corporal} * \% \text{ Massa Magra}}{100}$$

$$100$$

**Tabela 5.**

**Constantes propostas para o cálculo do percentual de gordura por Pires Neto e Petroski (1996).**

<b>Idade Sexo/Raça</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<b>Masc. Branca</b>	3.1		3.7	4.1		4.7	5.0		5.7	6.1		6.7
<b>Masc. Negra</b>	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0	5.3	5.6	6.0	6.3	6.7	7.0	7.3
<b>Fem. Branca</b>	1.2		1.7	2.0		2.7	3.0		3.6	3.8		4.4
<b>Fem. Negra</b>	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.7

**Cálculo utilizando Bioimpedância**

Foi utilizado o equipamento da Biodynamics, Biodynamics Corporation, fabricado nos Estados Unidos, sendo que foi necessário remover apenas as jóias que estavam nos locais onde foram colocados os eletrodos.

A avaliação foi realizada com o indivíduo deitado em posição supina, com os braços abertos em ângulo de 30º em relação ao seu corpo. As pernas não tinham contato entre si. Os eletrodos foram colocados na mão direita e pé direito do avaliado. Os valores registrados pelo aparelho foram informados ao Programa Biodynamics, que os utilizou para efetuar todos os cálculos. A Figura 01 ilustra o posicionamento dos eletrodos.

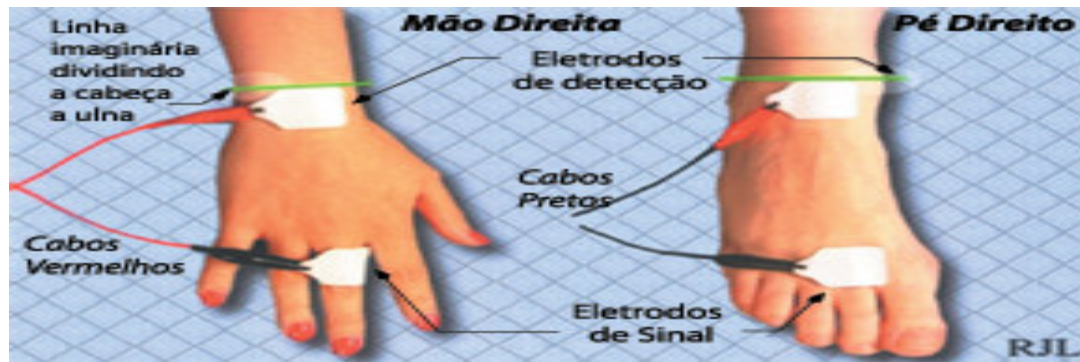


Figura 1.

**Posição dos eletrodos na avaliação da Bioimpedância.**

Por meio do equipamento da Bioimpedância foram registradas a massa corporal magra e a massa corporal gorda para posterior utilização no cálculo da TMR na equação sugerida por Müller et al. (2004).

**Taxa Metabólica de Repouso**

Para mensurar a TMR, foi utilizado o analisador de gases TEEM – 100 Aerosport, fabricado nos Estados Unidos. A seguir, estão descritos os procedimentos utilizados pelo equipamento para a medida do volume de oxigênio e gás carbônico.

**Avaliação do VO<sub>2</sub> e do VCO<sub>2</sub> de repouso medido pelo TEEM – 100**

O cálculo do VO<sub>2</sub> e do VCO<sub>2</sub> de repouso realizado pelo TEEM –100 segue os seguintes passos:

**1. Cálculo do VO<sub>2</sub>:**

$$VO_2 = V_E * [(\%N_2 * 0,265) - \%O_{2E}]$$

Onde: V<sub>E</sub> = Volume Expirado por minuto; %N<sub>2</sub> = percentual de nitrogênio no ar expirado; %O<sub>2E</sub> = percentual de oxigênio expirado.

## **2. Cálculo do VCO<sub>2</sub>:**

$$VCO_2 = V_E * (\%CO_{2E} - 0,03\%)$$

### **Taxa Metabólica de Repouso não protéica medida pela equação de Weir (1949)**

$$TMR (Kcal/min) = 3.942*VO_2(L/min) + 1.106*VCO_2(L/min)$$

$$TMR (Kcal/dia) = TMR (Kcal/min) * 1.440$$

O valor da TMR foi analisado em valores calóricos por dia. Para realizar a conversão de MJ/dia multiplicou-se por 239, e kJ/dia multiplicou-se por 0,239, como sugerido por Montoye et al. (1996).

### **Coleta de Dados**

As avaliações ocorreram no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) da Universidade Federal de Santa Catarina sempre pelo período da manhã (anexo 4). Pela necessidade de as medidas serem tomadas, com o sujeito ter realizado o mínimo de esforço possível, todos os adolescentes foram transportados (ida e volta) da sua escola, pela manhã, e encaminhadas até o LAEF por um automóvel.

Os adolescentes ficaram sob responsabilidade do pesquisador, sendo que foram no máximo quatro (4) sujeitos avaliados por manhã e após a realização das medidas todos receberam um café da manhã.

No dia da avaliação, foram apresentados o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos pais e responsáveis (anexo 5) e adolescentes (anexo 6) e o protocolo do Comitê de Ética em Pesquisa (nexo 7), que esclarece que o estudo

segue as normas, não colocando em risco a integridade física e psicológica dos indivíduos estudados.

A avaliação do LAEF seguiu os seguintes passos: primeiramente, o sujeito respondeu a anamnese, quando da avaliação de meninos, o responsável foi um pesquisador e, quando da avaliação de meninas, a responsável foi uma pesquisadora. Adolescentes que não conseguiram responder às questões para o pesquisador receberam auxílio dos pais e pesquisadores. Depois, foram realizadas as avaliações da massa corporal, estatura, bioimpedância e da maturação.

Em seguida, realizou-se o procedimento da TMR, iniciado somente após um período de 20 minutos de repouso, evitando qualquer efeito de atividades físicas recentes. Foram registrados os valores de minuto em minuto do  $VO_2$  e  $VCO_2$ , em litros por minuto, nos últimos 10 minutos, após os 20 minutos de repouso, totalizando 30 minutos de teste, as medidas foram realizadas com o indivíduo em jejum de 6 horas, em posição supina e em repouso muscular (Bandini et al. 1995). O próximo passo foi a medida das dobras cutâneas.

### **Tratamento Estatístico**

Os procedimentos estatísticos são demonstrados conforme sua utilização para responder ao objetivo do estudo. Os mesmos foram calculados pelo programa de estatística SPSS 10.0 for Windows.

### **Estatística de validação**

Para analisar a validade cruzada das equações de predição com a medida real da TMR, realizaram-se os seguintes procedimentos estatísticos.

Foi utilizada a Correlação de Pearson para ver a associação entre os valores preditos pelas equações com o valor da TMR real com resultado considerável aceitável  $\geq 0,70$  (Vincent, 1999) . O Teste “t” pareado para medir a diferença dos valores médios das equações com o valor da TMR real, com nível de significância de  $p < 0,05$ .

Realizou-se também a análise de dispersão gráfica proposta por Bland e Altman (1986), e o erro constante<sup>3</sup> (EC) da medida da TMR mensurada pelo método padrão com a estimada pela equação. Adotou-se como critério para aceitar o erro constante diferença menor que 5 %, como sugerido por Frankenfield et al. (2005).

---

<sup>3</sup> Erro constante = valor estimado – valor real.

## **CAPÍTULO IV**

### **APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados serão apresentados e discutidos em itens, tendo desta forma uma ordem didática que possibilite uma melhor compreensão dos achados da pesquisa.

Primeiramente serão mostrados os resultados das características antropométricas, maturacionais e raciais do grupo feminino e posteriormente o resultado dos critérios de validação das equações para meninas e a seguir os resultados do grupo masculino.

#### **Características antropométricas, maturacionais e raciais do grupo feminino**

O grupo feminino analisado foi constituído de 51 adolescentes entre os 10 e 17 anos, suas características estão descritas na tabela 6. Quando comparadas com os grupos que constituíram o desenvolvimento das equações internacionais, nota-se que estas possuem valores superiores para a massa corporal e estatura em relação ao grupo utilizado por Schofield (1985) e WHO/FAO/UNU (1985) e valores inferiores quando comparadas com os grupos analisados por Molnár et al. (1995) e Müller et al. (2004).

Em relação à massa magra, as meninas do presente estudo possuem valores similares aos trabalhos de Molnár et al. (1995) e Müller et al. (2004).

O grupo analisado por Tverskaya et al. (1998) para todas as medidas apresenta valores mais elevados, pois no estudo foram utilizadas somente adolescentes obesas.

No grupo existe uma prevalência de meninas brancas com peso adequado e na fase intermediária da puberdade, como demonstra a Figura 2a, 2b, 2c.

**Tabela 6.**

**Características antropométricas do grupo feminino.**

<i>Variável (unidade de medida)</i>	<i>Média±dp</i>	<i>Amplitude</i>
<b>Idade (anos)</b>	13,2 ± 1,8	10 – 17
<b>Massa Corporal (kg)</b>	51,0 ± 11,9	26,1 – 74,6
<b>Estatura (cm)</b>	159 ± 8,5	138 – 172
<b>Percentual de Gordura<sub>DC</sub> (%)</b>	23,0 ± 6,0	11,2 – 34,5
<b>Massa Gorda<sub>DC</sub> (kg)</b>	12,3 ± 5,6	3,8 – 24,5
<b>Percentual de Massa Magra<sub>DC</sub> (%)</b>	76,9 ± 6,0	65,4 – 88,7
<b>Massa Magra<sub>DC</sub> (kg)</b>	38,7 ± 7,0	22,2 – 50,3
<b>Percentual de Gordura<sub>BIO</sub> (%)</b>	24,8 ± 4,8	18,3 – 40,3
<b>Massa Gorda<sub>BIO</sub> (kg)</b>	12,6 ± 3,6	6,8 – 23,2
<b>Percentual de Massa Magra<sub>BIO</sub> (%)</b>	75,1 ± 4,8	59,7 – 81,7
<b>Massa Magra<sub>BIO</sub> (kg)</b>	38,7 ± 9,5	55,2 – 38,3



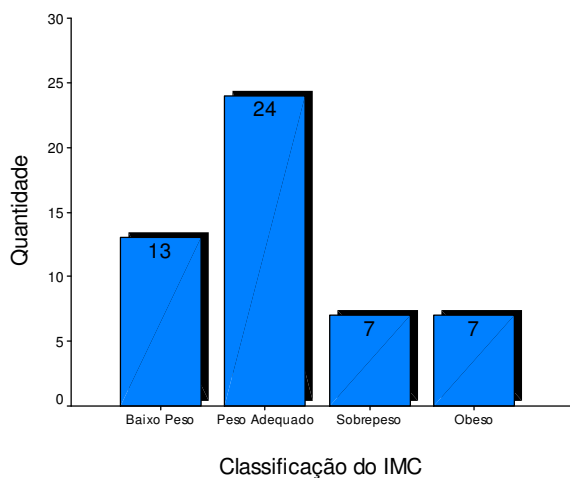


Figura 2a.

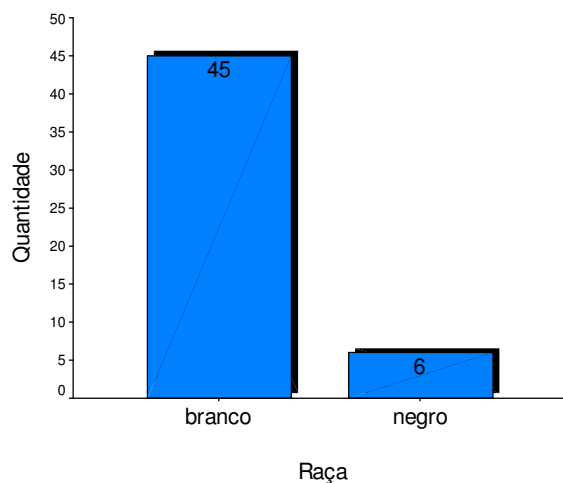


Figura 2b.

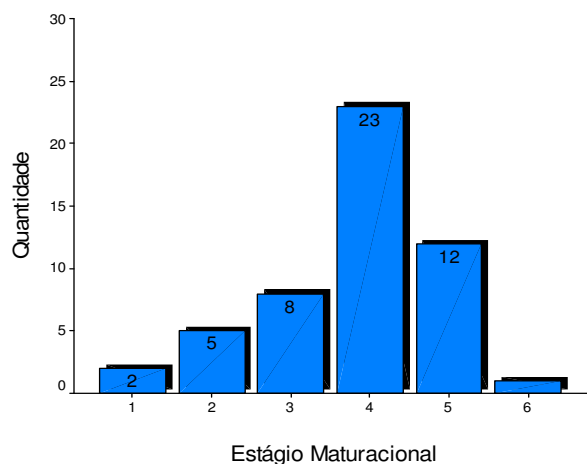


Figura 2c.

Figura 2

a) distribuição de meninas pela classificação do IMC; b) distribuição de meninas pela classificação da raça; c) distribuição de meninas pela classificação maturacional.

Tabela 7.

Valores do consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> medido pela calorimetria indireta em meninas.

<i>Variável (unidade de medida)</i>	<i>Média ± dp</i>	<i>Amplitude</i>
VO <sub>2</sub> (L/min)	0,184 ± 0,048	0,131 – 0,326
VCO <sub>2</sub> (L/min)	0,154 ± 0,042	0,104 – 0,283
Umidade (%)	74,9 ± 7,4	62 – 86
Temperatura (C°)	22,8 ± 2,3	21 - 26

A tabela 7 ilustra os valores médios de consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> medidos por meio da calorimetria indireta em meninas e utilizada na equação propostas por Weir (1949) para o cálculo da TMR.

### **Resultado dos critérios de validação das equações para meninas**

A seguir, na tabela 8 estão demonstrados os valores dos critérios adotados para analisar a validade das equações femininas.

**Tabela 8.**

**Valores da taxa metabólica de repouso do método padrão e das equações que a predizem em meninas.**

<b><i>Equações</i></b>	<b><i>Média ± dp</i></b>	<b><i>Amplitude</i></b>	<b><i>EC Kcal/dia</i></b>	<b><i>EC %</i></b>	<b><i>“t” (p)</i></b>
<b>Weir (1949)</b>	1292 ± 337	917 – 2301	-		-
<b>Harris &amp; Benedict (1919)</b>	1375 ± 122	1113 – 1601	83,2	6.4	-1,940 (0,058)
<b>Schofield (1985)</b>	1375 ± 160	1041 – 1691	83,6	6.4	-1,917 (0,061)
<b>WHO/FAO/UNU (1985)</b>	1367 ± 145	1063 – 1654	75,7	5.8	-1,740 (0,088)
<b>Henry &amp; Rees (1991)</b>	1278 ± 134	998 – 1543	-13,4	- 1.0	0,310 (0,758)
<b>Molnár et al. (1995)</b>	1288 ± 155	1003 - 1586	- 4,0	- 0,3	0,084 (0,993)
<b>Tverskaya et al. (1998)</b>	1425 ± 250	914 – 1883	149,5	10.2	-3,531 (0,001)
<b>Muller et al. (2004)1</b>	1428 ± 129	1130 – 1666	136,1	10.5	-3,278 (0,002)
<b>Muller et al. (2004)2</b>	1438 ± 191	1008 – 1774	162,3	11.3	-3,798 (0,000)

**EC = Erro Constante**

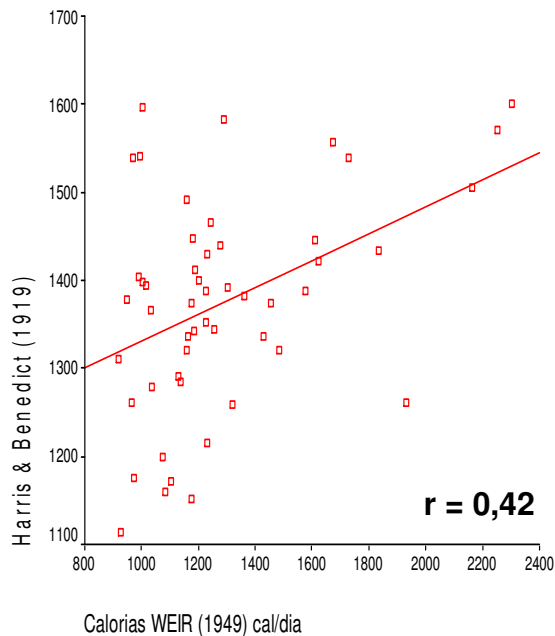


Figura 3a.

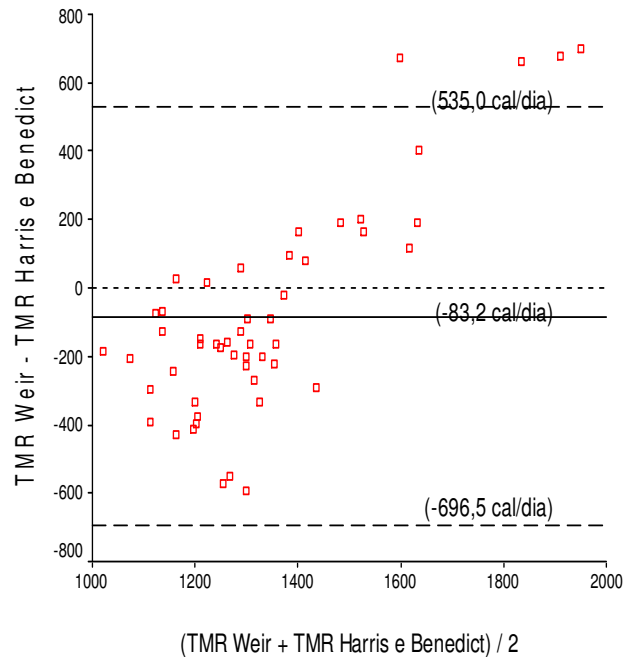


Figura 3b.

**Figura 3.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Harris e Benedict (1919) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Harris e Benedict (1919).**

A equação proposta por Harris & Benedict (1919) não teve diferença média significativa no resultado da TMR em relação ao método padrão, porém seu valor de correlação é considerado baixo (Figura 3a).

Percebe-se também, pela análise de dispersão gráfica de Bland e Altman (1986), que a equação tende a superestimar os valores dos indivíduos com baixa TMR e subestimar os valores dos indivíduos com alta TMR (Figura 3b). A equação teve um EC de 83 kcal/dia (6,42%), superior ao critério estabelecido neste estudo, resultado similar ao encontrado por Tverskaya et al. (1998) em meninas obesas e por Wong et al. (1996).

Diferente de outros estudos, em que esta subestimou os valores da TMR (Derumeaux – Burel et al., 2000).

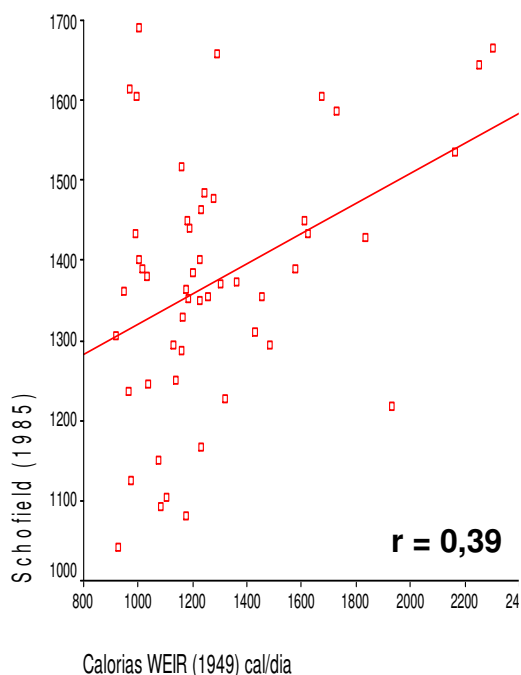


Figura 4a.

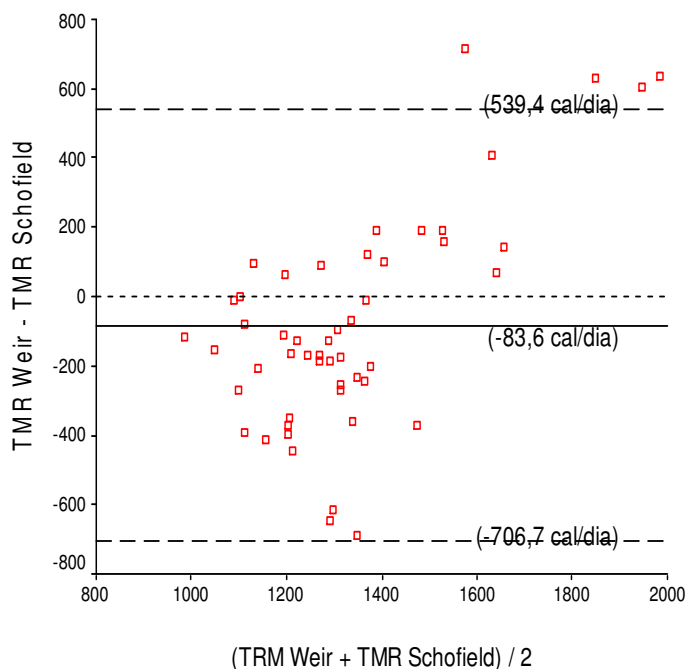


Figura 4b.

**Figura 4.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Schofield (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Schofield (1985).**

A equação proposta por Schofield (1985) teve EC 83,6 kcal/dia (6,42%), valor acima do critério estipulado, no entanto, esse resultado não indicou diferença entre as médias da TMR medida e estimada ( $p = 0,061$ ). Porém o valor de correlação entre os valores desta equação e do modelo padrão é considerado baixo (Figura 4a).

Rodrigues et al. (2000) indicaram que esta equação, quando aplicada em meninas, superestimou aproximadamente 10,5%, neste estudo foram encontradas

diferenças entre as médias da TMR medida e estimada ( $p < 0,001$ ), igual aos achados de Derumeaux – Burel et al. (2004). A análise de dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) revelou que o modelo superestimou os valores da TMR dos indivíduos abaixo da média e subestimou os acima de média (Figura 4b).

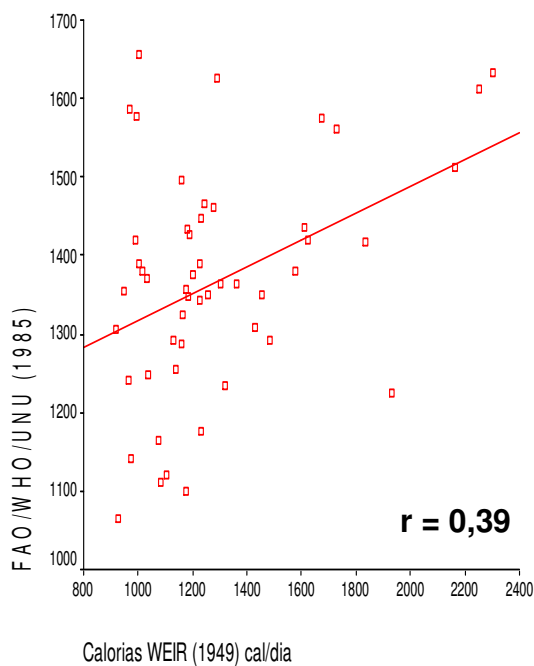


Figura 5a.

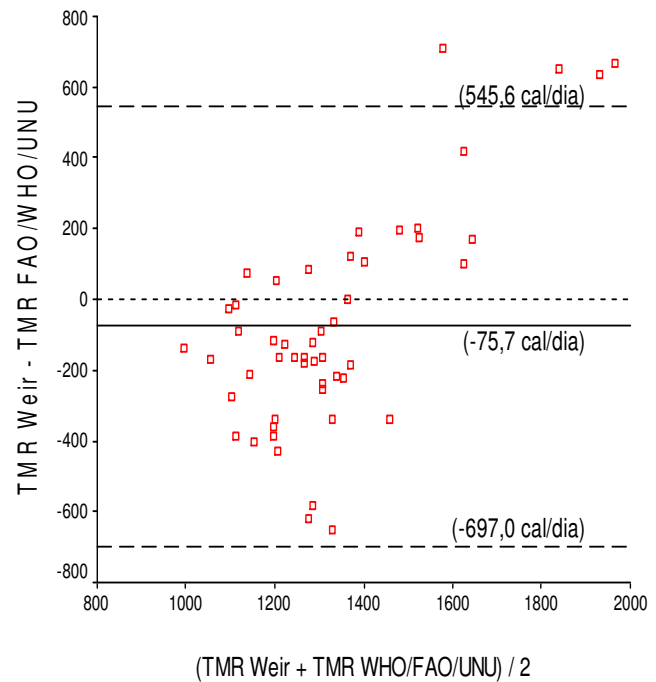


Figura 5b.

**Figura 5.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas pela WHO/FAO/UNU (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas pela WHO/FAO/UNU (1985).**

Não houve diferença significativa entre as médias da TMR medida pela equação da WHO/FAO/UNU (1985) e estimada pela calorimetria. O EC foi de 75,7 kcal/dia (5,80%), mais elevado que o critério estipulado, resultado similar ao

encontrado em outros estudos (Bandini et al. 1995; Kaplan et al. 1995; Müller et al. 2004; Rodrigues et al. 2000; Wong et al. 1996). A figura 5b mostra que as medidas dos sujeitos que estão abaixo da média foram superestimadas e acima da média foram subestimadas.

O valor de correlação foi de 0,39 (Figura 5a), considerado baixo, estudo que objetivou validar esta equação para meninas espanholas obteve correlação de 0,85 (Rodrigues et al. 2000).

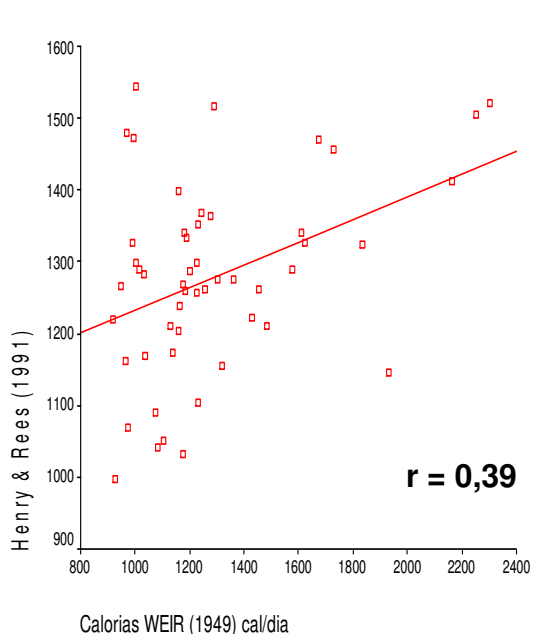


Figura 6a.

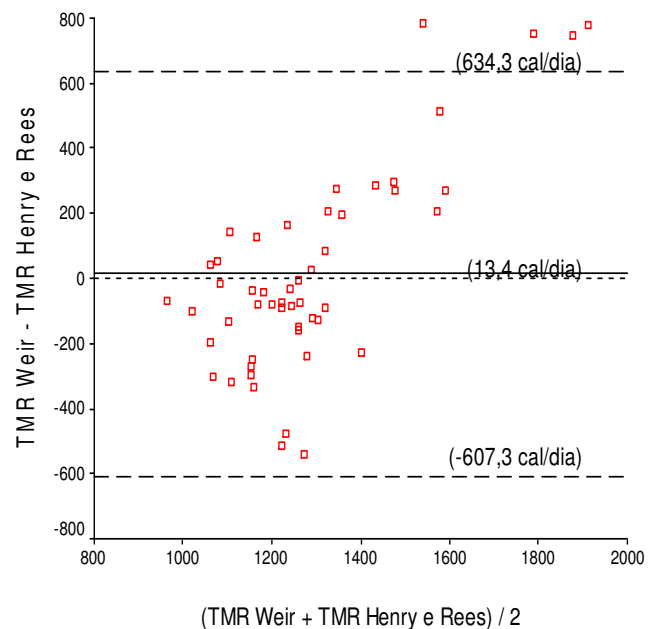


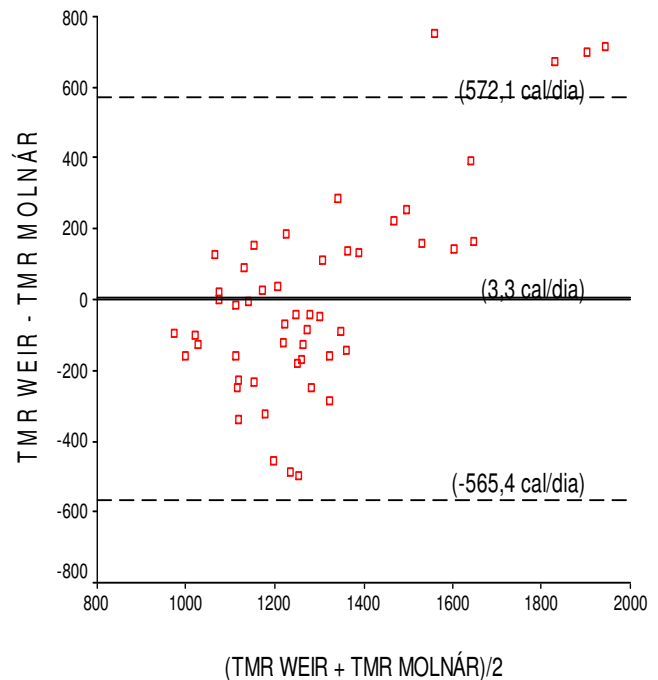
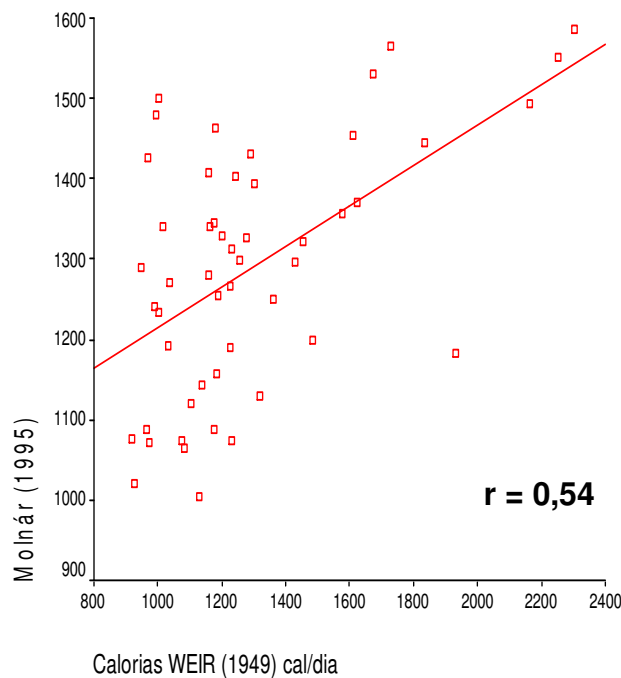
Figura 6b.

### Figura 6.

a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Henry e Rees (1991) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Henry e Rees (1991).

A equação proposta por Henry e Rees (1991) obteve um EC de  $-13,4$  kcal/dia ( $-1,08\%$ ), não havendo diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre a média da TMR estimada pela equação e pela calorimetria indireta.

No entanto, o valor de correlação de  $0,39$  (Figura 6a) ficou abaixo do valor de correlação aceitável ( $r = 0,70$ ), como também do valor de correlação ( $r = 0,63$ ) do estudo original (Henry e Rees, 1991). A dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) indica que indivíduos que têm TMR abaixo da média tiveram seus valores superestimados e acima da média subestimados (Figura 6a).



**Figura 7.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Molnár et al. (1995) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Molnár et al. (1995).**

A equação proposta por Molnár et al. (1995) não teve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no seu valor de TMR quando comparada com o resultado da TMR medida. A equação teve um EC de  $-4$  kcal/dia ( $-0,3\%$ ) e obteve correlação moderada (Figura 7a) abaixo do estudo original que obteve valor de correlação de  $r = 0,90$ .

Este resultado de EC se justifica pela semelhança das características antropométricas entre os indivíduos utilizados na presente pesquisa e o grupo utilizado por Molnár et al. (1995) na Hungria. A dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) (figura 7b) aponta que os adolescentes com TMR abaixo da média tiveram seus valores superestimados e acima da média subestimados.

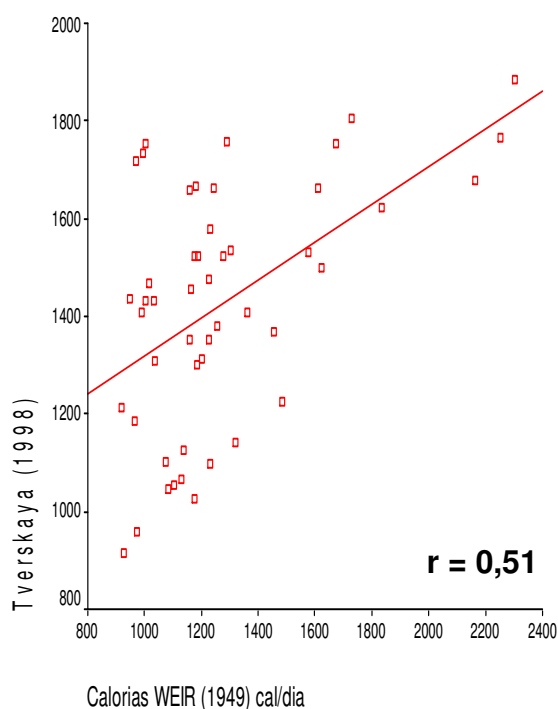


Figura 8a.

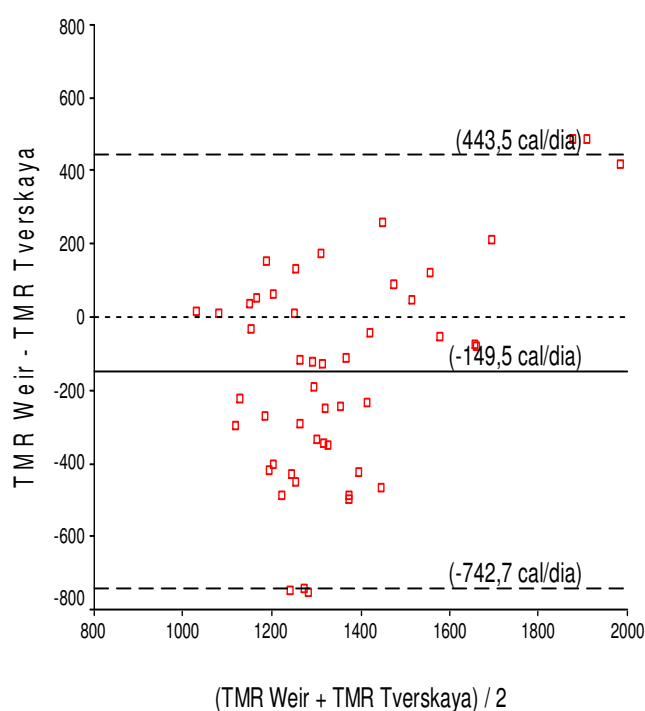


Figura 8b.

### Figura 8.

a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Tverskaya et al. (1998) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Tverskaya et al. (1998).



A equação sugerida por Tverskaya et al. (1998) superestimou em 149,5 kcal/dia (10.2%) os valores da TMR, acima do critério de 5% determinado neste estudo, além do seu valor médio possuir diferença significativa em relação à calorimetria indireta ( $p < 0,05$ ). Resultado inverso ao encontrado em meninas francesas (Derumeaux – Burel et al., 2004).

A análise da dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) (Figura 8b) demonstra que os valores foram subestimados para as meninas acima da média e superestimados para as meninas abaixo da média, e o valor de correlação foi moderada (Figura 8a).

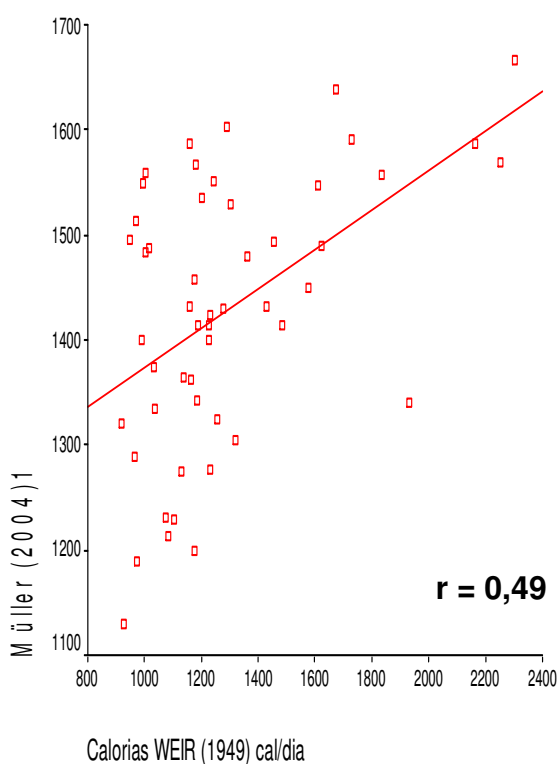


Figura 9a.

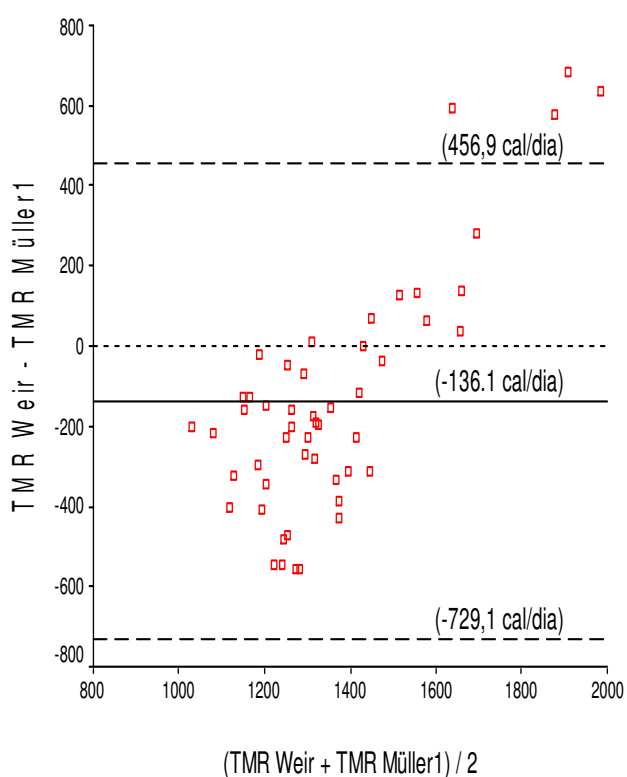


Figura 9b.

### Figura 9.

a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)1 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)1.

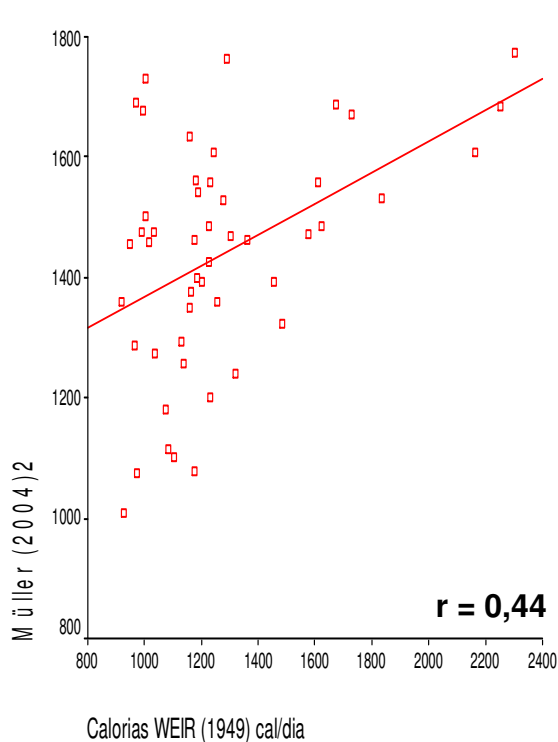


Figura 10a.

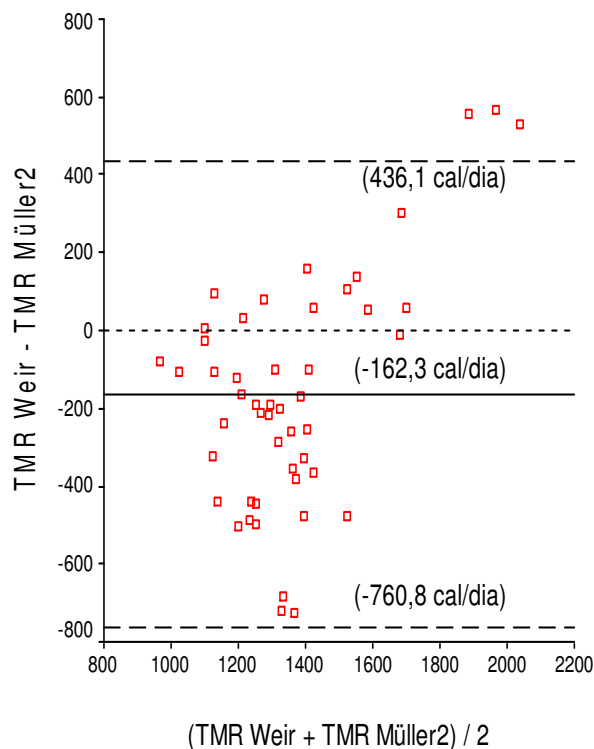


Figura 10b.

**Figura 10.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)2 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninas por Müller et al. (2004)2.**

As equações propostas por Müller et al. (2004) superestimaram os valores da TMR. O primeiro modelo superestimou a média da TMR em 136 kcal/dia (10,5%) enquanto que o segundo modelo superestimou em 162,3 kcal (11,3%), nenhuma das duas obteve valor inferior ao fixado como limite do erro constante.

Ambas equações diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) da média obtida pela calorimetria indireta e tiveram correlações moderadas, figura 9a e 10a, sendo estes valores menores do que o estudo original ( $r = 0,84$  para ambas) e superestimaram os

valores da TMR das meninas abaixo da média e subestimaram os valores da TMR das meninas acima da média (Figura 9b e 10b).

### **Características antropométricas, maturacionais e raciais do grupo masculino**

O grupo masculino analisado foi constituído de 52 meninos com idade de 10 anos a 17 anos, suas características estão descritas na Tabela 9. Em relação à massa corporal e à estatura, o grupo de meninos estudado foi superior ao grupo da WHO/FAO/UNU (1985) e Schofield (1985), e somente na estatura em relação ao grupo utilizado por Molnár et al. (1995). Os meninos utilizados neste estudo apresentaram inferioridade acentuada quando comparada à massa corporal e estatura com os grupos utilizados por Tverskaya et al. (1998), a qual mensurou somente meninos obesos, e Müller et al. (2004), que mediu adolescentes da Alemanha.

Quando comparada a massa magra (kg), o grupo deste estudo obteve valores semelhantes aos encontrados por Molnár et al. (1998) e Müller et al. (2004), porém, quando analisada a massa gorda (kg) os meninos utilizados nesta pesquisa obtiveram resultados inferiores aos de Molnár et al. (1995), Tverskaya et al. (1998) e Müller et al. (2004).

No grupo masculino, existe uma prevalência de meninos brancos com peso adequado e na fase final da puberdade como demonstram as Figuras 11a, 11b, 11c.

**Tabela 9.**

**Características antropométricas do grupo masculino.**

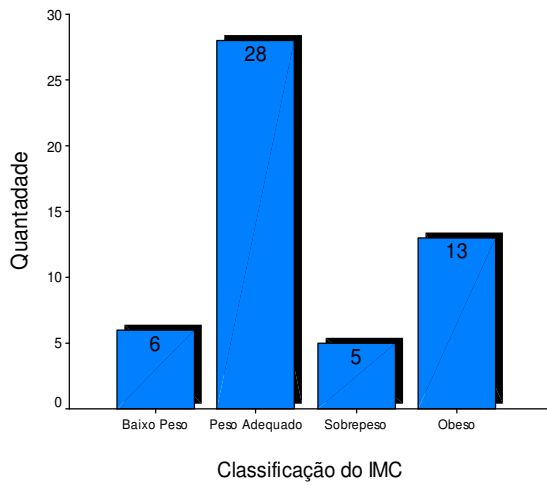
<i>Variável (unidade de medida)</i>	<i>Média±dp</i>	<i>Amplitude</i>
<b>Idade (anos)</b>	13,2 ± 1,6	10 – 17
<b>Massa Corporal (kg)</b>	52,8 ± 15,6	27,1 – 101,4
<b>Estatura (cm)</b>	162 ± 13,0	128 – 189
<b>Percentual de Gordura<sub>DC</sub> (%)</b>	14,9 ± 6,8	3,1 – 32,9
<b>Massa Gorda<sub>DC</sub> (kg)</b>	8,4 ± 5,7	1,3 – 27,5
<b>Percentual de Massa Magra<sub>DC</sub> (%)</b>	85,0 ± 6,8	67,1 – 96,9
<b>Massa Magra<sub>DC</sub> (kg)</b>	44,7 ± 11,6	23,9 – 79,4
<b>Percentual de Gordura<sub>BIO</sub> (%)</b>	17,5 ± 12,1	3,0 – 59,2
<b>Massa Gorda<sub>BIO</sub> (kg)</b>	8,6 ± 5,3	1,2 – 21,9
<b>Percentual de Massa Magra<sub>BIO</sub> (%)</b>	82,4 ± 12,1	40,8 – 97,0
<b>Massa Magra<sub>BIO</sub> (kg)</b>	44,2 ± 15,0	11,5 – 79,5

A tabela 10 ilustra os valores médios de consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> medidos por meio da calorimetria indireta em meninos e utilizada na equação proposta por Weir (1949) para o cálculo da TMR.

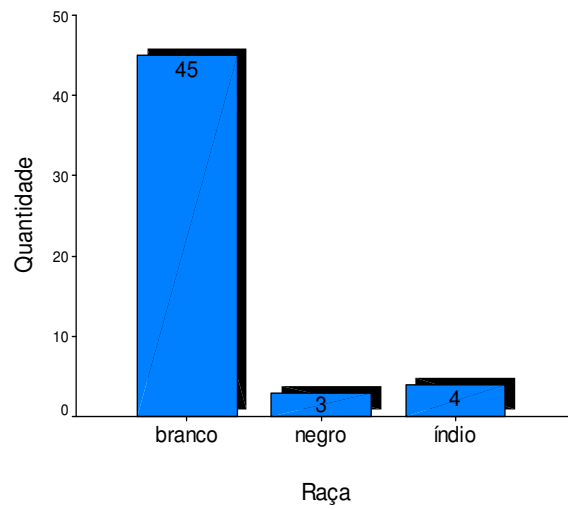
**Tabela 10.**

**Valores do consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> medido pela calorimetria indireta em meninos.**

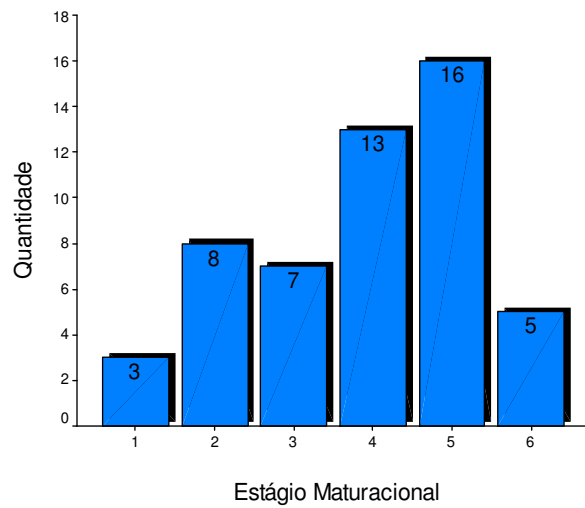
<i>Variável (unidade de medida)</i>	<i>Média ± dp</i>	<i>Amplitude</i>
<b>VO<sub>2</sub> (L/min)</b>	0,214 ± 0,058	0,113 – 0,383
<b>VCO<sub>2</sub> (L/min)</b>	0,177 ± 0,050	0,110 – 0,350
<b>Umidade (%)</b>	70,5 ± 10,4	50 - 85
<b>Temperatura (C°)</b>	22,2 ± 4,0	20 - 27



**Figura 11a.**



**Figura 11b.**



**Figura 11c.**

**Figura 11.**

a) Distribuição de meninos pela classificação do IMC; b) Distribuição de meninos pela classificação da raça; c) Distribuição de meninos pela classificação maturacional.

## Resultado dos critérios de validação das equações para meninos

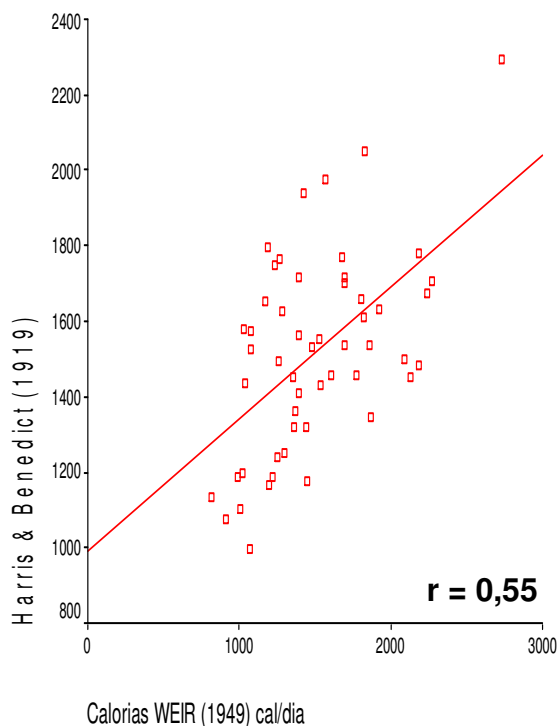
A seguir estão demonstrados os valores dos critérios adotados para analisar a validades das equações masculinas.

**Tabela 11.**

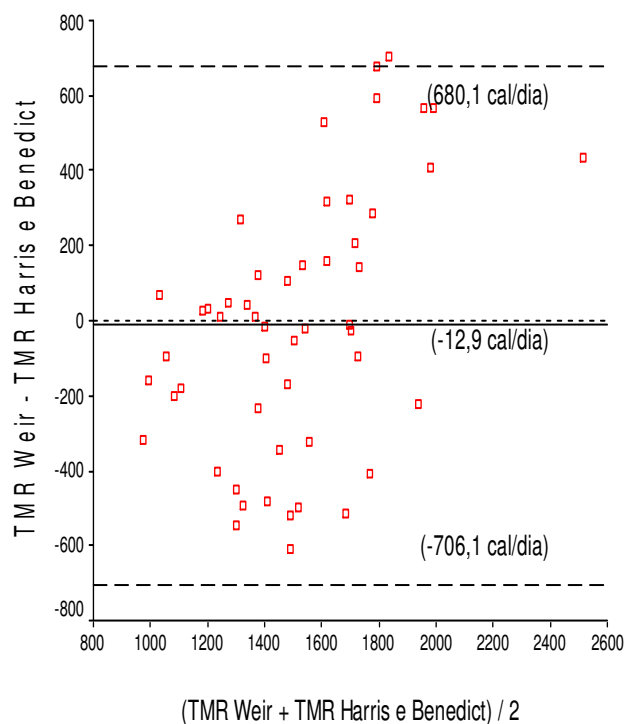
**Valores da taxa metabólica de repouso do método padrão e das equações que a predizem em meninos.**

<i>Equações</i>	<i>Média ± dp</i>	<i>Amplitude</i>	<i>EC Kcal/dia</i>	<i>EC %</i>	<i>“t” (p)</i>
Weir (1949)	1502 ± 412	816 – 2731	-		-
Harris & Benedict (1919)	1515 ± 263	998 – 2295	12,9	0,8	- 0,270 (0,788)
Schofield (1985)	1593 ± 276	1137 – 2451	90,2	6,0	-1,843 (0,071)
WHO/FAO/UNU (1985)	1575 ± 273	1124 – 2424	72,0	4,8	-1,473 (0,147)
Henry & Rees (1991)	1568 ± 214	1051 – 2542	65,6	4,3	-1,310 (0,196)
Molnár et al. (1995)	1471 ± 244	965 – 2190	-31,4	- 2,0	0,660 (0,512)
Tverskaya et al. (1998)	1650 ± 386	868 – 2632	147,89	9,8	-2,779 (0,008)
Müller et al. (2004)1	1545 ± 191	1072 – 2057	42,9	2,8	-0,900 (0,372)
Müller et al. (2004)2	1599 ± 283	1023 – 2331	96,6	6,4	-1,975 (0,054)

**EC = Erro Constante**



**Figura 12a.**



**Figura 12b.**

**Figura 12.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Harris e Benedict (1919) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Harris e Benedict (1919).**

A equação proposta por Harris e Benedict (1919) não possui diferença significativa ( $p > 0,05$ ) com o valor da TMR medida por calorimetria indireta, resultado similar ao encontrado no Brasil em adolescentes obesos residentes no Rio Grande do Sul (Schneider e Meyer, 2005) e adolescentes de baixo peso, peso adequado e obeso (Wong et al., 1996).

O EC foi de 12,9 kcal/dia (0,8%), possuindo correlação moderada e abaixo do ponto de corte adotado neste estudo (Figura 12a). A análise de dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) revelou que a equação de Harris e Benedict (1919)

superestima a TMR dos meninos abaixo da média e subestima a TMR dos meninos acima da média (Figura 12b).

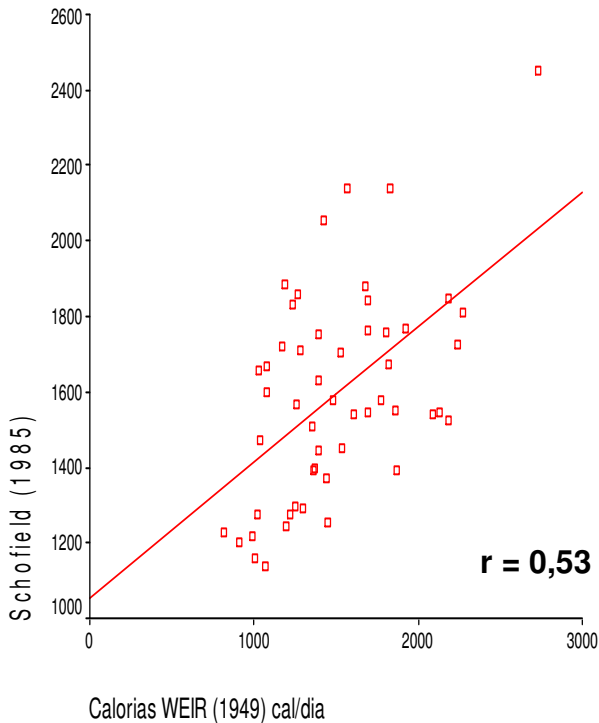


Figura 13a.

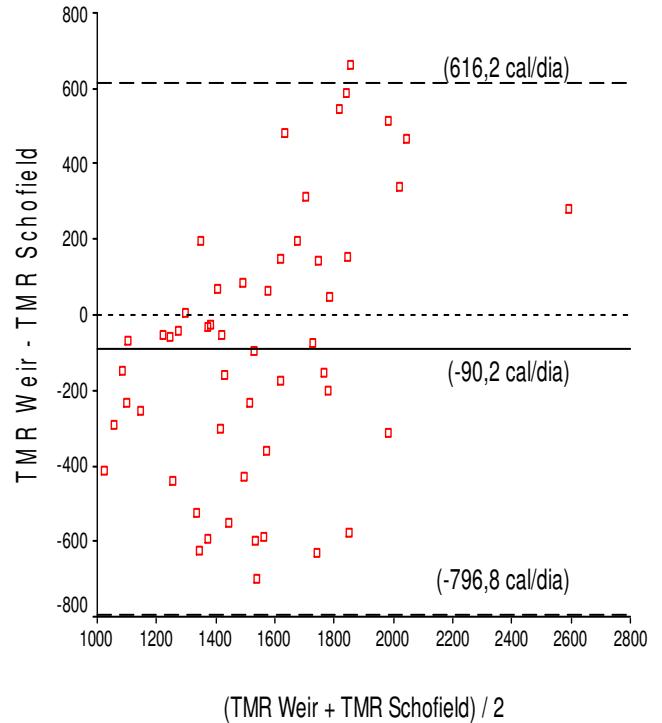


Figura 13b.

Figura 13.

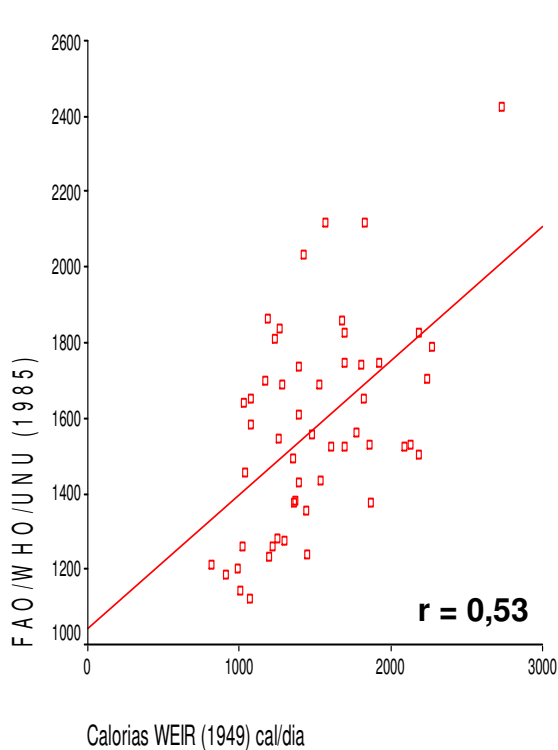
a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Schofield (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Schofield (1985).

A equação sugerida por Schofield (1985) não teve diferença significativa com os valores da TMR medido pela calorimetria indireta, resultado semelhante a outros estudos (De Lorenzo et al., 1999; Derumeaux – Burel et al. ,2004; Kaplan et al., 1995).

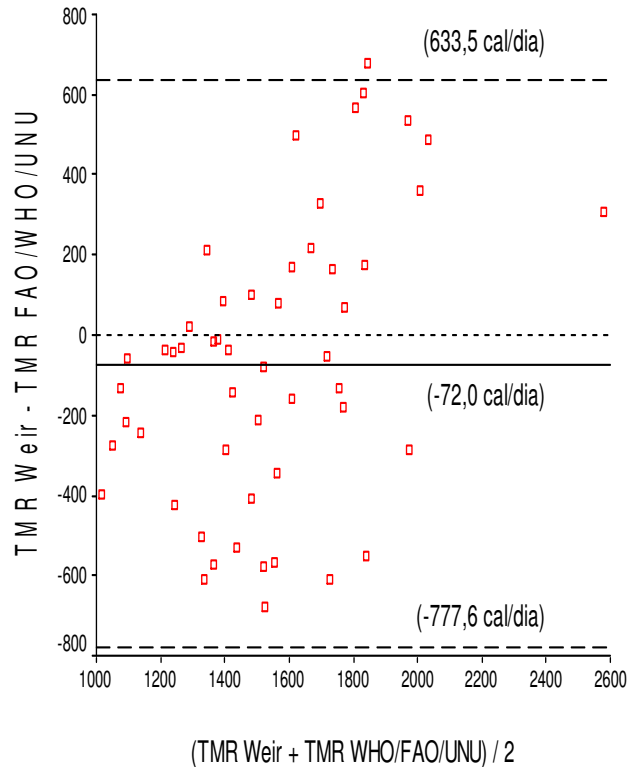
O EC foi de 90,2 kcal/dia (6,0%), superior ao critério de 5% estipulado neste estudo. O resultado de correlação foi moderado (Figura 13a), sendo inferior ao



estudo original que obteve correlação de 0,93, e a figura 13b mostra que a TMR dos meninos abaixo da média foi superestimada e acima da média foi subestimada.



**Figura 14a.**



**Figura 14b.**

**Figura 14.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos pela WHO/FAO/UNU (1985) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos pela WHO/FAO/UNU (1985).**

O modelo proposto pela WHO/FAO/UNU (1985) não teve diferença média significativa ( $p > 0,05$ ) com o valor da TMR medido pela calorimetria indireta.

A dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) indica que os valores dos meninos acima da média foram subestimados e dos meninos abaixo da média foram

superestimados (Figura 14b). O EC de 72,0 kcal/dia (4,8%) ficou dentro do limite adotado nesta pesquisa.

Assim como as demais equações, esse modelo teve moderada correlação com a técnica da calorimetria indireta (14a).

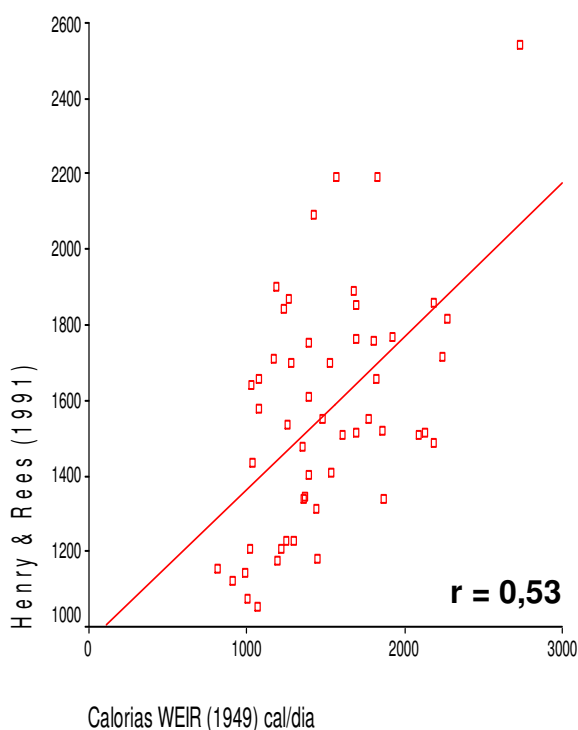


Figura 15a.

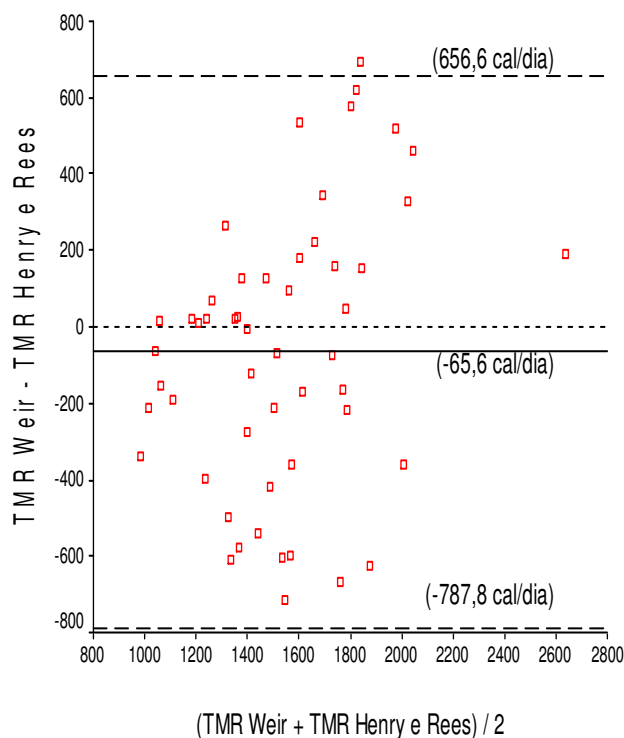


Figura 15b.

Figura 15.

a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Henry e Rees (1991) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Henry e Rees (1991).

A equação sugerida por Henry e Rees (1991) não teve diferença significativa ( $p > 0.05$ ) com o valor médio da TMR medida pela calorimetria indireta, esta teve um EC de 65kcal/dia (4,3%). A equação proposta por Henry e Rees (1991) não teve a

tendência apresentada nos outros modelos de subestimar a TMR dos meninos acima da média e superestimar a TMR dos meninos abaixo da média (Figura 15b).

O valor de correlação foi moderado (Figura 15a) e abaixo do estudo original, que obteve  $r = 0,89$  (Henry e Rees, 1991).

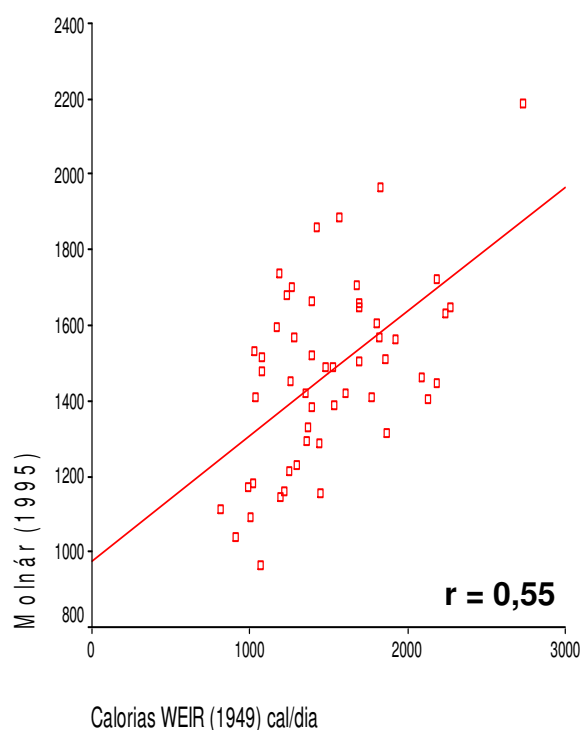


Figura 16a.

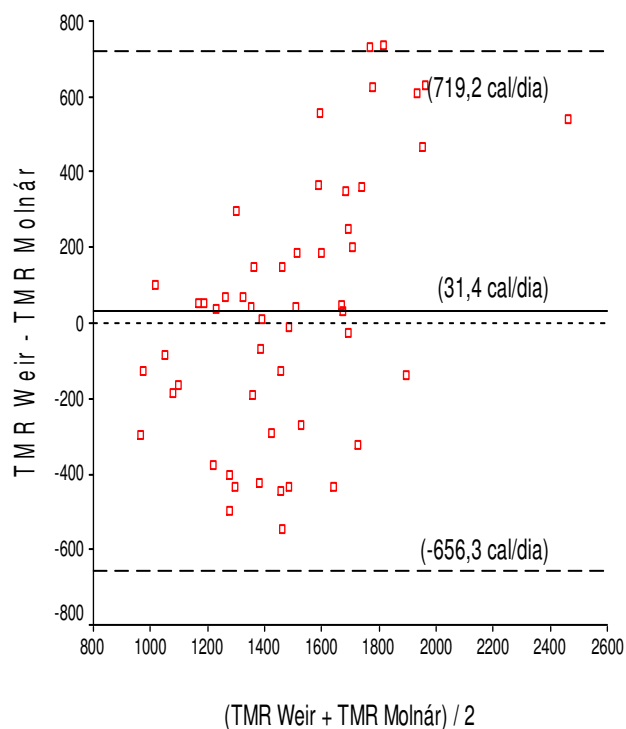


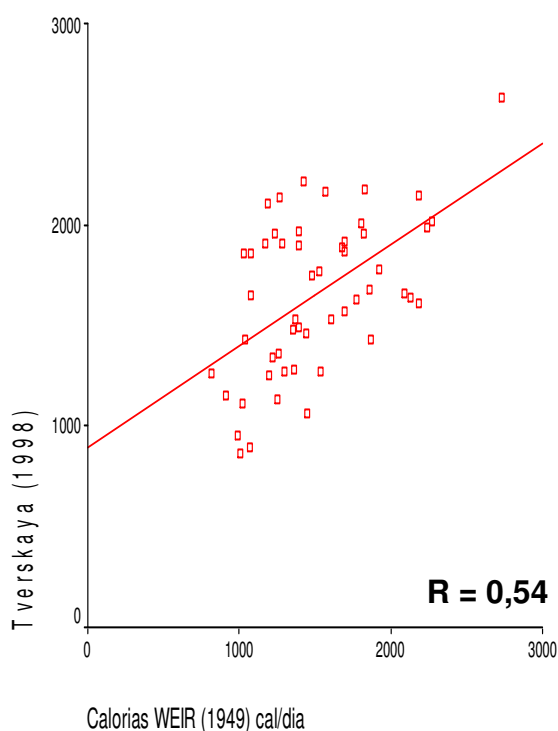
Figura 16b.

### Figura 16.

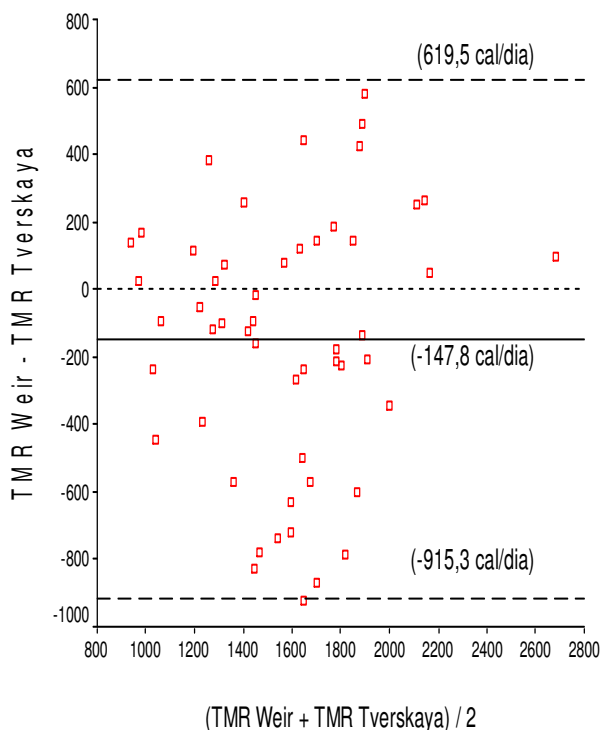
a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Molnár et al. (1995) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Molnár et al. (1995).

A equação desenvolvida por Molnár et al. (1995) não teve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) com a medida padrão. Esta equação possui um EC médio de -31,4 kcal/dia (-2,0%).

O valor de correlação desta equação no presente estudo é considerado moderado (Figura 16a) e inferior ao estudo de desenvolvimento que obteve correlação igual a 0,93 (Molnár et al., 1995). A análise de dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) mostrou que esta equação superestimou a TMR dos meninos abaixo da média e subestimou a TMR dos meninos acima da média.



**Figura 17a.**



**Figura 17b.**

**Figura 17.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Tverskaya et al. (1998) com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Tverskaya et al. (1998).**

O modelo sugerido por Tverskaya et al. (1998) possui diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com o resultado da TMR medido pela calorimetria indireta. Este modelo superestimou em média 147,89 kcal/dia (9,8%) os valores da TMR, superior ao

critério estipulado nesta pesquisa de 5% . Tendo correlação moderada com o método padrão (Figura 17a).

Diferente dos achados de Derumeaux – Burel et al. (2004), nos quais este modelo subestimou os valores da TMR em adolescentes franceses e do estudo original, onde o modelo também subestimou os valores da TMR de adolescentes obesos norte-americanos (Tverskaya et al., 1998). Nota-se que a dispersão gráfica de Bland e Altman (1986) não revela a tendência demonstrada em outras equações de superestimar os indivíduos abaixo da média e subestimas os acima da média.

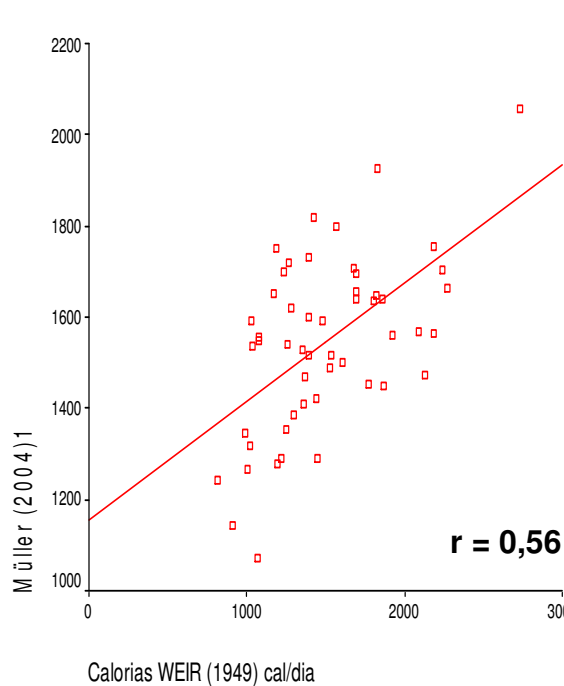


Figura 18a.

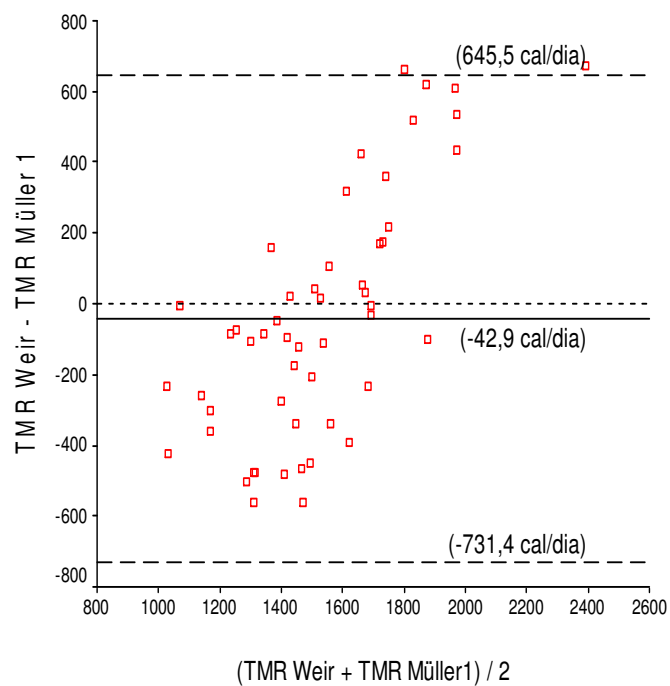
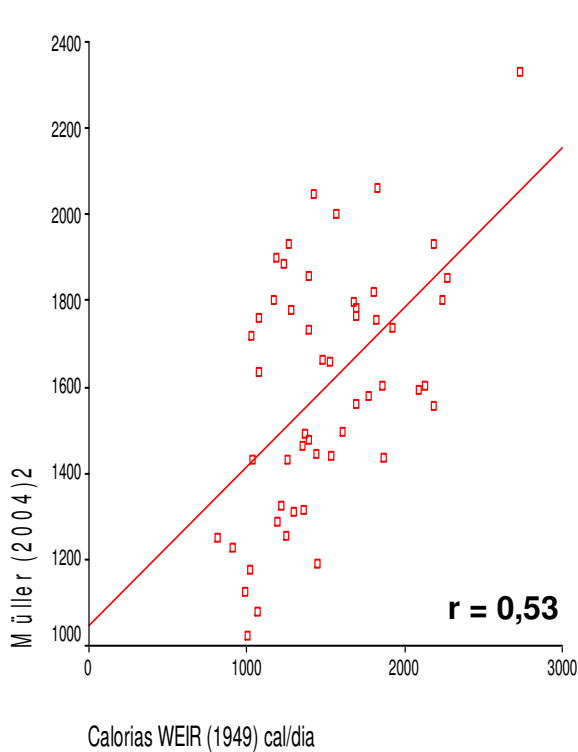


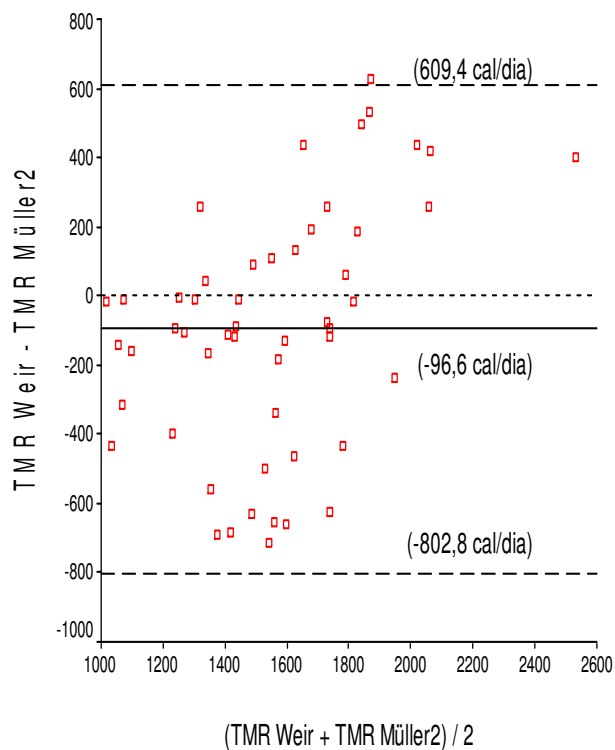
Figura 18b.

Figura 18.

a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)1 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)1.



**Figura 19a.**



**Figura 19b.**

**Figura 19.**

**a) Gráfico da correlação da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)2 com a calorimetria indireta; b) Gráfico da dispersão de Bland e Altman (1986) dos valores da equação proposta para meninos por Müller et al. (2004)2.**

As duas equações propostas por Müller et al. (2004) não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) da TMR mensurada pela calorimetria indireta. O primeiro modelo superestimou em média 42,9 kcal/dia (2,8%) a TMR, enquanto que o segundo modelo superestimou 96,6 kcal/dia (6,4%), esse valor acima do critério aceito no estudo.

Os valores de correlação foram moderados (Figura 18a e 19a) e inferiores ao do estudo original (Müller et al., 2004), e ambas as equações possuem a tendência em superestimar a TMR dos sujeitos abaixo da média e subestimar a TMR dos sujeitos acima da média (Figura 18b e 19b).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões do estudo serão demonstradas conforme os critérios de validação adotados na pesquisa e comentadas separadamente para cada sexo.

Os modelos que estimam a TMR em meninas não possuem diferença média significativa ( $p > 0,05$ ), com exceção das equações sugeridas por Tverskaya et al. (1998) e os dois modelos de Müller et al (2004).

Mesmo não havendo diferença significativa, somente os modelos propostos por Henry e Rees (1991) e Molnár et al. (1995) obtiveram variação inferior ao critério estipulado no estudo de 5%.

Nenhuma das equações analisadas no estudo em meninas alcançou o valor, critério de correlação de 0,70 com a calorimetria indireta. Os valores de correlação alcançados foram de baixos a moderados (Vincent, 1999).

Analisando as equações masculinas, somente a desenvolvida por Tverskaya et al. (1998) teve diferença média significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao valor de TMR obtido pela calorimetria indireta.

As equações propostas por Schofield (1985), Tverskaya et al. (1998) e o segundo modelo de Müller et al. (2004) tiveram variações superiores a 5%.

Todas as equações que predizem a TMR tiveram correlação moderada com a calorimetria indireta, ficando abaixo do valor de correlação aceitável neste estudo.

Apesar de os modelos propostos por Henry e Rees (1991) e Molnár et al. (1995) não terem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) e estarem dentro do limite de erro constante de 5% em ambos os sexos, seus valores de correlação são inferiores ao definido como critério neste estudo.

O estudo revela que, em média, algumas equações não possuem diferença, porém não conseguem estimar os valores com igual coerência e magnitude ao método padrão. Conclusão demonstrada nos baixos e moderados valores do coeficiente de correlação.

Este achado possui reflexo na estimativa da TMR em ambiente clínico ou de pesquisa, pois os planos de intervenções nutricionais para manutenção, perda ou ganho de peso são estipulados individualmente.

Desta forma, o estudo indica que nenhuma das equações analisadas alcançou os critérios estipulados em ambos os sexos, não possuindo assim confiança nos cálculos da TMR em adolescentes com as características dos grupos estudados.

Assim recomenda-se a ampliação do banco de dados utilizado neste estudo para futuro desenvolvimento de uma equação para adolescentes residentes no Brasil que seja válida em medir a TMR.

Até o presente momento, as tentativas de análise de regressão com os dados já coletados revelaram-se insuficientes para propor uma equação, apresentando valores de  $R^2$  baixos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonzo-Gonzales, G, Doucet, E, Almeras, N, Bouchard, C, Tremblay, A. (2004). 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*, 58 , 1125 – 1131.

Anjos, L.A, Veiga, G.V, Castro, I.R.R. (1998)a. Distribuição dos valores do índice de massa corporal da população brasileira até 25 anos. *Revista Panamericana del Salud Publica*, 3 (3), 164 – 173.

Anjos, L.A, Braun, F.L.C, Damião, J.J, Silva, A.F.(1998)b. Basal Metabolic rate cannot be estimated by current predictive equations in Brazilian college female students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, suplemento 5, S 263.

Ashcroft, M.T, Desai, P. (1977). Ethnic differences in growth potential of children of African, Indian, Chinese and European origin. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 70 (5-6), 433 – 438.

Astrand, P.O., Rodahl, K. Text book of work physiology. New York, McGraw-Hill Book, 1970.

Bandini, L.G., Schoeller, D.A., Dietz, W.H. (1990). Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatrics Research*, 27(2), 198 – 203.

Bandini, L.G, Morelli, J.A, Must, A & Dietz, W.H. (1995). Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. *American Journal Clinical Nutrition*, 62, 711 – 714.

Bandini, L.G., Must, A., Spadano, J.L., Dietz, W.H. (2002). Relation of body composition, parental overweight, pubertal stage, and race-ethnicity to energy expenditure among premenarcheal girls. *American Journal Clinical Nutrition*, 76, 1040 – 1047.

Baxter – Jones, A.D.G., Eisenmann, J.C., Sherar, L.B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, 17, 18 – 30.

Benedict, F.G, Hendry, M.F, Baker, M.L. (1920). The basal metabolism of girls 12 to 17 years of age. *Procs. Natl. Acad. Sci.* 10-19.

Bland, J.M. & Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *The Lancet.* 12, 307-310.

Böheme, M.T.S. (2004). Resistência aeróbia de jovens atletas mulheres com relação á maturação sexual, idade e crescimento. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 6(2), 27-35.

Boothby, W.M, Berkson, J, Dunn, H.L. (1936). Studies of the energy metabolism of normal individuals: a standard for basal metabolism, with a nomogram for clinical application. *American Journal Physiology*, 116, 468 – 484.

Bouchard, C; Perusse, L; Deriaz, O; Despres, J.P & Tremblay A. (1993). Genetic influences on energy expenditure in humans. *Crit Ver Food Sci Nutri*. 33 (4), 345 – 350.

Bracco, M.M, Ferreira, M.B.R, Morcillo, A.M, Colugnati, F & Jenovesi, J. (2002). Gasto Energético entre crianças de escola pública obesas e não-obesas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 10(3), 29 – 35.

Bracco, M.M, Colugnati, A.B, Pratt, M, Taddei, J.A.A.C. (2006). Multivariate hierarchical model for physical inactivity among public school children. *Jornal de Pediatria*, 82, 302-307.

Brandi, L.S, Bertolini, R & Calafa, M. (1997). Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice. *Nutrition*, 13, 349 – 358.

Buchowski, M., Chen, K.Y., Byrne, D. & Wang, W.C. (2002). Equation to estimate resting energy expenditure in adolescents with sickle cell anemia. *American Journal Clinical Nutrition*, 76, 1335 – 1344.

Cruz, C.M., Silva, A.F. & Anjos, L.A. (1999). A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 49(3),233 – 237

Cunningham, K.F., Aeberhardt, L.E., Wiggs, B.R., Phang, P.T. (1994). Appropriate interpretation of indirect calorimetry for determinig energy expenditure of patients in intensive care units. *The American Journal of Surgery*, 167(5), 547 – 549.

Diner, J.R.C. (1997). Calorimetria indireta. *Revista da Associação Médica do Brasil*, 43(3), 245 – 253.

De Lorenzo, A., Bertini, I., Puijia, A., Testolin, G. & Testolin, C. (1999). Comparison between measured and predicted resting metabolic rate in moderately active adolescents. *Italian Journal Neurology Science*, 36, 141 – 145.

De Boer, J.O., van Es, A.J., Voorrips, L.E., Blokstra, F., Vogt, J.E. (1988). Energy metabolism and requeriments in different ethnic groups. *European Journal Clinical Nutrition*, 42(12), 983 – 997.

Derumeax – Burel, H., Meyer, M., Morin, L., Boirie, Y. (2004). Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *American Journal Clinical Nutrition*, 80, 1544 – 1550.

Doucet, E., Bouchard, C. Tremblay, A. (2001). Increased energy economy with aging. *Obesity Reserch*, 9 (Suplemento 3) PG78.

Durnin, J.V.G.A. (1991). Practical estimates of energy requirements. *Journal Nutrition*, 121(11), 1907 – 1913.

Elberg, J., McDuffe, J.R., Sebring, N.G., Salaita, C., Keil, M., Robotham, D., Reunolds, J.C., Yanovski, J.A. (2004). Comparison of methods to assess change in children's body composition. *American Journal Clinical Nutrition*, 80, 64 – 69.

Eiben, O.G. & Pantó, E. (1986). The Hungarian national growth standards. *Anthrop Közl*, 30, 5 – 23.

Fels Research Institute – Division of Human Biology – Wright State University (1993). The self-assessment of sexual maturation. Fels Research Institute, Yellow Spring, OH.

Ferrannini, E. (1988). The theoretical bases of indirect calorimetry: A review. *Metabolism*, 37(3), 287 – 301.

Figuroa-Colon, R., Franklin, F.A., Goran, M.I., Lee, J.Y. & Weinsier, R. (1996). Reproducibility of measurement of resting energy expenditure in prepubertal girls. *The American Journal Clinical Nutrition*, 64, 533-536.

Frankenfield, D.C., Rowe, W.A., Smith, J.S. & Cooney, R.N. (2003). Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *Journal American Diet Association*, 103, 1152 – 1159.

Frankenfield, D.C., Roth-Yousey, L. & Compher, C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of American Dietetic Association*, 105 (5), 775 – 789.

Gallagher, D., Albu, J., He Q., Heshka, S., Boxt, L., Krasnow N., Elia, M. (2006). Small organs with a high metabolic rate explain lower resting energy expenditure in African American than in white adults. *American Journal Clinical Nutrition*, 38(5), 1062 – 1067.

Garcia, E.S. (2006). Taxa metabólica basal de jogadores profissionais de futebol. *Revista Brasileira de Educação Física*, 20 (Suplemento 5), 82 – 84.

Grove, K.L., Grayson, B.E., Glavas, M.M., Xiao, X.Q., Smith, M.S. (2005). Development of metabolic systems. *Physiology & Behavior*, 86, 646 – 660.

Harris, J.A. & Benedict, F.G. (1919). A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC: Carnegie Institute. Publication 279, 1 – 266.

Henry, C.J.K. & Rees, D.G. (1991). New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *European Journal of Clinical Nutrition*, 45, 177 – 185.

Henry, C.J.K., Webster-Gandy, J.D., Koon, P.B., Ismail, M.N. (2005). Resting metabolic rate in a sample of girls in Malaysia and England. *American Journal Human Biology*, 17, 818 – 820.

Holliday, M.A. (1971). Metabolic rate and organ size during growth from infancy to maturity and during late gestation and early infancy. *Pediatrics*, 47, 169 – 179.

Illner, K., Brinkmann, G., Heller, M., Bosy-Westphal, A. & Müller, M.J. (2000). Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in nonobese adults. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, 278, E308 – E315.

Isbell, T.R., Klesges, R.C., Meyers, A.W., Klesges, L.M. (1991). Measurement reliability and reactivity using repeated measurements of resting energy expenditure with a face mask, mouthpiece, and ventilated canopy. *Journal Parenteral Enteral Nutrition*, 15(2), 165 – 168.

Kaplan, A., Zemel, B., Neiswender, K. & Stallings, V. (1995). Resting energy expenditure in clinical pediatrics: Measured versus prediction equations. *Journal Pediatrics*, 127, 200 – 205.

Kimm, S.Y.S., Glynn, N.W., Aston, C.E., Damcott, C.M., Poehlman, E.T., Daniels, S.R., Ferrel, R.E. (2002). Racial differences in the relation between uncoupling protein genes and resting energy expenditure. *American Journal Clinical Nutrition*, 75, 714 – 719.

Lizzer, S., Agosti, F., De Col, A., Sartorio A. (2006). Development and cross-validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *The British Journal of Nutrition*, 96 (5), 973 – 979.

Lohman, T.G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 14, 325-357

Maffeis, C., Schutz, Y., Zocante, L., Micciolo, R. & Pinelli, L. (1993)a. Meal-induced thermogenesis in lean and obese prepubertal children. *American Journal Clinical Nutrition*, 57, 481-485.

Mandadzhieva, S., Marianov, B., Kostianev, S., Turnovska, T. (2005). Anthropometric and Cardiopulmonary Parameters in Bulgarian and Romany Children: Cross – sectional study. *Croat. Med. Journal*, 46(2), 294 – 301.

Matsudo, S.M.M. & Matsudo, V.K.R. (1994). Self-Assessment and Physician Assessment of Sexual Maturation in Brazilian Boys and Girls: Concordance and Reproducibility. *American Journal of Human Biology*, 6, 451 – 455.

Melby, C.L, Ho, R.C & Hill, J.O. (2000). Avaliação do Gasto Energético. In: C. Bouchard (Orgs). *Atividade Física e Obesidade*. Ed. Manole, Barueri, São Paulo.

Molnár, D., Jeges, S., Erhardt, E. & Schutz, Y. (1995). Measured and predict resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *Journal of Pediatric*, 127, 571 – 577.

Montoye, H.J., Kemper, H.C.G., Saris, W.H.M. & Washburn, R.A. (1996). Measuring Physical Activity and Energy Expenditure. Ed. *Human Kinetics*, Champaign, IL. pág. 190.

Morrison, J.A., Alfaro, M.P., Khoury, P. Thornton, B.B., Daniels, S.R. (1996). Determinants of resting energy expenditure in young black girls and young white girls. *Journal of Pediatrics*, 129 (5), 621 – 623.

Murgatroyd, P.R., Shetty, P.S & Prentice, A.M. (1993). Techniques for the measurement of human energy expenditure: a practical guide. *International Journal of Obesity*, 17, 549 – 568.

Mullen, J.L. (1991). Indirect calorimetry in critical care. *Proceedings of the Nutrition Society*, 50, 239 – 244.

Müller, M.J., Bosy-westphal, A., Klaus, S., Kreymann, G., Lührmann, P.M., Neuhäuser-Berthold, M., Noack. R., Pirke, K.M., Platte, P., Selberg, O. & Steiniger, J. (2004). World Health Organization equations have shortcoming for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a undernourished analysis of a German database of resting energy expenditure. *American Journal Clinical Nutrition*, 80, 1379 – 1390.

Pereira, R.P.B. (2006). Desenvolvimento e validação de equações específicas para a estimativa do percentual de gordura corporal de jovens púberes do gênero masculino na faixa etária de 10 a 17 anos. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 8(2), 110.

Phang, P.T., Rich, T., Ronco, J. (1990). A validation and comparison study of two metabolic monitors. *Journal Parenteral Enteral Nutrition*, 14(3), 259 – 261.

Pires Neto, C.S. & Petroski, E. (1996). Assuntos sobre equações da gordura corporal relacionada a crianças e jovens. *Comunicação, movimento e mídia na Educação Física*, 3, 21 –30.

Rodrigues, G., Moreno, L.A., Sarria, A., Fleta, J. & Bueno, M. (2000). Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. *Clinical Nutrition*, 21 (3),255 – 260.

Rocha, E.E.M., Alves, V.G.F., Silva, M.H.N., Chiesa, C.A. & Fonseca, R.B.V. (2005). Can measured resting expenditure be estimated by formule in daily clinical nutrition practice? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8, 319 – 328.

Rocha, E.E.M., Alves, V.G.F., Fonseca, R.B.V. (2006). Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 9, 247 – 256.

Ross WD; Marfell-Jones MT. (1991). Kinanthropometry. In: MacDougall JD; Wenger HA; Green HJ (Eds). *Physiological testing of the high-performance athlete* (2<sup>nd</sup> ed.), pág. 223 – 308, Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Saito, M.I. (1984). Maturação sexual: auto – avaliação do adolescente. *Pediatria*, 6, 111 – 115.

Schneider, P. & Meyer, F. (2005). As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(3), 193 – 197.

Schofield, W.N. (1985). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition: Clinical Nutrition*, 39 C, Suppl. 1, 5 – 41.

Simonson, D.C., DeFronzo, R.A. (1990). Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. *American Journal Physiology Endocrinology and Metabolism*, 258(3), E399 – E412.

Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, C.A., Horswill, C.A., Stillman, R.J., Van Loan, M.D. & Bembien, D.A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60, 709 – 723.

Spurr, G.B. & Reina, J.C. (1988). Basal metabolic rate of normal and marginally undernourished mestizo children in Colombia. *European Journal Clinical Nutrition*, 42(9), 753 – 764.

Sue, D.Y., Hansen, J.E., Blais, M., Wasserman, K. (1980). Measurement and analysis of gas exchange during exercise using a programmable calculator. *Journal of Applied Physiology*, 49(3), 456 – 461.

Suen, V.M.M., Silva, G.A., Marchini, J.S. (1998). Determinação do metabolismo energético no homem. *Medicina*, 31, 13 -21.

Sun, M., Gower, B.A., Bartolucci, A.A., Hunter, G.R., Figueroa-Colon, R., Goran, M.I. (2001). A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children. *American Journal Clinical Nutrition*, 73, 308 – 315.

Talbot, F.G., Wilson, E.B., Worcester, J. (1937). Basal Metabolism of girls, physiologic background and application of standards. *American Journal of Diseases of Children*, 53, 273-347.

Talbot, F.B. (1938). Basal Metabolic Standards for Children. *American Journal of Diseases of Children*, 55 (3), 455 – 459.

Thomson, M.A., Bucolo, S., Quirk, P. & Shepherd, R.W. (1995). Measured versus predicted resting energy expenditure in infants: A need for reappraisal. *The Journal of Pediatrics*, 126, 21 – 27.

Tounian, P., Dumas, C., Veinberg, F. & Girardet, J.P. (2003). Resting energy expenditure and substrate utilization rate in children with constitutional leanness or obesity. *Clinical Nutrition*, 22 (4), 353 – 357.

Tverskaya, R., Rising, R., Brown, D. & Lifshitz, F. (1998). Comparison of several equations an derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *Journal of the American College of Nutrition*, 17 (4), 333 – 336.

Van Mil, E.G.A.H., Westerterp, K.R., Kester, A.D.M. & Saris, W.H.M. (2001). Measurement: Energy metabolism in relation to body composition and gender in adolescents. *Archives of Disease in Childhood*, 85, 73 – 78.

Vincent, W.J. (1999). Statistics in Kinesiology. 2<sup>o</sup> Edição, Editora Human Kinetics, pág. 294.

Wahrlich, V. & Anjos, L.A. (2001a). Validação de equações de predição da taxa metabólica basal em mulheres residentes em Porto Alegre, RS, Brasil. *Revista Saúde Pública*, 35 (1), 39 – 45.

Wahrlich, V. & Anjos, L.A. (2001b). Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão de literatura. *Caderno de Saúde Pública*, 17 (4), 801 – 817.

Wang, Z., Heshka, S., Zhang, K., Boozer, C.N., Heymsfield, S.B. (2001). Resting Energy Expenditure: Systematic Organization and Critique of Prediction Methods. *Obesity Reserch*, 9(5), 331 – 336.

Watts, K., Naylor, L.H., Davis, E.A., Jones, T.W., Beeson, B., Bettency, F., Sifarikas, A., Bell, L., Ackland, T., Green, D.J. (2006). Do skinfolds accurately assess changes in body fat in obese children and adolescents? *Medicine Science and Sports Exercise*, 38(3), 439 – 444.

Weir, J.B.D. (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *Journal Physiology London*, 109,1 – 9.

Wells, J.C.K. (1998). Energy Metabolism in infants and children. *Nutrition*, 14(10), 817 – 820.

Williams, R.L., Cheyne, K.L., Houtkooper, L.K. & Lohman, T.G. (1988). Adolescent self-assessment of sexual maturation. *Journal of Adolescent Health Care*, 9 (6), 480 – 482.

Wilmore, J.H. Costill, D.L. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. Ed. Manole, 2º Ed, 2001. pág. 709.

Wong, W.W., Butte, N.F., Hergenroeder, A.C., Hill, E.B., Stuff, J.E. & Smith, E.O. (1996). Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for female children and adolescents? *Journal of Applied Physiology*, 81 (6), 2407 – 2414.

World Health Organization. (1981). Development of indicators for monitoring progress towards health for all by the year 2.000. *Health for All Series*, 4, Geneva.

World Health Organization. (1985). Energy and protein requirements. *World Health Organization Technical Report Series*, 724, Geneva.

Yamada, T.M., Gonçalves, E.L., Wattzberg, D.L. (1989). Modelo de calorímetro indireto experimental. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 4, 30 – 35.

Yampolskaya, Y.A. (2005). Intra – and Inter – population variability and evaluation of the physical development of a young generation. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24, 503 – 506.

Yu, C.W., Sung, R.Y.T., So, R., Lam, K., Nelson, E.A.S., Li, A.M.C., Yuan, Y. & Lam, P.K.W. (2002). Energy expenditure and physical activity of obese children: cross-sectional study. *Hong Kong Medicine Journal*, 8(5), 313 – 317.

Zellner, K., Jaeger, U. (1990). Zur frage des gegenwärtigen standes der säkularen akzeleration. *Pädiatrie Grenzgeb*, 29 (2), 121 – 124.



## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**CRONOGRAMA DA PESQUISA**

Atividades	Mês / Ano											
	Mar 05	Abr 05	Mai 05	Jun 05	Jul 05	Ago 05	Set 05	Out 05	Nov 05	Dez 05	Jan 06	Fev 06
Revisão Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	X	X	x	x	x
Aferição dos equipamentos e logística dos protocolos							X	X	X			
Elaboração do pré-projeto										x	x	x
Qualificação												
Treinamento com o grupo de coleta												
Parecer do CEP / UFSC												
Contato com as escolas												
Coleta de dados									x	X		
Tabulação dos dados												
Análise estatística												
Discussão dos resultados												
Conclusão												
Redação Final												
Revisão Gramatical												
Redação dos Artigos									X			
Apresentação / defesa												
Relatório as escolas												
Atividades	Mar 06	Abr 06	Mai 06	Jun 06	Jul 06	Ago 06	Set 06	Out 06	Nov 06	Dez 06	Jan 07	Fev 07
Revisão Bibliográfica	x	x	X	x	x	x	X	X				
Aferição dos equipamentos e logística dos protocolos		x	X									
Elaboração do pré-projeto	x											
Qualificação		X										
Treinamento com o grupo de coleta		x	X									
Parecer do CEP / UFSC			X									
Contato com as escolas		x	x				X					
Coleta de dados			x	x	x	x	x	X	X			
Tabulação dos dados			x	x	x	x	x	X	x			
Análise estatística									X			
Discussão dos resultados									x	X		
Conclusão										X		
Redação Final											X	
Revisão Gramatical											X	
Redação dos Artigos						x	x	X	x	X	x	X
Apresentação / defesa												X
Relatório as escolas												X

**ANEXO 2**  
**ANAMNESE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Protocolo No.: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Hora da Avaliação: \_\_\_\_\_

### Identificação

Nome: \_\_\_\_\_ nascimento: \_\_/\_\_/\_\_ Idade: \_\_\_\_  
Sexo: (M) (F) Telefone para contato: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_  
Nome do Pai: \_\_\_\_\_  
Nome da Mãe: \_\_\_\_\_  
Nome da escola: \_\_\_\_\_

### Pergunta pré-teste

#### Inquérito de doenças:

Tabagismo: Sim ( ) Não ( )  
Diabetes: Sim ( ) Não ( )  
Asma: Sim ( ) Não ( ) Quanto tempo da última crise: \_\_\_\_\_  
Gripe: Sim ( ) Não ( )  
Febre: Sim ( ) Não ( )

Apresenta alguma Doença? Qual: \_\_\_\_\_ -  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Protocolo No.: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora da Avaliação: \_\_\_\_\_

**Qualidade do Sono:**

Qual foi a qualidade do seu sono esta noite?      Boa ( ) Normal ( ) Ruim ( )

Quantas horas você dormiu esta noite? \_\_\_\_\_

Esta quantidade de tempo é normal para você?      Sim ( ) Não ( )

Você acordou a noite?      Sim ( ) Não ( )



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Protocolo No.: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora da Avaliação: \_\_\_\_\_

**Medidas controle**

Umidade: \_\_\_\_\_ Temperatura Ambiente: \_\_\_\_\_

**Medidas da Maturação**

Estágios do desenvolvimento dos pelos pubianos: (*AMBOS OS SEXOS*):

( 1 ) ( 2 ) ( 3 ) ( 4 ) ( 5 ) ( 6 )

Medidas Antropométricas			
Massa Corporal:	Estatura:		
<b>Dobras Cutâneas (mm)</b>			
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
			Média
Subescapular:			
Tricipital :			
Perímetros (m)			
Cintura:			
Quadril:			
Resultados			
Índice de Massa Corporal:			
Relação Cintura Quadril:			
Somatório (TR + SE)			
%Gordura			
% Massa Magra			



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



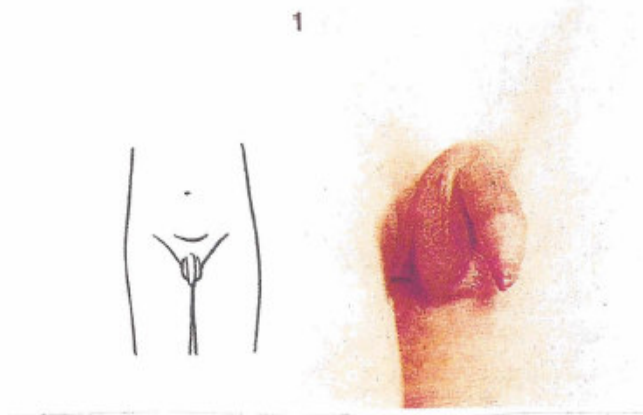
<b>Medidas de BIOIMPEDÂNCIA</b>
Total de água corporal:
Taxa Metabólica Basal:
Percentual de Gordura:
Percentual de Massa Magra:

<b>Resultado da Gasometria</b>
VO <sub>2</sub> :
VCO <sub>2</sub> :
RQ:
Calorias TEEM – 100:
Calorias Weir (1949):

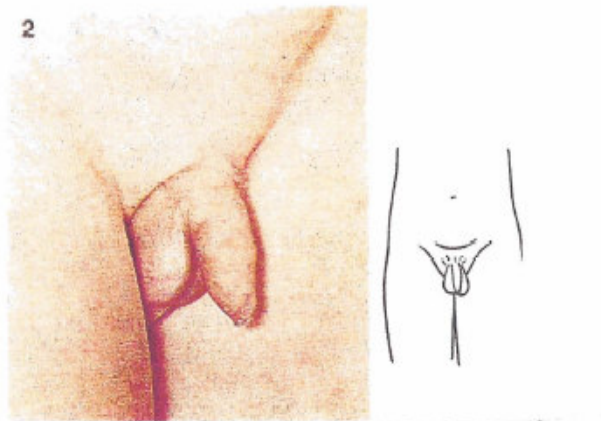


**ANEXO 3**  
**ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO**

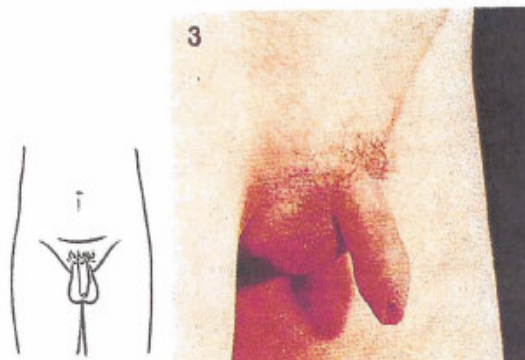
ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO DOS PELOS PUBIANOS-  
MENINOS



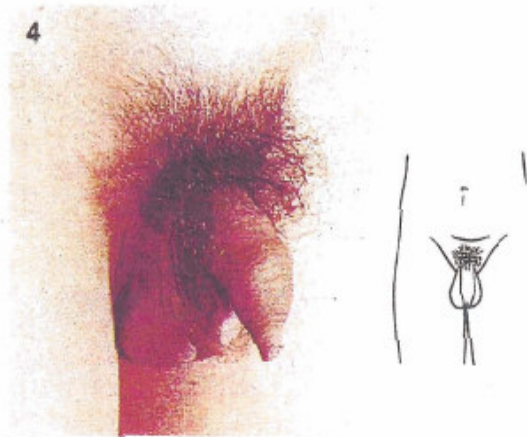
ESTÁGIO 1: Não existem pêlos pubianos. Os pêlos dessa região não diferem dos pêlos da parede abdominal.



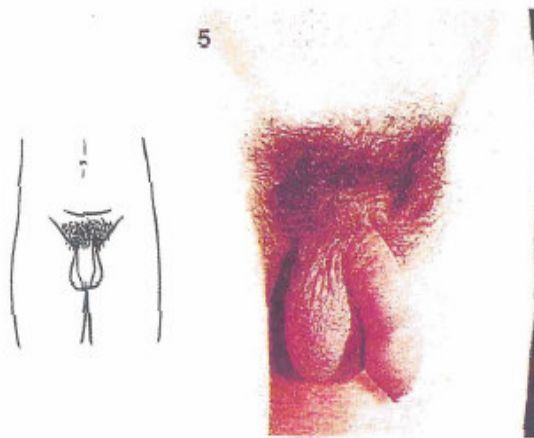
ESTÁGIO 2: Existe o crescimento esparsos de pêlos longos, finos, lisos ou discretamente encaracolados, principalmente na base do pênis ou no escroto. Esse estágio é de difícil identificação em fotografia, principalmente se a pessoa tiver poucos pêlos. Dessa forma baseie-se mais na descrição do estágio do que na fotografia ou desenho.




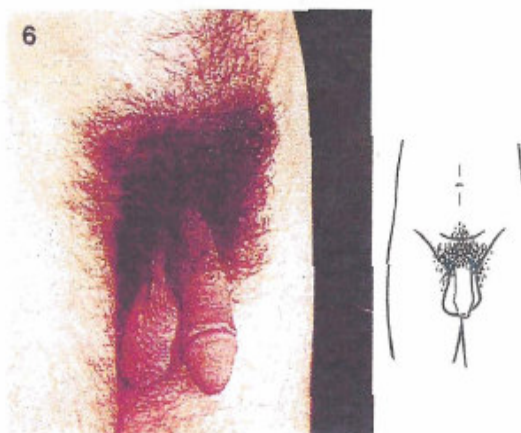
ESTÁGIO 3: Os pêlos pubianos são mais escuros, grossos e encaracolados. Os pêlos estão na região da base do pênis



ESTÁGIO 4: Os pêlos pubianos são do tipo adulto (escuros, grossos e encaracolados), mas a área de distribuição é menor do que no adulto. Os pêlos pubianos não se espalham pelo superfície interna da coxa.

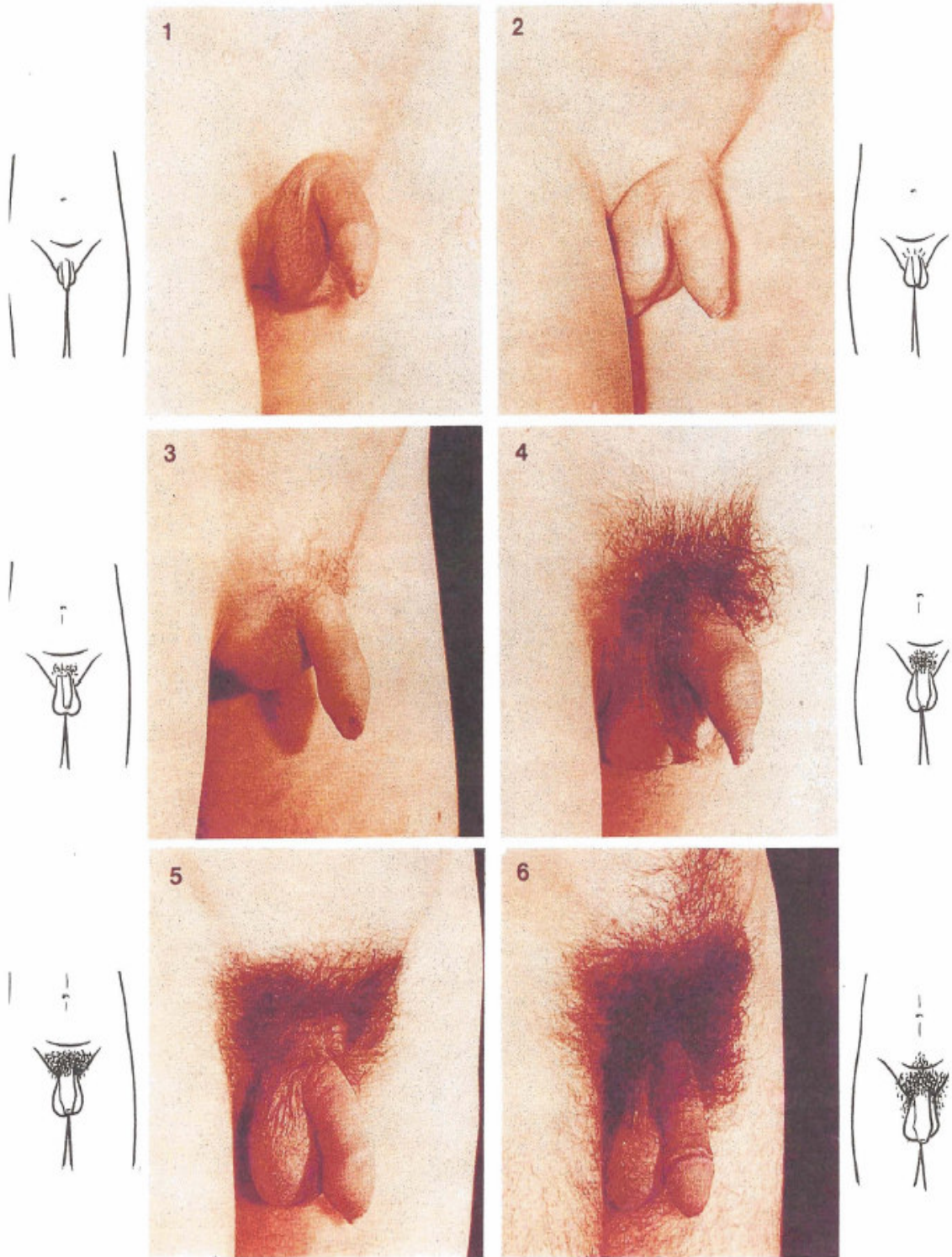


ESTÁGIO 5: Os pêlos pubianos são do tipo e quantidade iguais ao adulto. Eles cobrem uma área triangular (  ). Os pêlos pubianos se espalham pela superfície interna das coxas, mas não cobrem a parte da parede abdominal acima da área triangular.

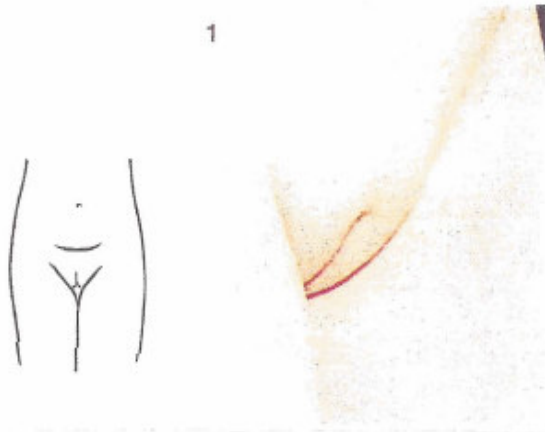


ESTÁGIO 6: Os pêlos pubianos se estendem pela parede abdominal, e a área dos pêlos não tem mais a forma triangular.

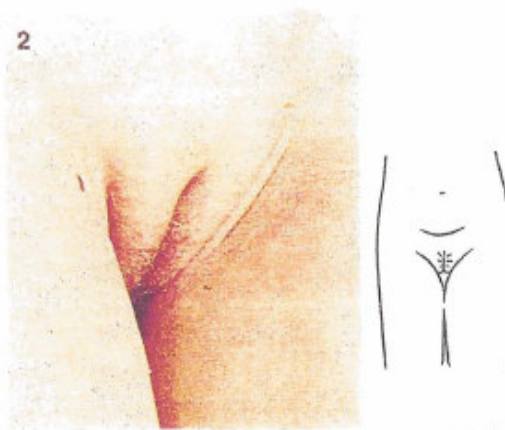
ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DOS PELOS  
PUBIANOS - MENINOS



ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO DOS PELOS PUBIANOS -  
MENINAS



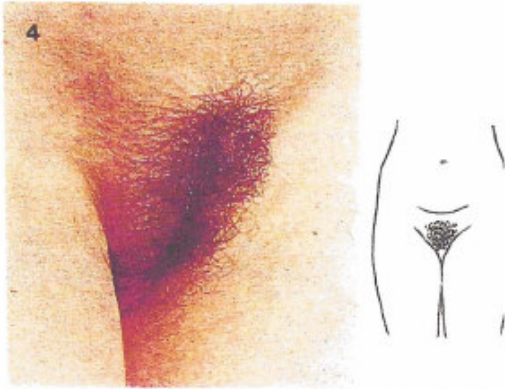
ESTÁGIO 1: Não existem pêlos pubianos. Os pêlos dessa região não diferem dos pêlos da parede abdominal.



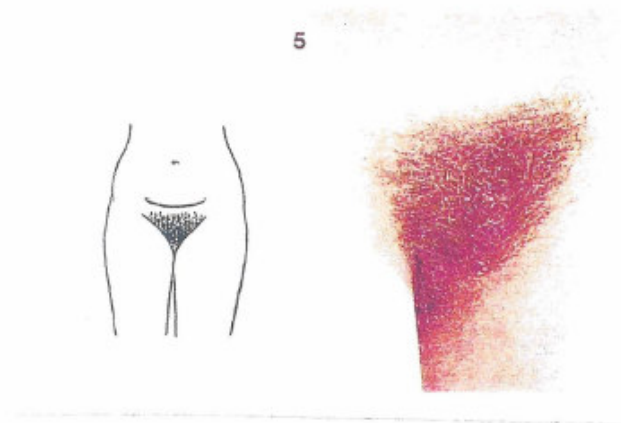
ESTÁGIO 2: Existe o crescimento esparsos de pêlos longos, finos, lisos ou discretamente encaracolados, principalmente ao longo dos grandes lábios. Esse estágio é de difícil identificação em fotografia, principalmente se a pessoa tiver poucos pêlos. Dessa forma baseie-se mais na descrição do estágio do que na fotografia ou desenho.




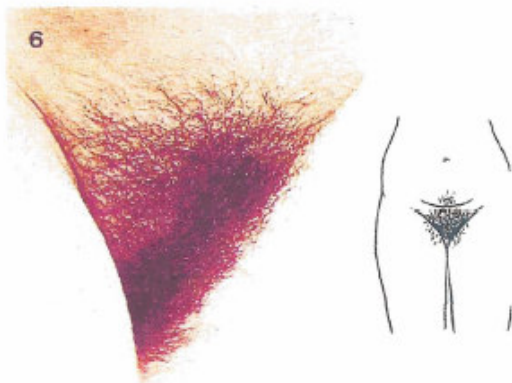
ESTÁGIO 3: Os pêlos pubianos são mais escuros, grossos e encaracolados do que no estágio 2. Os pêlos se espalham na região



ESTÁGIO 4: Os pêlos pubianos são do tipo adulto (escuros, grossos e encaracolados), mas a área de distribuição é menor do que no adulto. Os pêlos pubianos não se espalham pela superfície interna da coxa.



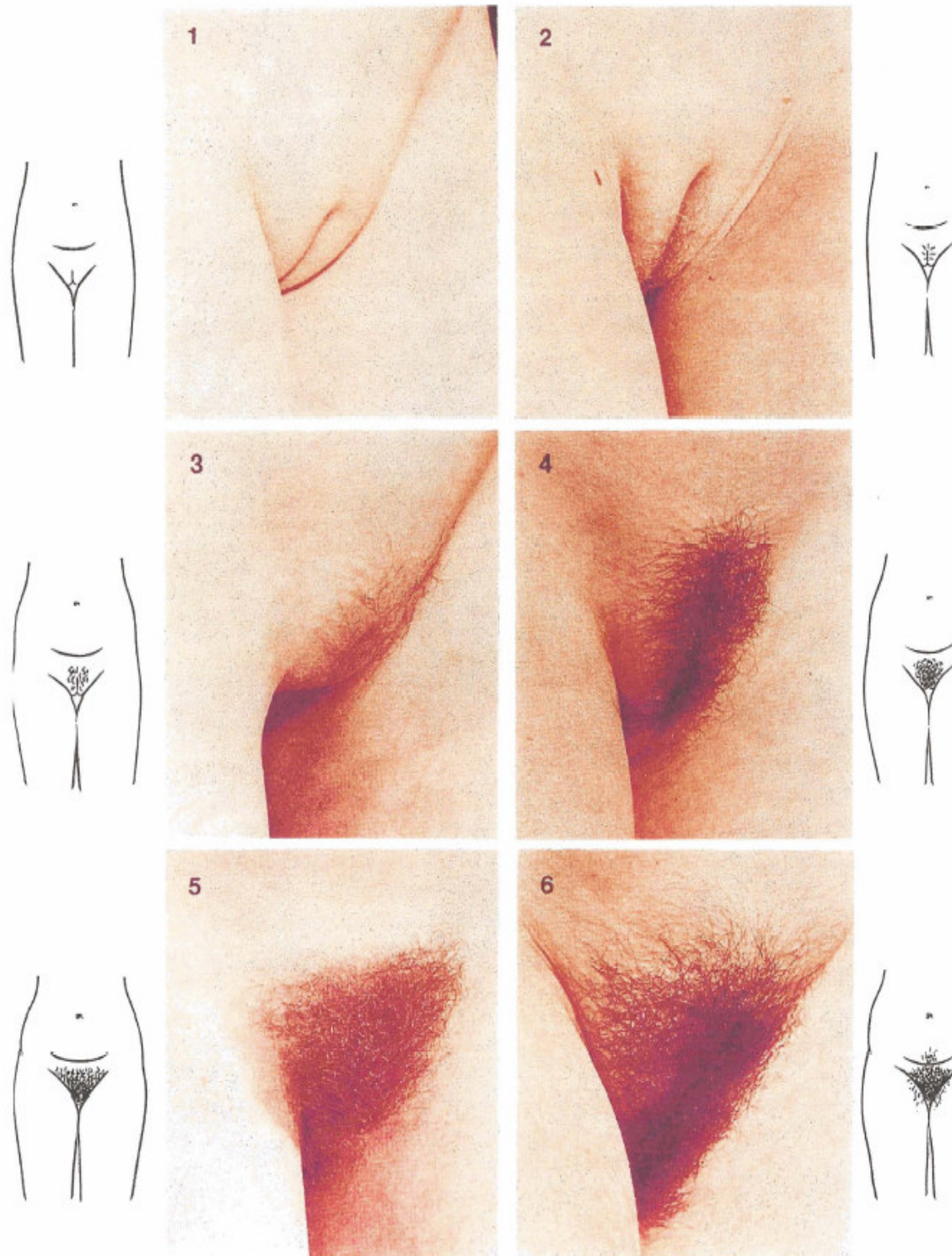
ESTÁGIO 5: Os pêlos pubianos são do tipo e quantidade iguais ao adulto. Eles cobrem uma área triangular (  ). Os pêlos pubianos se espalham pela superfície interna das coxas, mas não cobrem a parte da parede abdominal acima da área triangular. Em algumas meninas os pêlos pubianos se estendem até a parede abdominal.



ESTÁGIO 6: Em 10% das mulheres os pêlos pubianos se estendem pela parede abdominal e mais na superfície das coxas.

ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DOS PELOS

PUBIANOS - MENINAS



**ANEXO 4**  
**LABORATÓRIO DE ESFORÇO FÍSICO**





Figura 20a.



Figura 20b.

Figura 20.

a) medida da taxa metabólica de repouso; b) medida da bioimpedância.

**ANEXO 5**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
**AOS PAIS E RESPONSÁVEIS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA



Florianópolis, março de 2006.

Senhores Pais ou Responsáveis,

Integramos um grupo de pesquisa financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), constituído de acadêmicas e mestrandos do curso de Educação Física, do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina.

No momento estamos convidando seu filho a participar de uma pesquisa intitulada: **“Desenvolvimento e validação de equações que estimam a Taxa Metabólica de Repouso”**. Este projeto envolverá 150 jovens, na faixa etária entre 10 e 17 anos, de ambos os sexos. A pesquisa será realizada no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) do CDS/UFSC, onde cada indivíduo fará somente uma visita, quando deverá estar em jejum de 6 horas, antes do início do teste. **SALIENTAMOS QUE NÃO HÁ CUSTO FINANCEIRO.**

Todas as variáveis do estudo serão coletadas pelo período da manhã. Pela necessidade das medidas serem tomadas com o sujeito ter realizado o mínimo de esforço possível, todos os adolescentes serão buscados em sua escola pela manhã e encaminhados até o LAEF por um automóvel particular e após sua avaliação as mesmas retornarão para a escola transportada pelo mesmo automóvel. Os mesmos ficarão sobre responsabilidade do pesquisador. Serão no máximo cinco (5) sujeitos avaliados por manhã e para todas as crianças e adolescentes após a medida do gasto energético de repouso será fornecido um café da manhã.

A avaliação do LAEF seguirá os seguintes passos: primeiramente o sujeito irá responder uma anamnese, quando da avaliação de meninos o responsável será um pesquisador e quando da avaliação de meninas a responsável será uma pesquisadora, referente à identificação, condições de saúde e qualidade do sono, segurando o controle de variáveis que possam intervir no resultado do estudo. Depois se seguirá às avaliações das medidas antropométricas da massa corporal, estatura e da maturação.

Em seguida será realizado o procedimento de medida do gasto energético de repouso, que será mensurado somente pela manhã, iniciando somente após um período de 20 minutos de repouso, evitando qualquer efeito de atividades físicas recentes. As medidas serão realizadas com o indivíduo em jejum de 6 horas, em posição supina e em repouso muscular, o próximo passo são as medidas das dobras cutâneas e circunferências.

O gasto energético será medido pelo aparelho TEEM 100 Aerosport, que é um mini computador capaz de analisar, por fluxo de circuito aberto, os gases inspirados e expirados durante o repouso; o aparelho vem acoplado a uma máscara de silicone, que ficará no rosto do participante. Cabe ressaltar que a referida máscara será sempre desinfetada e esterilizada após cada teste. Além das medidas de gasto

energético será mensurada a massa corporal, estatura e gordura corporal e aplicado um questionário sobre atividade física.

As atividades não apresentam riscos para os participantes e não há nenhuma coleta de sangue ou exposição dos adolescentes a raio X. Os adolescentes serão acompanhados sempre por um dos pesquisadores e os pais/responsáveis poderão estar presentes para acompanhar o projeto. Caso ocorra algum desconforto o teste será interrompido imediatamente e as devidas providências serão tomadas.

O participante estará livre para desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo pessoal.

Assim, solicitamos sua colaboração no sentido de permitir que seu (sua) filho (a) participe deste estudo realizando as atividades propostas pelo projeto.

Informamos que os resultados serão mantidos em sigilo, não sendo possível identificar nenhum dos participantes após o agrupamento por sexo e faixa etária, servindo apenas para a pesquisa, mantendo-se o anonimato das pessoas participantes mesmo após o término da pesquisa.

Espera-se que, com estes resultados seja possível validar uma equação para medir o Gasto Energético de Repouso, desta forma, contribuindo com os profissionais da área da saúde, principalmente com os professores de Educação Física e Nutricionistas, na prescrição e orientação de exercícios e nutrição para jovens, tendo em vista que atualmente as equações baseiam-se em adultos ou em jovens de outras populações. Os participantes receberão um relatório com o resultado dos seus testes.

O LAEF possui uma parceria com o Ambulatório de Nutrição, onde após a análise dos resultados pode ser agendada uma orientação dietética.

Em breve estaremos entrando em contato com o Sr. (a).

Estamos ao seu dispor para quaisquer esclarecimentos pelo telefone F: 3331.9924 – Prof. Paulo Fonseca /Prof. Ma. de Fátima - Laboratório de Esforço Físico do CDS.

Na certeza de poder contar com seu apoio, desde já agradecemos antecipadamente.

Cordialmente,

Prof. Paulo H. S. da Fonseca  
(Coordenador da Pesquisa).

---

### **Autorização**

Autorizo meu (minha) filho (a): \_\_\_\_\_,  
a participar da Pesquisa “Validação e desenvolvimento de equações que estimam a Taxa Metabólica de Repouso”, estando ciente dos procedimentos, objetivos e relevância do referido estudo.

Florianópolis, de \_\_\_\_\_ de 2006.

Assinatura do Pai / Mãe ou Responsável.

Tel: \_\_\_\_\_

**ANEXO 6**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
**AOS ADOLESCENTES**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**



Florianópolis, março de 2006.

**Olá!**

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que medirá o quanto é seu gasto de energia em repouso, para participar leia ou peça para seus pais/responsáveis lerem as instruções abaixo.

Para participar do projeto você deve comparecer no Laboratório de Esforço Físico do Centro de Desportos (CDS) da UFSC, no dia e hora marcados para realizar as avaliações propostas (as avaliações ocorrerão sempre pela manhã), sem ter realizado refeições ou lanches pelo menos 6h antes.

1. Inicialmente, você irá responder uma anamnese, referente à identificação, condições de saúde, e qualidade do sono;
2. Depois será avaliada o seu peso corporal, estatura e maturação;
3. Em seguida será medido o seu gasto energético em repouso, iniciando somente após um período de 20 minutos de repouso, evitando qualquer efeito de atividades físicas recentes. O gasto energético será medido pelo aparelho TEEM 100 Aerosport, que é um mini computador capaz de analisar, por fluxo de circuito aberto, os gases inspirados e expirados durante a atividade proposta; o aparelho vem acoplado a uma máscara de silicone, que ficará no seu rosto durante todo o período da avaliação. Cabe ressaltar que a referida máscara será sempre desinfetada e esterilizada após cada teste;
4. O próximo passo são as medidas das suas dobras cutâneas e circunferências;
5. Finalizando, será aplicado um pequeno questionário sobre atividade física.

**Fica antecipadamente garantido que:**

- I. Os instrumentos e as metodologias de testagem serão aplicados por pessoas treinadas e capacitadas para desenvolvê-los;
- II. Não haverá nenhum custo financeiro para você;
- III. Fica assegurado o acesso aos seus resultados e a interpretação do mesmo pelos pesquisadores;
- IV. Fica assegurado o sigilo dos seus resultados, exceto as médias para posterior publicação de pesquisa;
- V. Fica assegurado o direito a esclarecimentos sobre outros detalhes da pesquisa, quando você julgar necessário, bem como, você cancelar esta autorização em qualquer tempo, sem que haja prejuízos de qualquer ordem;

VI. Não há nenhuma coleta de sangue ou exposição a raio X.

Sua participação neste estudo auxiliará na sua orientação nutricional, possibilitando a melhora da sua saúde.

**Leia com ATENÇÃO**

Pelo presente Termo de Consentimento Informativo Livre e Esclarecido, declaro que estou de acordo em participar deste projeto de pesquisa, livre de qualquer tipo de constrangimento, pois foi informado de forma clara e detalhada os objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos aos quais serei submetido, dos riscos, benefícios e desconfortos.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu \_\_\_\_\_  
estou de acordo com a participação nesta pesquisa científica, subscrevendo o consentimento.

Florianópolis \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2006.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Laboratório de Esforço Físico-CDS-UFSC  
Contato: Paulo H. S. da Fonseca  
Fone: 3331 9924

**ANEXO 7**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM  
SERES HUMANOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**







**ANEXO 8**  
**ESTUDOS QUE TESTARAM A VALIDADE DAS EQUAÇÕES**  
**ANALISADAS NESTA PESQUISA**

<i>Equação</i>	<i>Autores</i>	<i>País</i>	<i>Amostra</i>	<i>Característica Antropométricas</i>	<i>Resultado</i>
<b>Harris e Benedict (1919)</b> <sup>10</sup>	Wong et al. (1996) <sup>2</sup>	EUA	118 Meninas	Miscelânea	Superestimou
	Kaplan et al. (1995) <sup>19</sup>	EUA	102 Ambos sexos	Miscelânea	Valida
	Tverskaya et al. (1998) <sup>20</sup>	EUA	50 Meninos 60 Meninas	Obesos Obesas	Subestimou Superestimou
	De Lorenzo et al. (1999) <sup>21</sup>	Itália	25 Meninos	Peso adequado	Valida
	Rodriguez et al. (2000) <sup>22</sup>	Espanha	116 Ambos sexos	Peso adequado e Obesos	Subestimou
	Derumeaux-Burel et al (2004) <sup>23</sup>	França	399 Ambos sexos*	Obesos	Valida
			211 Ambos sexos <sup>#</sup>	Obesos	Subestimou
Schneider e Meyer (2005) <sup>24</sup>	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Valida	
<b>Schofield (1985)</b> <sup>11</sup>	Henry e Rees (1991) <sup>12</sup>	Países Tropicais	642 Ambos sexos	Miscelânea	Superestimou
	Spurr et al. (1992) <sup>25</sup>	Colômbia	339 meninos 189 meninas	Peso adequado e baixo peso	Superestimou Valida
	Wong et al. (1996) <sup>2</sup>	EUA	118 Meninas	Miscelânea	Superestimou
	Kaplan et al. (1995) <sup>19</sup>	EUA	102 Ambos sexos	Miscelânea	Valida
	Tverskaya et al. (1998) <sup>20</sup>	EUA	50 Meninos 60 Meninas	Obesos Obesas	Superestimou Subestimou
	De Lorenzo et al. (1999) <sup>21</sup>	Itália	25 Meninos	Peso adequado	Valida
	Rodriguez et al. (2000) <sup>22</sup>	Espanha	60 Meninos 56 Meninas	Peso adequado e obesos	Subestimou Superestimou
	Derumeaux-Burel et al (2004) <sup>23</sup>	França	399 Ambos sexos <sup>+</sup>	Obesos	Superestimou
			62 Meninos <sup>#</sup> 149 Meninas <sup>#</sup>	Obesos	Valida Subestimou
Schneider e Meyer (2005) <sup>24</sup>	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Superestimou	

<sup>+</sup> Coleta realizada entre 1993 e 1999; <sup>#</sup> Coleta realizada entre 2001 e 2002

<i>Equação</i>	<i>Autores</i>	<i>País</i>	<i>Amostra</i>	<i>Característica Antropométricas</i>	<i>Resultado</i>
<b>WHO/FAO/UNU (1985)<sup>8</sup></b>	Molnár et al. (1995) <sup>26</sup>	Hungria	371 Ambos sexos	Peso adequado e obesos	Superestimou
	Wong et al. (1996) <sup>2</sup>	EUA	118 Meninas	Miscelânea	Superestimou
	Bandini et al. (1995) <sup>1</sup>	EUA	186 Meninas	Peso adequado	Valida
	Kaplan et al. (1995) <sup>19</sup>	EUA	102 Ambos sexos	Miscelânea	Valida
	Tverskaya et al.(1998) <sup>20</sup>	EUA	110 Ambos sexos	Obesos	Subestimou
	Rodriguez et al. (2000) <sup>22</sup>	Espanha	60 Meninos 56 Meninas	Peso adequado e Obesos	Superestimou Valida
	Müller et al. (2004) <sup>27</sup>	Alemanha	28 Meninos 27 Meninas	Miscelânea Miscelânea	Superestimou Valida
	Derumeaux-Burel et al. (2004) <sup>23</sup>	França	191 Meninos <sup>+</sup> 208 Meninas <sup>+</sup> 62 Meninos <sup>#</sup> 149 Meninas <sup>#</sup>	Obesos Obesos	Superestimou Valida Valida Subestimou
	Schneider e Meyer (2005) <sup>24</sup>	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Superestimou
<b>Henry e Rees (1991)<sup>10</sup></b>	Schneider e Meyer (2005) <sup>24</sup>	Brasil	35 meninos	Sobrepeso e obeso	Superestimou
<b>Molnár et al. (1995)</b>	De Lorenzo et al. (1999)	Itália	25 meninos	Peso adequado	Subestimou
<b>Tverskaya et al. (1998)</b>	Derumeaux – Burel et al. (2004)	França	191 Meninos <sup>+</sup> 208 Meninas <sup>+</sup> 62 Meninos <sup>#</sup> 149 Meninas <sup>#</sup>	Obesos Obesas Obesos Obesas	Subestimou Subestimou Subestimou Subestimou

<sup>+</sup> Coleta realizada entre 1993 e 1999; <sup>#</sup> Coleta realizada entre 2001 e 2002.

