**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública**

**Efeito da maturação sexual na avaliação nutricional de
adolescentes**

Jéssica Cumpian Silva

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Nutrição em Saúde
Pública para obtenção do título de Mestre
Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. Wolney Lisboa Conde

**São Paulo
2017**

Efeito da maturação sexual na avaliação nutricional de adolescentes

Jéssica Cumpian Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. Wolney Lisbôa Conde

**Versão original
São Paulo
2017**

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

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a minha avó Marta (em memória), dona de um coração meigo e generoso, sempre enxergou em mim um potencial que até então era desconhecido, sua fé me inspirou e continuará sempre me inspirando. A minha mãe Elmira, meu porto seguro, por todo apoio e amor incondicional, que sempre compreende e respeita minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao meu Deus, amigo e protetor. Grata por seus planos em minha vida, grata por seu amor eterno e cuidado. Sou grata por todos os momentos de acolhimento, onde pude sentir o seu amor. Obrigada, por ser meu amparo e abrigo.

Professor Wolney, com doçura, respeito e equilíbrio me orientou, sempre paciente e generoso. Ouvi dizer que – Professor Wolney é um “gentleman” – realmente não existe definição melhor. Amigo e querido chefe, fica aqui expressa minha alegria em compartilhar esse tempo do mestrado ao seu lado. Obrigada, por todo apoio, compreensão e por acreditar em mim. Guardarei com carinho todas nossas experiências, das longas reuniões aos cafés para relaxamento, das conversas sobre análises estatísticas, até conversas sobre sonhos e sobre a vida. Sou grata pela felicidade em encontra-lo.

Professora Ana Elisa, não conheci uma pessoa mais doce, dona de um coração grande, de fala suave e meiga, ao mesmo tempo uma mulher forte e segura que transborda conhecimento. Sempre disposta a ajudar, me orientou com dedicação. Sou grata pela oportunidade de te conhecer e por compartilhar com você momentos especiais de descontração, como nossa viagem.

Mãe, você é uma peça fundamental aqui, exemplo de mãe, mulher, amiga e profissional. Você é meu espelho. Quando tudo parece desgovernado e estranho ouvir sua voz e sentir seu abraço me acalma. Sempre lutou para que eu tivesse o melhor, me apoiou nas minhas decisões, me impulsionou para almejar grandes conquistas e sempre esteve presente. Mãe, você me permitiu voar, mas sempre se posicionou na retaguarda, estava pronta para me segurar caso eu caísse, obrigada por isso, obrigada por me amar e por lutar por mim.

Pai, homem sábio, de fala tranquila e com um coração tão grande. Sou grata pelos ensinamentos, pelo incentivo e pela vibração quando soube que tinha passado no mestrado. Por sua dedicação, amor, cuidado, respeito e estrutura que me possibilitou chegar até aqui.

Zé, meu pai também, homem zeloso, seu cuidado com nossa família mostra o seu amor por nós. Agradeço por me acompanhar durante todos esses anos, por me aceitar como filha e estar sempre pronto a ajudar, desde o preparo de um café bem cedo até aos almoços dignos de um chefe.

Aos meus irmãos, a chegada de vocês trouxe brilho e alegria ao nosso lar e me ensinou que viver entre irmãos é uma dádiva de Deus. Carol, minha princesa, irmã e amiga dona de um sorriso e riso encantador, obrigada por todos os momentos que estive ao meu lado, me apoiando e dizendo que tudo ia ficar bem, obrigada por me fazer rir quando mais precisava, e por acreditar em mim, quando nem mesmo eu conseguia. Vinícius, meu querido e doce irmão, você é um joia, na verdade você é o tesouro de todos nós. Obrigada pelos momentos de descontração e por me ensinar um novo mundo, um mundo versátil, cheio de filmes, jogos viciantes e por outro lado cheio de muita música clássica.

Junior, meu companheiro de vida e de alma, sua força e dedicação, sempre me inspiraram, esta conquista é sua também, se não fosse você, talvez este trabalho hoje não existisse, você sempre me incentivou a fazer o melhor, estive ao meu lado desde o momento da primeira prova para entrar no mestrado até os ajustes finais para impressão. Apreendi com você a ver sempre o lado bom das coisas, das pessoas e dos acontecimentos. Meu melhor amigo, meu porto seguro e meu amor, sou grata por ter você.

Ao Sérgio, pai do Junior, de caráter ímpar, exemplo de profissional e de pai. Agradeço o incentivo e as longas conversas que sempre me inspiraram. Obrigada por todos os abraços de pai, os afagos na cabeça e o olhar sincero que diz – vai ficar tudo bem, estou orando por você - Sou grata.

À Equipe do Lanpop, “minhas Lanpop Girls” Beatriz, Julia, Daniele, Aline, Amana, Marcela, Cláudia, Carol e Fernanda, pela parceria, momentos de estudo e trabalho juntos, por todo apoio, preocupação e carinho e pelas divertidas conversas durante o almoço ou cafés. Um agradecimento especial a Camila, pela amizade, companheirismo, apoio e conversas agradáveis.

Aos amigos queridos da pós-graduação Denise, Vicente, Gustavo e Filipe, sou grata por todas conversas no jardim, pelo companheirismo e cuidado.

A Leonor, amiga da pós-graduação para a vida. Um verdadeiro presente de Deus, pessoa incrível de verdadeiro brilho nos olhos quando fala, um coração de ouro e uma doçura grandiosa. A minha amiga Natália, por todo apoio durante o mestrado, sempre paciente e bondosa, tornou-se uma amiga valiosa, além de uma verdadeira inspiração, sempre dedicada e disciplinada. Um presente de Deus.

A Professora Betzabeth por todo cuidado, carinho e amizade. A Professora Tatiana, por me ensinar sobre Epidemiologia e sobre como é lindo fazer o seu trabalho com amor, me inspiro em você. A Professora Carla Enes, responsável por despertar em mim o gosto pela pesquisa e por todo apoio e confiança.

À CAPES, que fomentou o desenvolvimento deste estudo, à faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), a cada professor que contribuiu para minha formação. Sou grata.

EPÍGRAFE

*“Tudo tem seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito
debaixo do céu”.*

Eclesiastes 3.1

*“Mudam-se os tempos, mudam-se as
vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades”.*

Luís de Camões

RESUMO

CUMPIAN-SILVA, J. **Efeito da maturação sexual na avaliação nutricional de adolescentes**. 2017. Dissertação de mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2017.

Introdução - A avaliação do estado nutricional de adolescentes é usualmente realizada com base no índice de massa corporal (IMC) sem levar em consideração a maturação sexual. As alterações da composição corporal se expressam via modificações das características antropométricas, frações corporais e bioquímicas com impactos relevantes na análise do estado nutricional. A elevada variabilidade dessas características leva alguns autores a fundamentar de modo diverso a necessidade de ajuste prévio da maturação sexual para avaliação nutricional de adolescentes. **Objetivo** - Analisar os efeitos das relações entre maturação sexual e variáveis antropométricas, da composição corporal e dos parâmetros bioquímicos sobre o estado nutricional de adolescentes na faixa de 10 a 15 anos. **Métodos**- A amostra foi composta por 833 adolescentes escolares de 10 a 15 anos selecionados por amostragem complexa, residentes em Piracicaba (SP), 2012. Os fenótipos corporais foram inicialmente definidos por análise de componentes principais (ACP) a partir de dados antropométricos (massa corporal, altura, dobras cutâneas e circunferência da cintura), composição corporal (ângulo de fase), bioquímicos (triglicerídeos, glicose, razão colesterol total/LDL e hemoglobina), maturação sexual (auto-classificação segundo critério proposto por Tanner) e demográficos (sexo e idade). Esta primeira ACP apresentou caráter descritivo, para reconhecer a formação dos fenótipos corporais. Posteriormente, as variáveis de maturação sexual foram retiradas da ACP e aplicou-se novamente a ACP com as demais variáveis, os componentes gerados na ACP foram considerados desfechos na análise dos efeitos mistos para dimensionar o efeito da interferência da maturação sexual sobre os fenótipos corporais. No primeiro nível da análise utilizou-se sexo como ajuste. No segundo nível do modelo utilizou-se as variáveis de maturação sexual, e como ajuste idade, sexo e escore socioeconômico. **Resultados** – Na primeira ACP foram definidos 4 fenótipos corporais: FC1 composto por dobras cutâneas, massa corporal e circunferência da cintura (expressão de gordura e volume corporal); FC2 composto por maturação sexual (pelos pubianos, mama e gônada), altura e idade (expressão do eixo cronológico); FC3 composto por colesterol e triglicerídeos (expressão de marcadores metabólicos associados à gordura corporal) e FC4 composto por ângulo de fase, hemoglobina e glicose (carga fatorial negativa) (expressão de marcadores metabólicos associados à massa magra). Na segunda ACP manteve-se a formação de 4 fenótipos corporais: FC1 apresentou a mesma formação, com a inclusão da hemoglobina com carga negativa; FC2 inclusão da massa corporal, ângulo de fase e hemoglobina; FC3 triglicerídeo, colesterol, hemoglobina e ângulo de fase e FC4 triglicerídeo, glicose e carga negativa para hemoglobina. O único fenótipo corporal que se associou à maturação sexual foi o FC2, também associado à altura e idade. Esse fenótipo expressa o crescimento físico e

composição corporal típicos da puberdade. Com a análise dos efeitos mistos mostramos que a maturação sexual explica 78% do FC2, enquanto para FC1 31% FC3 0,59% e FC4 1,06% para pelos pubianos, para gônada e mama a maturação sexual explica 73% do FC2, enquanto para FC1 2,45% FC3 0,25% e FC4 6,9%. **Conclusões** - O uso dos fenótipos corporais indica a independência da avaliação nutricional na adolescência com relação à maturação sexual.

Descritores: Adolescentes; Avaliação Nutricional; Maturação Sexual; Composição Corporal; Biomarcadores.

ABSTRACT

CUMPIAN-SILVA, J. **Effect of sexual maturation on the nutritional assessment of adolescents**. 2017. Dissertation - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Portuguese.

Introduction - Analysis of nutritional status of adolescents is usually based on body mass index (BMI) without taking to account sexual maturation. Changes in body composition are expressed via modifications of anthropometric characteristics, body and biochemical fractions with relevant impact on the analysis of the nutritional status. The high variability of these features takes some authors to substantiate otherwise the need for prior adjustment of sexual maturation for nutritional assessment of adolescent. **Objective** - To analyze the effects of the relationships between sexual maturation and anthropometric variables, body composition and biochemical parameters about the nutritional status of adolescents from 10 to 15 years. **Methods** - The sample was composed by 833 school teenagers of 10 to 15 years selected by complex sampling, living in Piracicaba (SP), 2012. The body phenotypes were defined by principal component analysis (PCA) from anthropometric data (body mass, height, skinfolds and waist circumference), body composition (phase angle), biochemical (triglycerides, glucose, total cholesterol/LDL and hemoglobin), sexualmaturation (self-assessment criterion proposed by Tanner) and demographic (sex and age). This first ACP presented descriptive character, to recognize the formation of the corporal phenotypes. Subsequently, the sexual maturation variables were withdrawn from the ACP and re-applied to the ACP with the other variables, the components generated in the ACP were considered outcomes in the analysis of the mixed effects to measure the effect of the sexual maturation interference on the body phenotypes. In the first level of analysis we used the body phenotypes as outcome and sex as. In the second level of the model using the sexual maturation, and variables as age, sex and socioeconomic score. **Results** – The first 4 body phenotypes were defined: FC1 composed by skinfolds, body weight and waist circumference (FAT expression and body volume); FC2 composed by sexual maturation (pubic hair, breast and gonad), height, and age (chronological axis expression); FC3 composed by cholesterol and triglycerides (expression of metabolic markers associated with body fat) and FC4 composed by phase angle, hemoglobin and glucose (factorial a negative load) (expression of metabolic markers associated with lean body mass). In the second PCA, the FC showed the same composition: FC1 presented the same formation, with the inclusion of hemoglobin with negative loading; FC2 inclusion of body mass, phase angle and hemoglobin; FC3 triglyceride, cholesterol, hemoglobin and phase angle and FC4 triglyceride, glucose and negative loading to hemoglobin. The only body which phenotype was associated to sexual maturation was the FC2, also associated with height and age. This phenotype is the physical growth and body composition typical of puberty. With the analysis of the mixed effects we show that sexual maturation explains 78% of FC2, while for FC1 31% 0.59% FC3 and FC4 1.06% to

pubic hair, for gonad and sexual maturation breast explains 73% of FC2, while for FC1 2.45% 0.25% and FC3 FC4 6.9%. **Conclusions** – The use of body phenotypes indicates the independence of nutritional assessment in adolescence in relation to sexual maturation.

Descriptors: Adolescent; Nutritional Assessment; Sexual Maturation; Body Composition; Biomarkers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 MATURAÇÃO SEXUAL: DESAFIO PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL NA ADOLESCÊNCIA	19
1.2 MATURAÇÃO SEXUAL – CONCEITOS E DEFINIÇÕES	23
1.2.1 Eixos hormonais associados à maturação sexual	25
1.3 JUSTIFICATIVA	26
2 OBJETIVOS	27
2.1 GERAL	27
2.2 ESPECÍFICOS	27
3 MÉTODOS	28
3.1 FONTE DOS DADOS	28
3.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	29
3.3 POPULAÇÃO DE ESTUDO	33
4 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO ESTUDO	34
4.1 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA MATURAÇÃO SEXUAL E VARIÁVEIS UTILIZADAS NO ESTUDO	35
4.2 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL	36
4.3 ANÁLISES BIOQUÍMICAS	38
4.4 ESCORE DA RIQUEZA DOMICILIAR	38
5 PREPARAÇÃO DOS DADOS	40
5.1 MÉTODO DE IMPUTAÇÃO POR <i>PREDICTIVE MEAN MATCHING</i>	41
6 ANÁLISE DOS DADOS	43
6.1 ANÁLISE DESCRITIVA	43
6.2 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS	44
6.3 MODELO DE REGRESSÃO LINEAR DE EFEITOS MISTOS	49
7 ASPECTOS ÉTICOS	54
8 RESULTADOS	55
8.1 RESULTADOS DESCRITIVOS	55
8.2 FENÓTIPOS CORPORAIS	59
8.2.1 Análise descritiva dos fenótipos corporais	59
8.2.2 Análises de associações dos fenótipos corporais	63
8.3 MODELO DE EFEITOS MISTOS	69

9 DISCUSSÃO	73
9.1 FENÓTIPOS CORPORAIS E EFEITO DA MATURAÇÃO SEXUAL	73
9.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DO ESTADO NUTRICIONAL DE ADOLESCENTES.....	81
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
11 REFERÊNCIAS.....	86
12 ANEXOS	98
Anexo 1 - Estágios de maturação sexual em meninas, segundo Tanner, 1962.	98
Anexo 2 - Estágios de maturação sexual em meninos, segundo Tanner, 1962.	99
13 APÊNDICES	102
Apêndice2 - Análise dos principais componentes, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual.	107
Apêndice3 - Análise dos principais componentes utilizada no modelo final de análise, a partir de dados antropométricos, da composição corporal e marcadores bioquímicos.....	110
Apêndice4 - Análise dos principais componentes com a variável sexo isolada, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual, para meninos.....	114
Apêndice5 - Análise dos principais componentes com a variável sexo isolada, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual, para meninas.....	118
Apêndice 6 - Análise dos principais componentes no estudo populacional norte americano (NHANES III) a partir de dados antropométricos, composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual.....	121
Apêndice 7 - Análise dos principais componentes no estudo populacional norte americano (NHANES III) a partir de dados antropométricos, composição corporal e marcadores bioquímicos.	125
14 CURRÍCULO LATTES	131
14.1 Jéssica Cumpian Silva.....	131
14.2 Prof. Dr. Wolney Lisboa Conde	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição da configuração das variáveis utilizadas no estudo, segundotratoamento, unidade, bloco pertencente e fonte. Piracicaba, SP, 2012.	97
Tabela 2	Variáveis utilizadas no estudo, segundo condição de interesse. Piracicaba, SP, 2012.	36
Tabela 3	Descrição das medidas antropométricas, precisão dos equipamentos utilizados e referência da padronização das mensurações realizadas no estudo Piracicaba, SP, 2012.	38
Tabela 4	Descrição dos dados bioquímicos, método analítico e referência, utilizados para os parâmetros bioquímicos no estudo Piracicaba, SP, 2012.	39
Tabela 5	Frequência (%) de dados imputados em cada bloco de variáveis utilizadas no estudo. Piracicaba, SP, 2012.	42
Tabela 6	Distribuição das médias e intervalo de confiança (IC) de idade, IMC, altura e massa corporal, segundo estágio de maturação sexual em ambos os sexos. Piracicaba, SP, 2012.	54
Tabela 7	Frequência (%) dos estágios de maturação sexual, segundo Tanner, em ambos os sexos. Piracicaba, SP, 2012.	55
Tabela 8	Correlação das variáveis antropométricas, composição corporal, maturação sexual, parâmetros bioquímicos e idade em ambos os sexos, feminino na parte superior e masculino na parte inferior da tabela. Piracicaba, SP, 2012.	56
Tabela 9	Descrição dos fenótipos corporais estimados em análise multivariada, para caracterização do estado nutricional em adolescentes com as variáveis de maturação sexual. Piracicaba, SP, 2012.	59

Tabela 10	Descrição dos fenótipos corporais estimados em análise multivariada, para caracterização do estado nutricional em adolescentes sem as variáveis de maturação sexual. Piracicaba, SP, 2012.	60
Tabela 11	Correlação dos fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] estimados em análise dos principais componentes e variáveis antropométricas, da composição corporal, maturação sexual e parâmetros bioquímicos. Piracicaba, SP, 2012.	118
Tabela 12	Coeficientes dos modelos de efeitos mistos para distribuição de pelos pubianos, expressos nos cinco estágios de maturação, para os quatro fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] em adolescentes de 10 a 15 anos. Piracicaba, SP, 2012.	69
Tabela 13	Coeficientes do modelo de efeitos mistos para desenvolvimento de gônada e mama, expressos nos cinco estágios de maturação, para os quatro fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] em adolescentes escolares de 10 a 15 anos. Piracicaba, SP, 2012.	70

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 Descrição do desenvolvimento genital em ambos os sexos, 94
segundo Tanner, (1962).
- Quadro 2 Descrição do desenvolvimento de pelos pubianos em ambos os 95
sexos, segundo Tanner, (1962).

LISTA DE FIGURAS

Figura1	Distribuição amostral em dois estratos nas escolas participantes do estudo na cidade de Piracicaba, SP, 2012.	32
Figura2	Descrição das ondas amostrais utilizada neste estudo na cidade de Piracicaba, SP, 2012.	33
Figura3	Descrição amostral do presente estudo, Piracicaba, SP, 2012.	34
Figura4	Síntese do fluxo analítico do presente estudo.	99
Figura5	Síntese do modelo conceitual do presente estudo para análise empírica dos fatores associados ao estado nutricional de adolescentes.	52
Figura6	Modelo conceitual analítico operacional dos fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] obtidos na ACP representativos da avaliação do estado nutricional de adolescentes, construída por modelo de efeitos mistos.	100
Figura 7	Associação dos fenótipos corporais estimados em análise dos componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012	117
Figura 8	Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal da maturação sexual [FC2], estimados em análise dos componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.	62
Figura 9	Associação do fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e fenótipo corporal bioquímico [FC3], estimados em análise dos componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.	62
Figura 10	Associação do fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e fenótipo da composição corporal e bioquímicos [FC4], estimados em análise dos componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.	63

Figura 11 Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal 65
da maturação sexual e obesidade, segundo IMC. Piracicaba, SP,
2012

Figura 12 Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal 65
da maturação sexual [FC2] e classificação de obesidade.
Piracicaba, SP, 2012.

SIGLAS E SÍMBOLOS UTILIZADOS

ACP	Análise dos Componentes Principais
ACTH	Hormônio Adrenocorticotrófico
AGE_MS	Variável idade com intervalo entre 10-15 anos
BIA	Impedância Bioelétrica
CC	Circunferência da Cintura
CPV	Coeficiente de Partição da Variância
DCS	Dobra cutânea Subescapular
DCT	Dobra Cutânea do Tríceps
FC	Fenótipo Corporal
FSH	Hormônio Folículo Estimulante
GH	Hormônio de Crescimento
GM_STAGE	Variável de desenvolvimento de mama e gônada, segundo proposta de Tanner
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
HB	Hemoglobina
HDL	Lipoproteína de Alta Densidade
HHG	Hipotálamo-hipófise-gônada
IC	Intervalo de Confiança
ICC	Coeficiente de Correlação Intra-Classes
IMC	Índice de Massa Corporal
IOTF	International Obesity Task Force
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
LH	Hormônio Luteinizante
OMS	Organização Mundial da Saúde
P_STAGE	Variável de desenvolvimento de pelos pubianos para ambos os sexos, segundo proposta de Tanner
PMM	Predictive Mean Matching
R_CH	Razão Colesterol Total
TRIGLIC	Triglicerídeos
WHO	World Health Organization

Sexo Masculino

Sexo Feminino

1 INTRODUÇÃO

1.1 MATURAÇÃO SEXUAL: DESAFIO PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL NA ADOLESCÊNCIA

O estado nutricional é considerado um dos principais indicadores das condições de vida e de saúde da população. Na infância e na adolescência, a avaliação do estado nutricional tem como objetivo verificar o crescimento e as proporções corporais em indivíduos ou populações, para que intervenções possam ser realizadas, levando-se em consideração a padronização da avaliação, de grande importância para cada grupo populacional (LOHMAN e GOING, 2006).

A análise do estado nutricional de adolescentes é usualmente realizada com base no índice de massa corporal (IMC), atualmente sem levar em consideração as etapas da maturação sexual. Nesta faixa etária, a composição corporal, em especial o tecido adiposo, varia em função das idades de início e término da puberdade e da velocidade do crescimento físico (COLE et al. 2000).

As alterações da composição corporal na adolescência se expressam via modificações das características antropométricas, frações corporais e bioquímicas com impactos relevantes sobre a análise do estado nutricional (VITOLO et al. 2007). A elevada variabilidade dessas frações da composição corporal observada nessa etapa do ciclo vital leva alguns autores a fundamentar e se posicionar de modo diverso a necessidade de ajuste prévio da maturação sexual para avaliação nutricional de adolescentes (COLE et al. 2000).

Os principais argumentos contrários ao ajuste pela maturação sexual são: 1) o crescimento e o desenvolvimento puberal são processos altamente regulados biologicamente e, nesse sentido, a variabilidade intra-estágio de maturação sexual não é intensa a ponto de modificar a classificação do estado nutricional entre os estágios; 2) a obesidade ou excesso de massa corporal estão associados à precocidade da maturação sexual, mas não às

diferenciações entre os estágios; 3) a tendência secular do IMC, no entanto, não explica isoladamente a tendência secular da precocidade da maturação sexual; 4) estima-se que diferenças inferiores a 2 anos entre a média de idade da maturação sexual de uma população estudada e da população de referência não irão introduzir distorções na avaliação do estado nutricional dos indivíduos analisados (COLE et al. 2000; LOHMAN e GOING, 2006; COLE e LOBSTEIN, 2012).

Durante a puberdade o processo de crescimento físico altera de maneira expressiva as relações entre as frações corporais e a altura, estas diferenças se caracterizam pela expansão não sincronizada das dimensões corporais, resultando no dimorfismo sexual e variação entre idades. Por esta razão, o ajuste da relação entre massa corporal e altura necessita considerar três parâmetros: altura, a idade e o sexo (KARLBERG 2002, 2003; LEBIEDOWSKA et al. 2008).

O aumento da massa corporal e o ganho de altura como função da idade ao longo da adolescência é um desafio para o processo de avaliação do estado nutricional, especialmente a avaliação nutricional baseada em índices que utilizem duas dimensões, como por exemplo, o IMC. Em adolescentes dois vetores dinâmicos são responsáveis por modificações corporais: a) o vetor cronológico, representado pela idade; b) vetor biológico, representado pelo tempo, que explica a velocidade do crescimento físico e somático (GOULD, 1971; GÜNTHER e MORGADO, 1982).

Estudos apontam a massa corporal como um expressivo modificador dos parâmetros e indicadores da maturação sexual, portanto a questão chave para análise das diferenças antropométricas é a variação da massa corporal ao longo dos estágios de maturação sexual e entre os mesmos. (MUL et al. 2001; TALMA et al. 2003; FREDRIKS et al. 2000; 2003).

Na posição oposta, os principais argumentos a favor do ajuste pela maturação sexual são: 1) na fase pré-púbere de adolescentes com puberdade precoce existe aumento da espessura das dobras cutâneas e da massa corporal, portanto o ajuste contribuiria para correta classificação do estado nutricional,

levando em consideração as modificações corporais precoces causadas pela maturação sexual; 2) o IMC varia significativamente entre os estágios da maturação sexual, destacadamente no sexo feminino; e algumas medidas antropométricas como altura, circunferência da cintura e massa corporal variam entre os estágios de maturação sexual; 3) existe associação positiva entre a maturação sexual precoce e o excesso de massa corporal em adolescentes, principalmente para o sexo feminino; 4) a variabilidade do acúmulo de gordura corporal está relacionada às idade de início e término da puberdade, sua velocidade e inter-relações (BINI et al. 2000; WANG, 2006, BARBOSA et al. 2006; ONIS et al. 2007).

Os autores que defendem o ajuste prévio acreditam que é necessário desenvolver uma referência para avaliação nutricional de adolescentes que inclua a maturação sexual, já que as medidas antropométricas e da composição corporal isoladamente sofrem alterações mediante a etapa da maturação sexual que o adolescente se encontra (WANG et al. 2006; BUTTE et al. 2006).

STEPHEN et al. (2008), YANG et al. (2002) e LEE et al. (2010) questionam a utilização do IMC para avaliar o estado nutricional de adolescentes e propõe que a maturação sexual é a melhor forma de avaliação. Nos estudos a relação entre IMC e gordura corporal apresentou dependência do estágio de maturação sexual, raça, sexo e relação cintura e quadril. Além disso, os autores concluem que a gordura corporal e o IMC serão diferentes dependendo do estágio de maturação sexual do adolescente.

Para alguns autores existe a possibilidade do IMC ser superestimado na adolescência, principalmente quando o adolescente inicia a maturação sexual precocemente. Para controlar essa superestimação, deveria considerar a etapa de maturação sexual e descartar a utilização da idade cronológica, já que existem diferenças significativas entre adolescentes com a mesma faixa etária e estágios de maturação sexual (SORENSEN et al. 2010; JUUL et al. 2007).

Outros estudos semelhantes aos apresentados anteriormente destacam que a maturação sexual deve ser considerada no momento de diagnóstico nutricional, e concluem que sem o ajuste prévio à maturação sexual

erros de classificação do estado nutricional são comuns mediante ao uso do IMC tradicional (JUUL et al., 2007; AKSGLAEDE, 2009; SORENSEN et al., 2010).

Na literatura existe também divergências conceituais sobre o efeito da maturação sexual sobre alterações nos parâmetros bioquímicos. Alguns autores acreditam que o ganho de massa muscular e gordura corporal possui relação com as alterações bioquímicas de hemoglobina, colesterol, triglicerídeo e glicose durante a puberdade, em ambos os sexos (FREEDMAN et al. 2001; FRUTUOSO et al. 2003; CASTILHO et al. 2005; PINTO et al. 2010). Em posição oposta, no estudo de BURROWS et al. (2005) não foi encontrada associação entre alterações na glicemia e triglicerídeos e maturação sexual. A associação encontrada foi entre a quantidade e a distribuição de gordura corporal e alterações nas frações lipídicas e glicídicas.

As incertezas e preocupações por parte da comunidade científica estão, em parte, explicadas pelo número limitado de evidências disponíveis para cotejar em larga escala os problemas levantados por alguns autores.

Existem outras teorias sobre o efeito da maturação sexual sobre a composição corporal de adolescentes: **a)** o ambiente exerce influência sobre a maturação sexual por meio da saúde, situação socioeconômica e nutricional, por isso identificamos mudanças significativas na tendência secular da puberdade (FREDRIKS, 2003); **b)** as diferenças do início da puberdade por meio dos caracteres secundários influenciam na composição corporal. Por exemplo, as meninas que iniciam o processo de maturação sexual através do desenvolvimento das mamas apresentam IMC e proporção de gordura significativamente maiores quando comparadas as meninas que iniciam a puberdade por meio do desenvolvimento dos pelos pubianos. Deste modo, o IMC observado no início da puberdade influencia o tipo de desenvolvimento puberal que o adolescente iniciará o processo (HERMAN-GIDDENS, 1997, 2001; 2005); **c)** a ativação, desativação e interações entre os eixos hormonais responsáveis pelas alterações observadas em adolescentes são mais importantes que a distribuição de gordura corporal e os principais efeitos na composição corporal (SULIGA, 2009); **d)** teoria do peso crítico é utilizado na

literatura para dimensionar o tamanho do efeito do peso sobre a maturação sexual. Esse peso crítico seria responsável por provocar alterações metabólicas que afetaria o hipotálamo diminuindo a sensibilidade ao estrogênio, desta forma, ativaria o eixo de gonadotrofinas para indução da menarca e outros marcadores do início da maturação sexual (BIRO et al., 2003).

1.2 MATURAÇÃO SEXUAL – CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) a adolescência compreende a faixa etária de dez a dezenove anos (WHO, 1995). Essa fase pode se manifestar em momentos e formas diferentes para cada indivíduo. A adolescência contempla os aspectos psicológicos e sociais, sendo sujeito a influências culturais. É também um período de mudanças, o que a torna difícil, existem grandes expectativas depositadas nesta fase e os conflitos acompanham todas essas modificações (MARCONDES et al. 2002; MEDEIROS, 2014).

A puberdade ocorre na adolescência e é definida como um processo fisiológico de maturação hormonal, crescimento esquelético linear, crescimento somático, aparecimento dos caracteres sexuais secundárias e desenvolvimento da capacidade de reprodução. A maturação sexual é definida como a realização da capacidade sexual plena em animais e em seres humanos (THOMIS e TOWNE, 2006).

A puberdade é dividida em dois grandes grupos de transformação: as características sexuais primárias e as secundárias. As características sexuais primárias são relacionadas com a reprodução e responsáveis pelo desenvolvimento nas meninas dos ovários, útero e vagina; nos meninos testículos, próstata e produção de espermatozoide. As características sexuais secundárias dizem respeito às mudanças que são notadas externamente e estão relacionadas ao desenvolvimento de seios e pelos pubianos nas meninas e pênis, pelos faciais, pelos pubianos e modificação da voz nos meninos (THOMIS e TOWNE, 2006; ROMAN et al. 2009).

A puberdade para as meninas se inicia com o aumento das glândulas mamárias que ocorre entre 8 e 12 anos. Depois surgem os pelos pubianos e por último a menarca. Nos meninos o desenvolvimento puberal inicia entre 9 e 13 anos com o aumento do volume testicular, seguido pelo aparecimento dos pelos pubianos, aumento do pênis, surgimento de pelos faciais e alteração do timbre de voz (TANNER, 1962).

REYNOLDS e WINE (1948) foram os primeiros autores a diferenciar os estágios de maturação sexual. Entretanto a divulgação da avaliação de maturação sexual foi realizada por TANNER (1962) que desenvolveu um sistema de fotografias para determinação dos estágios de desenvolvimento baseado na distribuição dos pelos pubianos em ambos os sexos, desenvolvimento mamário para as meninas e desenvolvimento da gônada para os meninos. O detalhamento das características físicas de cada estágio da maturação sexual em ambos os sexos, segundo Tanner, estão apresentados nos anexos 1 e 2 e em anexo nos quadros 1 e 2 (MARSHALL e TANNER, 1969; MARSHALL e TANNER, 1970; CASTILHO e BARROS, 2005).

A avaliação da maturação sexual é um importante método para diagnóstico de adequação no desenvolvimento físico em adolescentes, é aplicada tanto em estudos populacionais quanto no atendimento clínico, e pode ser realizada de duas formas distintas, a avaliação direta e a autoclassificação. A avaliação direta é realizada por um médico especializado e devidamente treinado, já a autoclassificação, o adolescente deve indicar qual estágio se assemelha ao que se encontra. Ambos os métodos possuem limitações e devem ser realizados de forma cuidadosa, em ambientes próprios, evitando o constrangimento do adolescente e mantendo a privacidade (FARIA et al. 2013).

A avaliação direta da maturação sexual é feita por inspeção visual ou palpação, esta última nos meninos com o uso comparativo de orquidômetro (para testículos), que aumentam a exatidão e precisão, principalmente em estudos populacionais que contam com um número grande de avaliadores, essa técnica minimiza erros inerentes ao avaliador e aumenta a confiabilidade inter e intra-avaliador (MALINA e BOUCHARD, 1991).

A autoclassificação é uma técnica válida para avaliação da maturação sexual, apresenta validade e reprodutividade alta, podendo ser aplicada a partir dos 6 anos de idade. Mesmo sendo uma técnica subjetiva, ou seja, depende do olhar do adolescente, a autoclassificação se assemelha a avaliação direta em estudos que compararam a eficácia das mesmas. Além disso, a OMS recomenda o uso da autoclassificação em estudos populacionais, pois diminui custos e é mais viável considerando barreiras psicossociais (PARENT et al. 2003; WHO, 2005).

1.2.1 Eixos hormonais associados à maturação sexual

O eixo hipotálamo-hipófise-gônada (HHG) é ativo durante o desenvolvimento fetal e neonatal e, em seguida, entra numa fase de repouso, que dura da infância até a puberdade. A puberdade começa com a reativação do eixo HHG e com a secreção do hormônio hipotalâmico GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas), das gonadotrofinas LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio folículo estimulante) e dos esteroides sexuais (estradiol ou testosterona), todos esses hormônios resultam na puberdade, tanto externas (desenvolvimento de mamas, aumento dos genitais) como internas (modificações de útero, ovários e testículos) (PAPER et al. 2013). Os pelos pubianos se desenvolvem de modo diferente, através do efeito dos androgênios secretados pelas glândulas adrenais, estudos mostram que o aumento de gordura corporal favorece a ativação da secreção androgênica (CONDORELLI et al. 2014).

Outro eixo hormonal é o GH-IGF-I responsável pela liberação do hormônio de crescimento (GH), esse eixo também exerce a função de estimulador de GnRH. Na puberdade há aumento de aproximadamente 2,5 a 3,5 vezes na secreção de GH e IGF-I que aumentam com a idade e diminuiu no início da vida adulta (MURRAY e PETER, 2013).

Alterações nos níveis de hormônios podem influenciar na maturação biológica, por exemplo, idade óssea, características sexuais secundárias e

estirão de crescimento. Toda liberação de hormônios citadas resulta em esteróides sexuais, ou seja, testosterona para meninos e estradiol para as meninas, que são responsáveis pelas modificações morfológicas do período puberal. A explicação sintetizada pode ser visualizada em apêndice 1 (HELLHAMMER et al. 2009; DAUGHADAY, 2000; CHROUSOS et al. 2009).

1.3 JUSTIFICATIVA

O estado nutricional na adolescência é, tradicionalmente, definido a partir de um indicador da massa corporal. Ao longo da adolescência, e em especial durante a maturação sexual, a massa corporal apresenta expressiva variação em sua composição (COLE et al. 2000). Essa variabilidade tem potencial para alterar a associação convencional entre aumento da massa corporal, da adiposidade, e risco à saúde. A unidimensionalidade dos indicadores nutricionais tradicionais como, por exemplo, o IMC torna mais complexa a interpretação das mudanças antropométricas, da composição corporal ou bioquímicas ao longo da maturação sexual.

A análise multivariada do estado nutricional permite integrar as múltiplas interações entre o fenômeno da maturação sexual e o processo do crescimento físico bem como a análise de seus determinantes antropométricos, da composição corporal ou parâmetros bioquímicos sobre o estado nutricional dos adolescentes. Este estudo é inovador na área de nutrição, por considerar a ideia multidimensional da avaliação nutricional de adolescentes, outros estudos utilizaram análise multivariada em relação a parte de composição corporal somente para dimensão dos ossos da perna. Além disso, este estudo mostra a possível explicação para as divergências encontradas na literatura sobre o ajuste do IMC através dos estágios de maturação sexual.

A temática deste estudo é importante para compreender possíveis erros de diagnóstico do estado nutricional de adolescentes quando se leva em consideração índices nutricionais baseados em um único indicador.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar os efeitos das relações entre maturação sexual e variáveis antropométricas, da composição corporal e dos parâmetros bioquímicos sobre o estado nutricional de adolescentes na faixa de 10 a 15 anos.

2.2 ESPECÍFICOS

- Definir fenótipos corporais a partir de variáveis que representem parâmetros antropométricos, da composição corporal, maturação sexual e marcadores bioquímicos.
- Avaliar os efeitos da maturação sexual sobre os fenótipos corporais observados na faixa etária de 10 a 15 anos em ambos os sexos.

3 MÉTODOS

3.1 FONTE DOS DADOS

O presente estudo utilizará dados de 833 adolescentes escolares do município de Piracicaba-SP. Este estudo transversal tem como fonte o estudo citado detalhadamente abaixo.

Os dados populacionais utilizados neste estudo são oriundos do estudo transversal ***Determinantes do risco de obesidade entre adolescentes a partir de inquérito de escolares com amostra mista: transversal e longitudinal***, realizado no ano de 2012 com adolescentes escolares da cidade de Piracicaba-SP. O objetivo principal do estudo foi investigar os determinantes ambientais e sociais da obesidade e do ganho de massa corporal entre adolescentes escolares. Esse projeto foi financiado pela FAPESP sob o processo nº 2012/01283-3.

Este estudo de 2012 é, de fato, a terceira onda de estudos em Piracicaba, realizados pelo mesmo grupo de pesquisa. A primeira e segunda ondas foram realizadas em 2005 e 2009, respectivamente. Todos os estudos desenvolvidos em Piracicaba investigaram o estado de saúde e nutrição de adolescentes, em blocos de questionários distintos: comportamental, atividade física, alimentação, maturação sexual, antropometria, composição corporal, parâmetros bioquímicos e socioeconômicos (ROMERO et al. 2010).

As duas primeiras ondas foram realizadas em amostra de escolas governamentais. A onda de 2009 foi realizada apenas para alunos da 5ª a 9ª série. Em 2012 a amostra foi ampliada para incluir: a) as demais séries das mesmas escolas governamentais amostradas em 2009 e b) as escolas particulares do município. Nesse novo desenho as escolas particulares passaram a compor um novo estrato. Dessa forma as mesmas regras probabilísticas utilizadas para o sorteio das escolas governamentais (PERES et al. 2012) foram utilizadas para o sorteio das escolas particulares e, dentro dos estratos de escolas governamentais e particulares, para sortear as novas turmas.

Do ponto de vista prático a amostra de 2012 foi uma expansão das amostras de 2005 e 2009.

A coleta de dados foi realizada com a aplicação de questionários preenchidos de forma mista: demográficos e socioeconômicos foram perguntados por entrevistadores capacitados da pesquisa. Os blocos de maturação sexual e comportamento foram auto-preenchidos, posteriormente explicaremos a validação do método de auto-avaliação para avaliar os estágios de maturação sexual. As medidas de massa corporal e altura foram aferidas durante a entrevista. A coleta de sangue foi realizada na própria unidade de ensino por enfermeiras habilitadas para tal procedimento.

3.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O processo de amostragem do estudo em 2012 incluiu as mesmas 24 escolas públicas de 2009 e mais 5 escolas particulares. Todas as escolas foram organizadas em dois estratos geográficos denominados centro e não centro. O novo sorteio probabilístico e estruturado em múltiplos estágios obteve cobertura municipal, estimada em 2000 adolescentes escolares de ambos os sexos, matriculados em escolas públicas e privadas da cidade de Piracicaba – SP. A amostra do estudo realizado em 2012 foi planejada como uma expansão da amostra de escolas públicas no inquérito realizado em 2009.

Para expansão da amostra no estudo de 2012 levou-se em consideração o primeiro estágio com os anos escolares, dentro dos estratos, desta forma na rede pública e particular foram incluídos os adolescentes dos 5º a 9º anos do ensino fundamental e dos 1º e 3º anos do ensino médio. As escolas do projeto de 2005 consideraram apenas 5º a 9º ano.

No segundo estágio considerou-se as turmas alocadas em cada série. Todos os adolescentes obtiveram as mesmas chances de participar do estudo de 2012. Para seleção dos adolescentes utilizou-se o método de amostragem sistemática, onde as escolas foram ordenadas segundo regiões (centro e não centro). Nesta etapa foram sorteadas as séries e conseguinte os alunos. Uma lista dos alunos foi disponibilizada pela escola e a cada três escolhia-se um para participar do estudo. A amostra deste estudo foi constituída para representar a população de adolescentes escolares da cidade de Piracicaba – SP.

A figura 1 sintetiza o processo de amostragem dos estudos de 2009 e 2012 na cidade de Piracicaba.

A figura 2 apresenta a descrição da amostra utilizada no presente estudo, considerando as amostras anteriores realizadas na cidade de Piracicaba-SP.

Figura 1 – Distribuição amostral em dois estratos nas escolas participantes do estudo na cidade de Piracicaba, SP, 2012.

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017.

Centro

Não Centro

Figura 2 - Descrição das ondas amostrais utilizada neste estudo na cidade de Piracicaba, SP, 2012.

Notas:

(1)Ensino Fundamental

(2)Ensino Médio

3.3 POPULAÇÃO DE ESTUDO

No presente estudo foram utilizados os blocos de maturação sexual, antropometria, composição corporal, parâmetros bioquímicos e socioeconômicos. A amostra final para o presente estudo foi composta por 833 adolescentes, sendo 43,1% meninos e 56,9% meninas. A amostragem contou, com o sorteio adicional de 10% prevendo as recusas e perdas. O critério de inclusão para o estudo foi: adolescentes com idade entre 10 a 15 anos, grupo etário no qual foi aplicado o questionário de maturação sexual.

A figura 4 descreve a amostra utilizada, com o critério de inclusão para o presente estudo.

Figura 3- Descrição amostral do presente estudo, Piracicaba, SP, 2012.

4 DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO ESTUDO

As variáveis utilizadas nas análises são apresentadas na tabela 1 em apêndices, conforme o bloco a que pertencem e à fonte dos dados (variáveis originalmente presentes no banco de dados, ou variáveis criadas/modificadas a partir de outras variáveis preexistentes).

A escolha das variáveis para o estudo contemplou aquelas presentes no modelo de avaliação do estado nutricional usualmente utilizadas, o qual é baseado em variáveis antropométricas, composição corporal e parâmetros bioquímicos.

A tabela 2 identifica as variáveis elencadas do estudo, segundo condições de interesses, classificadas como dependentes e independentes.

Tabela 2 - Variáveis utilizadas no estudo, segundo condição de interesse. Piracicaba, SP, 2012.

Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Variáveis Antropométricas	Variáveis da Maturação Sexual
Altura	Pelos pubianos ♂
Massa corporal	Desenvolvimento Genitália
Dobra cutânea tricipital	
Dobra cutânea subescapular	Pelos pubianos ♀
Circunferência da cintura	Desenvolvimento das mamas
Variáveis Bioquímicas	Outras Variáveis
Colesterol total	Escore socioeconômico
Glicose	Idade
Triglicerídeos	Sexo
Hemoglobina	Série escolar
Variáveis da Composição Corporal	Identificação da escola
Ângulo de fase	

4.1 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA MATURAÇÃO SEXUAL E VARIÁVEIS UTILIZADAS NO ESTUDO

A referência utilizada para a avaliação da maturação sexual foi a proposta por Tanner (MARSHALL e TANNER 1969,1970). Essa proposta é baseada nos estágios de pelos pubianos para ambos os sexos, da mama para as meninas e da genitália para os meninos. A avaliação foi realizada por autoclassificação, a partir de pranchas ilustrativas contendo as cinco fases de cada um dos três critérios (pelo pubiano, gônada e mama). Cada adolescente escolheu um dos cinco estágios de maturação para cada critério.

A autoclassificação é recomendada para estudos populacionais mesmo sendo subjetiva, por ser muito útil em situações que complicam a inspeção da genitália durante o exame clínico, como por exemplo:

constrangimento do adolescente, fatores emocionais, fatores culturais, instalações inadequadas, entre outros.

Alguns pontos limitantes nessa metodologia podem influenciar a variabilidade dos resultados, como: o reconhecimento do corpo, noções de autoimagem e gráfica do desenho aplicado (CHAN et al., 2008; FARIA et al., 2013). Apesar das limitações apresentadas anteriormente em amostras populacionais a autoclassificação apresenta bons resultados. Estudos como de CHAN (2008) e MARTIN (2001) compararam autoclassificação por desenhos explicativos dos estágios de Tanner e avaliação clínica por médicos treinados e observaram que o uso de fotos explicativas obteve melhor correlação. Além disso, a avaliação da maturação sexual por diferentes profissionais de saúde, tendem às diferenças entre os mesmos.

As variáveis relacionadas a maturação sexual utilizadas no presente estudo foram três: a primeira, que descreve a evolução dos pelos pubianos em ambos os sexos; a segunda, que descreve o desenvolvimento das mamas em meninas ou o desenvolvimento da gônada em meninos. A terceira variável expressa o espectro de todas as combinações entre os estágios de pelo e mama/gônada observadas nas duas variáveis anteriores.

4.2 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

A massa corporal foi aferida em balança eletrônica, do tipo plataforma com o adolescente vestindo calças (tipo jeans) e camisetas. A altura foi medida em estadiômetro portátil. A partir das medidas de massa corporal e altura foi calculado o IMC ($\text{kg/altura}^2(\text{m}^2)$). Todas as medidas antropométricas foram realizadas em duplicata e baseadas nos procedimentos recomendados no Manual de Referência para Padronização de Medidas Antropométricas (LOHMAN, 1988). A descrição da precisão das medidas antropométrica e sua referência estão descritas na tabela 3. A composição corporal foi avaliada por meio de análise de impedância bioelétrica (BIA) (2000-M Analyzer produzido por

DATA Input GmbH, Frankfurt, Alemanha). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com descrição prévia (DITTMAR, 2004).

O exame de bioimpedância elétrica forneceu as medidas de resistência e reactância. A partir destes valores calculamos resistência/altura (R), reactância/altura (Xc) e ângulo de fase ($\arctan(Xc/R) \cdot (180/3.1416)$) para estimar a composição corporal dos adolescentes (EICKEMBERG et al. 2011).

O estado nutricional dos adolescentes foi classificado segundo International Obesity Task Force (IOTF, 2012). Tradicionalmente, o estado nutricional dos menores de 20 anos é classificado com base em critérios probabilísticos. Entretanto, em 1997 a IOTF propôs definir o estado nutricional desta parcela da população, com base em desfechos que na idade adulta definiam os diagnósticos de desnutrição, excesso de peso, obesidade e alterações de diversos indicadores bioquímicos associados a doenças crônicas na fase adulta. Com essa nova abordagem de classificação foi possível realizar o diagnóstico do estado nutricional corretamente, pois o mesmo foi capaz de identificar os verdadeiros positivos nos indivíduos verdadeiramente doentes, ou seja, quando comparamos a classificação da OMS e a IOTF percebemos que a IOTF apresenta maior sensibilidade em diagnosticar adolescentes obesos (CONDE e MONTEIRO, 2006)

Tabela 3 – Descrição das medidas antropométricas, precisão dos equipamentos utilizados e referência da padronização das mensurações realizadas no estudo Piracicaba, SP, 2012.

Medidas físicas	Precisão	Padronização técnica
Altura	1 mm	(LOHMAN, 1988)
Massa corporal	100 g	(LOHMAN, 1988)
Dobra cutânea tricipital	0,1 mm	(LOHMAN, 1988)
Dobra cutânea subescapular	0,1 mm	(LOHMAN, 1988)
Circunferência da cintura	1cm	(WHO, 2008) ⁽¹⁾

(1) Realizada no ponto médio entre a 10ª costela (última costela fixa) e a crista ilíaca

4.3 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

As amostras de sangue foram coletadas após jejum de 12 horas. Foram coletados dados de glicemia, colesterol total e frações (LDL – Lipoproteína de Baixa Densidade e HDL – Lipoproteína de Alta Densidade), triglicerídeos e hemoglobina. A fração LDL-colesterol foi calculada da seguinte forma: $LDL = ((Triglicérides / 5) + HDL) - \text{Colesterol Total}$. O método utilizado e a referência adotada estão listados na tabela 4.

Tabela 4 – Descrição dos dados bioquímicos, método analítico e referência, utilizados para os parâmetros bioquímicos no estudo Piracicaba, SP, 2012.

Índice sérico	Método analítico	Referência
Glicemia	Colorimétrico enzimático	Associação Americana de Diabetes (ADA, 2005)
Colesterol Total e HDL	Colorimétrico enzimático	Sociedade Brasileira de Cardiologia (2005)
LDL- Colesterol	(Friedewald et al. 1972)	Sociedade Brasileira de Cardiologia (2005)
Triglicerídeos	Enzimático	Sociedade Brasileira de Cardiologia (2005)

4.4 ESCORE DA RIQUEZA DOMICILIAR

Para o cálculo da riqueza domiciliar foi necessário basear-se no conjunto de variáveis que descrevem os bens presentes no domicílio e na escolaridade do chefe da família. O escore de riqueza foi definido a partir da Análise dos Componentes Principais (ACP), como recomendado internacionalmente (FILMER e PRITCHETT, 2001). Este escore pode ser utilizado para predição dos escores atribuídos a cada adolescente e posteriormente dividido em quintos do índice de riqueza. As variáveis disponíveis para descrever os bens foram testadas em várias combinações e o modelo final foi o que apresentou maior percentual de explicação no primeiro

componente da ACP e maior valor de KMO. O índice de riqueza foi utilizado como escores.

As variáveis utilizadas para formar o índice de riqueza foram as coletadas no questionário aplicado aos adolescentes na entrevista, são elas: anos de estudo do chefe da família, quantidade de cômodos da casa que as pessoas residentes utilizam para dormir, quantidade de banheiros, televisões, aparelho de ar condicionado e carros e se possuíam bens como: rádio, geladeira ou freezer, videocassete/DVD, máquina de lavar roupa, forno de microondas, telefone fixo e microcomputador. Estas variáveis de bens são dicotômicas (sim ou não).

Além do escore da riqueza domiciliar também testamos independentemente a variável de privação: anos de estudo do chefe da família. Essa variável foi testada separadamente para ser utilizada no modelo de análise e comparar a replicação dos resultados com o escore da riqueza domiciliar. Os resultados apresentaram semelhança, portanto optamos pelo escore da riqueza domiciliar por agregar múltiplas variáveis que contemplam um espectro grande de bens e ao mesmo tempo apresenta a variável de privação anos de estudo do chefe da família.

5 PREPARAÇÃO DOS DADOS

A análise do banco de dados iniciou com as seguintes etapas: 1) análise da porcentagem de respostas válidas e consistentes internamente; 2) definição das chaves para união entre os blocos de variáveis; 3) imputação dos valores *missing* e 4) seleção dos dados pertinentes a este trabalho.

A etapa 1 foi realizada verificando as inconsistências do banco de dados. Inconsistência nessa análise foi definida como: não preenchimento adequado da sequência da questão, abandono de raciocínio lógico no preenchimento ou incompletude parcial das respostas. Por exemplo, um indivíduo respondeu todas as perguntas do bloco de maturação sexual para o sexo feminino e, no campo para identificação do sexo, respondeu masculino. Isso foi interpretado como um erro de preenchimento do sexo, o que caracteriza inconsistência.

Para a etapa 2, as chaves para relacionamento entre os bancos foram criadas a partir das variáveis: escola, série e ordem do aluno dentro da turma. Essas variáveis possibilitaram a união determinística dos mesmos indivíduos em cada bloco. A etapa 3 está descrita abaixo separadamente para melhor detalhamento do método aplicado. A etapa 4 foi desenvolvida a partir dos objetivos traçados para o estudo, portanto elencamos variáveis antropométricas usualmente utilizadas na avaliação do estado nutricional de adolescentes, são elas: peso, altura, dobras cutâneas e circunferência da cintura. Além disso, buscamos variáveis que pudessem complementar a avaliação do estado nutricional e que também são utilizadas tanto na prática clínica como em estudos populacionais, são elas: variáveis da composição corporal e os parâmetros bioquímicos. Com base nessas diversidades multidimensionais de variáveis, realizar o diagnóstico do estado nutricional dos adolescentes torna-se mais confiável e fidedigno.

5.1 MÉTODO DE IMPUTAÇÃO POR *PREDICTIVE MEAN MATCHING*

Algumas variáveis apresentaram valores faltantes (*missing*), estes valores foram substituídos por meio de procedimentos de imputação múltipla, definidos como métodos de substituição dos dados faltantes por dados de outros indivíduos conhecidos da amostra com características semelhantes (DONDEERS et al. 2006). Esse método de imputação foi proposto inicialmente por RUBIN (1987) e cresce o interesse da comunidade científica para o tratamento de dados *missing*, já que há vantagem de levar em consideração informações de outras variáveis associadas à variável que será imputada, o que torna a análise mais confiável e com menos probabilidade a erros em comparação com outros métodos. Esse procedimento permite completar o banco de dados e, assim, utilizar toda a amostra original na análise planejada. Trata-se de procedimento amplamente utilizado em pesquisas populacionais e domiciliares (MERLO, 2005).

O método de imputação utilizado foi o *Predictive Mean Matching* (PMM), que gera valores imputados a partir de valores “compartilhados” de outros indivíduos com os dados reais e semelhantes ao caso que se deseja atribuir um valor (ALLISON, 2015). No método PMM o procedimento de imputação se dá em 2 etapas: na primeira, a partir de modelos de regressão múltipla, se estima uma faixa de predição na qual estão inseridos os casos semelhantes àqueles com valores *missing* segundo as variáveis preditoras; na segunda etapa, entre os casos semelhantes é sorteado o valor de um deles e este valor é atribuído ao caso com valor *missing*. Em debates mais recentes o método PMM tem sido cada vez mais recomendado como uma das alternativas mais adequadas para a substituição de dados faltantes em grandes inquéritos. (MERLO et al., 2006; CAMARGOS et al., 2011).

Para melhor detalhamento acerca do método PMM, exemplifico: para cada valor predito de um dado faltante, procura-se o valor observado com valor predito mais próximo, e utiliza-se o valor observado como valor a ser imputado. Neste modelo utiliza-se, ainda, variáveis preditoras para selecionar os valores mais próximos do caso que se deseja imputar, dentro de um espectro de

características semelhantes à variável que se deseja imputar (NUNES et al. 2009). Ressalta-se que as variáveis preditoras não podem conter valores *missing*. Neste estudo quatro grandes blocos de variáveis foram imputados, são eles: maturação sexual, dados bioquímicos, antropometria e socioeconômico.

Ao comparar o PMM com outros métodos de imputação baseados em regressão linear e na distribuição normal, o PMM produz valores imputados que são muito mais semelhantes com os valores reais. Se a variável original estiver distorcida, os valores imputados também serão distorcidos. Por exemplo, se a variável original for delimitada por 0 e 100, os valores imputados também serão delimitados por 0 e 100. Isso porque os valores imputados são valores reais que são "emprestados" de indivíduos com dados reais. Portanto, o PMM não gera valores imputados, em vez disso, constrói uma métrica para combinar casos com dados em falta para casos semelhantes com dados presentes. (ALLISON, 2015).

De acordo com alguns estudos o desempenho do PMM é pelo menos tão bom quanto os outros métodos de imputação e se destaca por ser o único método que produz imputações plausíveis e preserva as distribuições de dados originais. Uma desvantagem do PMM são os valores outliers, já que podem influenciar a imputações, entretanto o método é confiável e estável em condições de interferências extremas para predição de um conjunto de dados (VINK, et al. 2014; ALLISON, 2015).

Os valores elevados da imputação em alguns blocos, por exemplo 50% em antropometria ou 40% em bioquímico, se devem a variáveis que não foram originalmente coletadas em um dia de trabalho por algum problema com equipamentos, ou ainda que, previstas para serem medidas em duplicatas, foram medidas ou registradas apenas uma vez em campo. Esses valores *missing* foram imputados. Assim, os valores da tabela 5 indicam, por exemplo no caso do bloco antropométrico, que 50% dos casos tiveram algum dado *missing* imputado e não que 50% dos casos não tivessem todos os dados de antropometria simultaneamente. Os casos mais comuns de *missing* nesse bloco

foram: ausência de registro da 2ª mensuração de uma das dobras cutâneas ou ausência de registro de um dos valores da impedância bioelétrica.

Para realizar o processo de imputação de dados a condição ideal é que a ausência de dados apresente distribuição aleatória na amostra. Desta forma, verificamos se há características diferentes entre a parcela da amostra que necessitou de imputação e a que não passou por esse mesmo processo. Observou-se que para todas as variáveis que compõem a variável de escore socioeconômico apresentaram dados faltantes aleatórios. As variáveis de maturação sexual apresentaram 35,2% de dados faltantes, destes 20% eram do sexo masculino. As variáveis de antropometria, composição corporal e parâmetros bioquímicos apresentaram ausência de dados aleatórios.

A tabela 5 apresenta o percentual de dados imputados e as variáveis preditoras utilizadas para imputação. O procedimento de imputação considerou amassa corporal amostral.

Tabela 5 - Frequência (%) de dados imputados em cada bloco de variáveis utilizadas no estudo. Piracicaba, SP, 2012.

Blocos de variáveis imputadas	% de Imputação	Variáveis preditoras
Maturação sexual	35,2	Sexo, idade, etnia e socioeconômico
Bioquímicos	40,0	
Antropometria	50,2	
Socioeconômico	16,5	Sexo, idade, etnia e identificação da escola

6 ANÁLISE DOS DADOS

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Foram descritos médias e intervalos de confiança de 95% das variáveis: idade, massa corporal e altura em relação aos estágios de desenvolvimento de Tanner. Além disso, foi descrito número de observações e porcentagem dos estágios de Tanner por sexo, para melhor conhecimento dos

dados. Todas as análises foram realizadas no programa Stata®, versão 13 (STATA CORP, 2013).

6.2 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise dos componentes principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada que tem como objetivo principal descrever de forma sintética um grande número de variáveis, e reduzir a complexidade da inter-relação entre um número potencialmente grande de variáveis observadas, a um número relativamente menor de combinações lineares. Desenvolvida independentemente por PEARSON (1901) (HONGYU et al. 2015) e, paralelamente, por HOTTELING (1933, 1936). Essas combinações são denominadas componentes principais ou variáveis latentes com base nas porcentagens da variabilidade total original e perda de informação em magnitude desprezível. Em suma, a ACP tem como principal propósito medir, explicar e prever o grau de relação entre variáveis selecionadas (JOLLIFFE, 1992, 2002).

Neste estudo a ACP foi utilizada como uma alternativa a limitação do uso de indicadores univariados para avaliação do estado nutricional. Este tipo de análise gera variáveis latentes, neste estudo, definidas como fenótipos corporais (FC). Conceitualmente fenótipo é entendido a partir da teoria da individualidade biológica, que define o fenótipo como somatório das especificidades que caracterizam um indivíduo (GAGE, 2003; PARENT; 2003). Operacionalmente o fenótipo corporal foi expresso pela análise simultânea de variáveis das dimensões antropométricas, composição corporal e marcadores bioquímicos em modelo multivariado. Esse tipo de análise é ainda recente no campo da avaliação nutricional e frequentemente restrito a objetivos clínicos típicos. Os componentes foram nomeados como FC (fenótipo corporal) e o número correspondente (FC1 a FC4). Essa forma de nomear os fenótipos foi adotada para evitar a utilização de denominações que remetam a ideias pré-concebidas, imprecisas, incompletas ou estigmatizadoras.

Por apresentar um caráter exploratório a ACP consiste em realizar uma mudança de base no espaço vetorial do conjunto de dados (OLINTO, 2007; LYRA et al. 2010). A matriz de dados, que inicialmente é uma tabela, em que os casos, ou seja, as observações são dispostas na linha, e as propriedades (variáveis) nas colunas, sofre uma fatoração, de uma forma que o primeiro fator corresponde à direção de maior variância do espaço multidimensional, é também o primeiro fator perpendicular. O segundo fator também corresponde à direção de maior variância do espaço multidimensional, entretanto, em direção ortogonal ao primeiro. Os fatores posteriores modelam sempre a direção de maior variância, não modelada pelos fatores anteriores, e são ortogonais a todos eles de modo geral (LYRA et al. 2010).

Desta maneira, a ACP analisa toda variância dos dados, pressupondo que não exista erro, e procurando agrupar as variáveis que se apresentaram mais fortemente correlacionadas nos fatores, ou seja, nos componentes principais encontrados no modelo (OLINTO, 2007).

De maneira ampla, a interpretação dos componentes principais é guiada pelo grau no qual cada variável está associada com um componente particular. As variáveis que estão mais relacionados ao componente em questão são usadas como guia para interpretações. Nesta análise há a concentração da variância em um número reduzido de variáveis/componentes. Os principais componentes têm as propriedades de serem não correlacionados uns com os outros. Cada componente é obtido de forma a concentrar a variância no conjunto inicial dos dados (nos primeiros componentes). Na análise de ACP a maior parte da variância possível deve ser concentrada nas variáveis iniciais. Nesta técnica, os componentes principais ou variáveis latentes são utilizadas de forma descritiva e também modeladas como desfechos e preditoras em outras análises estatísticas (RAYKOV e MARCOULIDES, 2012).

Em alguns casos, como ocorreu neste estudo, utiliza-se uma rotação da matriz, para maximizar as cargas fatoriais maiores, e minimizar as menores, facilitando a interpretação dos componentes. Assim, a ACP permite prever escores, que são as projeções dos casos no espaço dos componentes principais.

Ou seja, os escores são variáveis latentes que indicam as novas coordenadas dos casos, no espaço multidimensional das variáveis. Nas análises multivariadas, o objeto de análise é produzir uma variável latente (estatística), que é a combinação linear de variáveis com os pesos determinados pela técnica multivariada. Na ACP, as variáveis latentes são definidas de tal forma que representem melhor a estrutura subjacente ou padrões das variáveis conforme representadas por suas inter-correlações. As variáveis latentes passam a representar e ser interpretada pela sua representação conjunta das variáveis individuais, ou seja, são vistas por aquilo que representam coletivamente e não individualmente na expressão de um conceito (JOLLIFFE, 1992, 2002, HARDLE, 2007).

As propriedades dos componentes principais são baseadas nos valores de *eigenvalues* (auto-valores) e *eigenvectors* da matriz de correlação ou covariância. Cada principal componente identificado na análise contém um valor de *eigenvalue* e de *eigenvector*. Os *eigenvalues* são resultantes da soma das variâncias das variáveis originais selecionadas para a análise. Cada *eigenvalue* expressa o valor da variância das variáveis originais contidas em cada principal componente gerado. Os primeiros componentes têm os maiores valores de variância, sendo por isso selecionados para representar a estrutura subjacente das variáveis originais e também utilizados em outras análises. Os *eigenvectors* representam as cargas fatoriais (*loadings*) de cada principal componente. Estes valores representam a correlação de cada variável original com o principal componente. Quanto maior o valor da carga fatorial maior é a contribuição ou peso daquela variável para caracterizar o principal componente. Os componentes principais representam a soma ponderada, isto é, combinações lineares das variáveis originais observadas. A estes pesos dá-se o nome de cargas fatoriais, sendo o seu valor proporcional a sua contribuição para o componente em questão. As cargas fatoriais positivas (+) indicam associação direta da variável com o componente, enquanto as negativas (-), indicam que a variável está inversamente associada ao componente (JOLLIFFE, 1992, 2002; SICHIERI et al., 2003; HAIR et al., 2009; LYRA et al., 2010).

Neste estudo, utilizou-se a ACP para extrair componentes principais que representem fenótipos corporais de adolescentes, para proposta de avaliação multivariada do estado nutricional. Dessa forma, a ACP permitiu a utilização dos principais componentes como descritores sintéticos dos aspectos diversos da avaliação do estado nutricional de adolescentes. Posteriormente, os padrões encontrados foram utilizados como variáveis-desfecho (latentes) para compreender de modo mais amplo a avaliação do estado nutricional. A ACP foi realizada em duas etapas distintas que serão descritas detalhadamente abaixo.

A princípio empregou-se uma matriz com 13 variáveis, contendo variáveis de caráter bioquímico (colesterol, hemoglobina, triglicerídeo e glicose), composição corporal (ângulo de fase), antropometria (massa corporal, altura, circunferência da cintura, dobra cutânea subescapular e dobra cutânea do tríceps) e maturação sexual (pelos pubianos, mama e gônada). Com essa matriz obtiveram-se quatro fenótipos corporais. Essa análise foi realizada com o objetivo de compreender e descrever a disposição das variáveis, explorar como os padrões se formariam e qual a interpretação poderia ser feita a partir deles.

Após a interpretação dos resultados uma nova ACP foi realizada com a retirada das variáveis de maturação sexual, para um novo ajuste e interpretação dos resultados, o apêndice 2 e 3 apresenta a saída completa das cargas fatoriais da ACP com maturação sexual e sem maturação sexual. As variáveis de maturação sexual foram retiradas deste modelo de análise para que posteriormente os fenótipos corporais (componentes gerados a partir da ACP) pudessem ser utilizados como variável desfecho nos modelos de regressão linear de efeitos mistos. Retiramos maturação sexual desta parte da análise para não gerar viés no momento de realizar a análise de efeitos mistos, pois utilizamos as variáveis de maturação sexual no segundo nível desta análise. Os fenótipos corporais foram considerados como desfechos e a maturação sexual, idade, sexo e dados socioeconômicos como variáveis preditivas, portanto a maturação sexual não poderia estar nos dois níveis da análise, ou seja, nos fenótipos corporais e nas variáveis preditivas.

Os fenótipos corporais foram extraídos considerando valores de *eigenvalues* superior a 0,7 e de *eigenvectors* ou cargas fatoriais (loadings) superiores a 0,2, de acordo com o critério de Kaiser e sua interpretabilidade, esse ponto de corte foi escolhido devido ao poder de correlação das variáveis. Além disso, este ponto de corte relativamente baixo foi adotado com o objetivo de ampliar a compreensão da composição de cada fenótipo corporal. Adicionalmente, este ponto de corte permite ampliar a identificação e discriminação das variáveis que são usualmente utilizadas na avaliação do estado nutricional (FLECK e BOURDEL, 1998; JOLLIFFE, 1992, 2002). Após a extração dos fenótipos corporais, aplicou-se a rotação ortogonal Varimax. A rotação ortogonal garante a independência dos padrões tornando possível entender isoladamente os fatores associados aquele determinado fenótipo corporal. A adequação da amostra em relação ao grau de correlação parcial entre as variáveis foi estimada pelo teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que assume valores entre 0 e 1, de tal forma que entre 0 e 0,49 a amostra é considerada inadequada para a análise, entre 0,50 a 0,59 ruim, entre 0,60 e 0,69 medíocre, entre 0,70 e 0,79 mediano, entre 0,80 e 0,89 bom, e entre 0,90 e 1 excelente (KAISER, 1974).

Para cada padrão que descreve os fenótipos corporais extraídos pela análise de principais componentes foram gerados escores padronizados com média zero, que representam a aderência de cada adolescente ao fenótipo corporal. Todos os adolescentes tinham escores de todos os fenótipos corporais, entretanto, os escores mais elevados representaram a proximidade do adolescente a determinado fenótipo corporal. Tradicionalmente nos estudos que utilizam esta técnica, após a identificação dos padrões são calculados escores padronizados com média zero que representam a aderência de cada adolescente ao fenótipo corporal (HU et al., 2002; DEMETRIOU et al., 2012). Desta forma a análise permite compreender de forma extensiva as relações entre os padrões aplicadas e exploradas no plano populacional. Uma vez que os padrões são variáveis latentes geradas a partir das variáveis originais, todo

indivíduo da amostra tem uma probabilidade conhecida e diferente de pertencer a cada fenótipo corporal estimado.

Neste estudo, optou-se por seguir uma linha de raciocínio diferente, após gerar os escores padronizados, para cada adolescente foi atribuído um fenótipo corporal característico. O padrão aqui denominado - fenótipo corporal - atribuído a cada indivíduo foi aquele no qual a probabilidade de adesão era mais elevada. Ressalta-se que todos os adolescentes da amostra obtiveram pesos para todos os fenótipos corporais e isso foi levado em consideração no momento de quantificar o escore nos diferentes fenótipos corporais. Portanto, todos adolescentes tinham a chance de pertencer a mais de um fenótipo corporal, e aquele com maior escore seria considerado o seu fenótipo corporal mais característico.

Para ACP testamos para sexo masculino e feminino e por não apresentar diferenças nos fenótipos corporais e nos escores (apêndices 4 e 5), decidimos manter a ACP com a variável sexo agregada as variáveis de maturação sexual para que todas as probabilidades fossem consideradas no momento da análise.

6.3 MODELO DE REGRESSÃO LINEAR DE EFEITOS MISTOS

A análise de efeitos mistos se originou de um estudo na Inglaterra com crianças do ensino fundamental. Observou-se que crianças expostas a uma maneira formal de ler e escrever tinham um potencial maior do que as não expostas. Os dados foram analisados por meio de regressões múltiplas, considerando, portanto, as crianças individualmente como unidade de análise e ignorando agrupamentos como professores e séries. Os resultados foram estatisticamente significantes, ou seja, as crianças expostas a uma maneira formal de aprendizado apresentavam um potencial em relação as outras crianças com ensino comum (BENNETT, 1976). Posteriormente, AITKIN et al., (1981) evidenciou que quando as crianças eram agrupadas por classes, não havia significância estatística, portanto as crianças que receberam educação

formal não apresentavam nenhuma diferença das demais. Desta forma a análise de efeitos mistos foi sendo estudada e aplicada em diversos estudos pela comunidade científica (GOLDSTEIN, 1991).

Em alguns estudos com desenho amostral complexo, os indivíduos são selecionados por meio de uma estrutura hierárquica, baseados em critérios como região geográfica, classe de renda, local de trabalho, e escolas, entre outros. Um fato conhecido dessa estrutura hierárquica é que as características compartilhadas pelos indivíduos de um mesmo grupo, ou seja, intra-grupo, se assemelham muito mais do que indivíduos de grupos distintos, ou seja, entre-grupos (LECKIE, 2008).

Quando não se mantém essa estrutura na análise, há prejuízo quanto ao princípio da independência das variáveis e dos resíduos obtidos nos modelos estatísticos de associação e altera o efeito real dos preditores sobre o desfecho. O modelo de efeitos mistos considera a estrutura hierárquica, assim, neste modelo as variáveis são alocadas em dois ou mais níveis (LECKIE, 2008).

Esse modelo combina efeitos fixos – cujos efeitos impactam toda a população de modo uniforme – com efeitos aleatórios, são aqueles efeitos que afetam os indivíduos diferentemente de acordo com sua associação a algum dos grupos pertencentes às variáveis alocadas nesse nível, que é anterior ao nível dos efeitos fixos. Quando se deseja trabalhar com variáveis cujos efeitos se dão direta e indiretamente sobre os desfechos analisados e, ainda, em momentos distintos no tempo (ou outro ordenamento qualquer), o modelo de regressão tradicional com efeitos fixos não é a escolha mais adequada por não considerar a correlação associada a um mesmo nível de agregação (SANTOS et al. 2000).

No primeiro nível do modelo de efeitos mistos são alocadas características dos indivíduos que não são modificadas ou se alteram pouco ao longo do tempo, ou seja, são fixas. Alguns exemplos desse tipo de variáveis são: sexo, escolaridade e etnia. O efeito dessas características citadas acima, sobre o desfecho é expresso em valor médio. No segundo ou demais níveis são alocadas as variáveis que expressam agregação dos indivíduos, por exemplo: bairro, escola, empresa e região geográfica. Esse tipo de variável denominamos

contexto, portanto seu efeito é aleatório, para cada indivíduo é expresso de forma distinta. O efeito desse tipo de variável no desfecho é expresso em variância, o que permite estimar a proporção da variabilidade entre as categorias da característica contextual que é atribuível ao nível selecionado no modelo (LECKIE, 2008).

Neste estudo, se assume que a definição de contexto é a localização de um indivíduo ou grupo no tempo e espaço. A terminologia de espaço é utilizada para referir-se à localização geográfica, como pertencer a um grupo, ser membro dele, por exemplo, família, classe, etnia, amigos e idade. Portanto esse pertencer a um contexto pode afetar tanto à exposição ao risco como as estratégias de resposta (SANTOS et al. 2000). Assim, os efeitos contextuais seriam os efeitos dos fatores no nível do grupo ou área, por exemplo, nível de renda em um bairro sobre os desfechos no nível do indivíduo após ser considerado os efeitos confundidores relevantes no nível do indivíduo (ROUX, 2002).

Nesta segunda etapa do estudo os fenótipos corporais descritivos do estado nutricional no período da maturação sexual foram utilizados como variáveis desfecho em análise com regressão múltipla para estabelecer os fatores associados a cada um desses padrões.

O efeito dos fatores preditores nos padrões corporais foram analisados por modelo de regressão de efeitos mistos com coeficiente probabilístico. O nível individual estima-se que os efeitos médios das variáveis referentes a variável sexo sobre o desfecho, sendo que os efeitos dos preditores foram expressos em beta com intervalo de confiança de 95% (efeitos fixos).

Já no nível contextual foram estimados os componentes da variância dos efeitos médios dos fatores individuais referentes à maturação sexual (efeitos probabilísticos). As variáveis de explicação foram: escore socioeconômico, idade e sexo. Neste nível contextual caracteriza o modelo de coeficiente randômico, essas variáveis permitem estimar o percentual da variância entre os estágios de desenvolvimento puberal. Posteriormente, estimou-se o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) e coeficiente de partição da variância (CPV). Esses

coeficientes são capazes de expressar a porcentagem da variabilidade e variância respectivamente do modelo atribuído ao nível contextual em relação a parte fixa do modelo.

A variável sexo foi alocada nos dois níveis dos modelos, para estimar efeitos diferentes. No nível individual, a variável sexo expressa o efeito médio do sexo sobre os padrões corporais. Desta forma, assume-se que o efeito da variável sexo é igual para todos os fenótipos corporais (variáveis latentes), já que a variável está alocada na parte fixa do modelo. Já no nível contextual, a variável sexo expressa a variabilidade da mudança do sexo em cada fase de maturação sexual, ou seja, o efeito do sexo entre as fases de desenvolvimento puberal, portanto, o efeito do sexo pode ser diferente entre os estágios de Tanner, e desta forma contribuir distintamente com efeitos sobre os fenótipos corporais.

A variável idade está presente nos fenótipos corporais gerados a partir da ACP e também está no segundo nível do modelo de efeitos mistos, entretanto essa variável foi utilizada para estimar efeitos distintos e a própria variável está construída de forma diferente. Na ACP, a idade foi construída mediante a faixa etária que havia resposta para o questionário de maturação sexual, ou seja, adolescentes entre 10 a 15 anos. Já a idade aplicada no modelo de efeitos mistos, foi construída pensando no processo de maturação sexual, que pode ter seu início anteriormente a 10 anos e o término posterior a 15 anos. Neste caso, queríamos marcar a etapa do processo de maturação sexual e não propriamente a idade cronológica.

Com base no modelo conceitual apresentado na figura 4 (apêndice) construímos o fluxo analítico apresentado a seguir na figura 5. Para construção do modelo analítico operacional apresentado na figura 6 (apêndices), foi considerado as informações da etapa analítica [1 e 2] apresentadas na figura 5 e adaptou-se para as variáveis disponíveis para análise.

Figura 5 - Síntese do fluxo analítico do presente estudo.

Notas:

(1)Dobra cutânea do tríceps.

(2)Dobra cutânea subescapular.

(3)Circunferência da cintura.

7 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto no qual foi retirado os dados para esta pesquisa foi avaliado e aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) sob o número CAAE 02546612.5.0000.5421, com parecer nº 154.865 de novembro de 2012. Todos os indivíduos envolvidos no estudo assinaram termo de consentimento pelo qual se declaram cientes das finalidades do estudo e autorizam o uso dos dados informados ou coletados. Neste termo explicou-se: 1) os objetivos do estudo; 2) os tipos de dados e a forma de coleta; 3) os limites para utilização dos dados coletados e 4) a garantia de anonimato. Qualquer indivíduo tinha o direito de abandonar o estudo em qualquer etapa.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética da Faculdade de Saúde Pública da USP, sob o protocolo 56446416.6.0000.5421. Foram respeitados também os aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos listados na resolução CNS 466, de 12 de dezembro de 2012.

8 RESULTADOS

8.1 RESULTADOS DESCRITIVOS

A média de idade dos adolescentes foi de 13,0 anos [DP=1,2 anos]. Os valores médios de idade, IMC, altura e massa corporal aumentam conforme a evolução dos estágios de maturação sexual segundo os cinco estágios de pelos pubianos, gônadas e mamas (Tabela 6). Essa tendência na evolução de idade, IMC, altura e massa corporal refletem a evolução e linearidade no desenvolvimento puberal dos adolescentes em ambos os sexos.

Tabela 6 - Distribuição das médias e intervalo de confiança (IC) de idade, IMC, altura e massa corporal, segundo estágio de maturação sexual em ambos os sexos. Piracicaba, SP, 2012.

Meninos		Meninas						
Estágio de MS ⁽¹⁾	Idade Média [IC _{95%}]	IMC ⁽²⁾ Média [IC _{95%}]	Altura Média [IC _{95%}]	Massa corporal Média [IC _{95%}]	Idade Média [IC _{95%}]	IMC ⁽²⁾ Média [IC _{95%}]	Altura Média [IC _{95%}]	Massa corporal Média [IC _{95%}]
Pelo Pubiano								
1	11,7 [11,0;12,4]	21,0 [19,1;22,9]	147,9 [142,5;153,3]	46,4 [40,9;51,9]	12,6 [12,1;13,1]	19,5 [17,9;21,0]	149,4 [145,3;153,6]	44,3 [39,4;49,3]
2	12,0 [11,8;12,3]	20,6 [19,3;22,0]	148,2 [145,7;150,7]	46,2 [42,1;50,3]	12,4 [12,2;12,7]	21,4 [20,3;22,5]	151,4 [149,6;153,2]	50,8 [46,9;54,8]
3	12,7 [12,5;13,0]	20,2 [19,3;21,2]	152,6 [150,8;154,4]	47,7 [44,9;50,4]	12,8 [12,6;13,0]	20,9 [20,2;21,6]	156,2 [155,0;157,3]	51,2 [49,3;53,1]
4	13,4 [13,3;13,6]	20,6 [19,9;21,2]	161,7 [160,1;163,4]	52,1 [52,1;56,4]	13,4 [13,2;13,6]	21,7 [21,0;22,4]	158,3 [157,3;159,3]	54,5 [52,5;56,5]
5	13,9 [13,6;14,2]	22,6 [21,2;24,0]	164,5 [161,9;167,1]	61,5 [57,0;66,0]	13,5 [13,1;13,8]	21,3[20,4;22,2]	157,1 [155,2;159,1]	52,6 [50,0;55,2]
Gônada/ mama								
1	12,1 [11,5;12,8]	21,0 [18,4;23,5]	146,3 [141,8;151,0]	46,2 [37,6;54,9]	11,6 [11,1;12,1]	18,6 [16,8;20,5]	144,8 [140,0;149,6]	39,3 [34,7;43,9]
2	12,0 [11,7;12,3]	20,4 [19,2;21,6]	148,8 [146,3;151,3]	46,0 [42,3;49,8]	12,0 [11,7;12,2]	19,6 [18,6;20,6]	149,5 [147,6;151,5]	44,3 [41,4;47,1]
3	12,7 [12,5;12,9]	20,4 [19,5;21,9]	153,2 [151,5;154,8]	48,3 [45,9;50,7]	12,8 [12,6;13,0]	20,8 [20,1;21,5]	155,5 [154,3;156,7]	50,4 [48,5;52,4]
4	13,5 [13,3;13,7]	21,2 [20,4;22,0]	162,4 [160,6;164,1]	56,3 [53,8;58,8]	13,5 [13,4;13,6]	21,9 [21,4;22,5]	158,5 [157,6;159,4]	55,7 [53,9;57,5]
5	13,9 [13,6;14,2]	21,1 [19,8;22,4]	165,2 [162,1;168,2]	57,9 [53,7;62,2]	13,7 [13,4;14,1]	23,3 [21,2;25,4]	157,2 [155,1;159,4]	57,7 [52,0;63,3]

Notas:
 (1)Maturação sexual.
 (2)Índice de Massa Corporal.

A tabela 7 apresenta a frequência dos estágios de maturação sexual. Observamos que a maior concentração de adolescentes ocorre nos estágios 3 e 4 do desenvolvimento de pelos pubianos em ambos os sexos; o mesmo fenômeno ocorre para o desenvolvimento de gônada nos meninos e mama nas meninas.

Tabela 7 - Frequência (%) dos estágios de maturação sexual, segundo Tanner, em ambos os sexos. Piracicaba, SP, 2012.

Estágios de maturação sexual	Estágios de maturação sexual segundo Tanner				
	1 % (n)	2 % (n)	3 % (n)	4 % (n)	5 % (n)
Masculino					
Genitália	5,9 (21)	17,8 (64)	32,3 (116)	33,7 (121)	10,0 (37)
Pelos Pubianos	6,1 (22)	19,2 (69)	24,0 (86)	38,2 (137)	12,5 (45)
Feminino					
Mama	3,8 (18)	13,3 (63)	33,1 (157)	43,7 (207)	6,1 (29)
Pelos Pubianos	6,3 (30)	18,4 (87)	29,1 (139)	34,0 (162)	11,6 (56)

A tabela 8 indica a correlação entre as variáveis antropométricas, de composição corporal, maturação sexual, parâmetros bioquímicos e idade utilizadas no presente estudo para compor os fenótipos corporais. Na parte superior da tabela, visualizamos a correlação para o sexo feminino e na parte inferior para o sexo masculino. É possível observar que para ambos os sexos a correlação é forte positiva entre as variáveis altura, massa corporal, as variáveis de maturação sexual (pelos pubianos, gônada e mama). Existe também uma correlação forte positiva entre as variáveis antropométricas. É interessante ressaltar que as variáveis antropométricas apresentaram correlação negativa com as variáveis de maturação sexual. Outro aspectorelevante é que as variáveis que representam os parâmetros bioquímicos

apresentaram correlação positiva entre colesterol, triglicerídeos e glicose. Este resultado indica um possível perfil de associação entre as variáveis.

Tabela 8 -Correlação das variáveis antropométricas, composição corporal, maturação sexual, parâmetros bioquímicos e idade em ambos os sexos, feminino na parte superior e masculino na parte inferior da tabela. Piracicaba, SP, 2012.

Indicadores	Altura	Peso	DCT ⁽¹⁾	DCS ⁽²⁾	CC ⁽³⁾	Ângulo de fase	Pelos	Gônada /Mama	Colesterol	Hemoglobina	Triglicerídeos	Glicose	Idade
Altura	1	0,52	0,20	0,26	0,25	0,03	0,31	0,41	0,04	-0,01	-0,11	0,01	0,50
Massa corporal	0,67	1	0,64	0,79	0,86	0,27	0,16	0,38	0,21	-0,01	0,11	0,02	0,33
DCT ⁽¹⁾	0,15	0,67	1	0,65	0,61	0,17	0,08	0,18	0,09	0,02	0,07	0,05	0,22
DCS ⁽²⁾	0,22	0,74	0,88	1	0,78	0,22	0,06	0,24	0,14	-0,01	0,11	-0,03	0,22
CC ⁽³⁾	0,39	0,89	0,81	0,87	1	0,29	0,07	0,23	0,26	-0,00	0,20	0,05	0,17
Ângulo de fase	0,21	0,37	0,23	0,28	0,37	1	-0,05	0,12	0,17	0,07	0,06	-0,01	0,12
Pelos	0,52	0,30	0,01	0,01	0,11	0,10	1	0,36	-0,09	-0,03	-0,07	0,08	0,31
Gônada/Mama	0,52	0,25	-0,06	-0,05	0,06	0,10	0,65	1	-0,00	0,05	-0,03	0,02	0,45
Colesterol	0,05	0,30	0,31	0,34	0,32	0,10	0,01	-0,03	1	-0,03	0,36	-0,13	-0,03
Hemoglobina	0,13	0,13	-0,01	0,07	0,07	-0,01	0,02	0,04	0,13	1	-0,01	0,02	0,03
Triglicerídeos	-0,07	0,18	0,24	0,25	0,28	0,08	-0,10	-0,12	0,38	0,05	1	0,06	-0,13
Glicose	0,10	0,09	0,06	0,07	0,12	0,01	0,09	0,19	0,03	-0,08	0,15	1	-0,02
Idade	0,71	0,48	0,11	0,15	0,26	0,21	0,52	0,43	0,08	0,04	-0,06	0,15	1

Notas:

- (1)Dobra cutânea do tríceps.
(2)Dobra cutânea subescapular.
(3)Circunferência da cintura.

p<0,05

8.2 FENÓTIPOS CORPORAIS

8.2.1 Análise descritiva dos fenótipos corporais

Na primeira ACP os quatro primeiros componentes retidos explicaram 64,45% da variância observada. O valor do teste KMO foi de 0,78, indicando boa adequação da amostra em relação ao grau de correlação parcial entre as variáveis, além disso, refletem alta consistência interna da matriz multivariada. Optou-se por realizar o procedimento de rotação, já que com este, os resultados indicavam maior interpretabilidade dos padrões gerados pela ACP.

Por meio dos fenótipos corporais retidos, foi possível identificar que o FC1 explica a maior parte da variância, além de ser específico para identificar variáveis que expressam gordura (dobras cutâneas) e o volume corporal (massa corporal e circunferência da cintura). Adicionalmente, as variáveis da maturação sexual apresentaram associação negativa com este fenótipo corporal.

O FC2 foi caracterizado pelas variáveis da maturação sexual (pelos pubianos, mama nas meninas e genitália nos meninos), também foi associado às variáveis relacionadas ao componente não adiposo da massa corporal, representado pela altura. Neste fenótipo, a variável idade apresentou forte associação, sendo um marcador do eixo cronológico na adolescência.

O FC3 foi marcado por variáveis bioquímicas – colesterol e triglicerídeo, ligadas ao acúmulo de gordura corporal. O FC4 se caracterizou por associação positiva com marcadores metabólicos, ângulo de fase e hemoglobina e carga negativa para glicose. Esse fenótipo identifica marcadores metabólicos, ligados à massa magra (Tabela 8).

Após conhecer os padrões gerados pela primeira ACP realizou-se novamente essa análise, entretanto, sem as variáveis de maturação sexual (pelo pubiano, mama e gônada). O objetivo de retirar essas variáveis foi para que ao obter os fenótipos corporais, os mesmos pudessem ser utilizados como variável latente (variável desfecho) em uma análise posterior, modelo de efeitos mistos. As variáveis de maturação foram utilizadas como segundo nível nesta análise, e não poderiam ser alocadas novamente no primeiro nível como variável latente, o que levaria a um viés nos resultados.

A nova ACP resultou em um total de onze componentes, dos quais foram retidos os quatro primeiros, de acordo com o critério de Kaiser e sua interpretabilidade, os quais explicaram 68,73% da variância observada.

O valor do teste KMO foi de 0,75, indicando boa adequação da amostra em relação ao grau de correlação parcial entre as variáveis, além disso, refletem alta consistência interna da matriz multivariada. Optou-se também por realizar o procedimento de rotação.

Destaca-se que os fenótipos corporais mantiveram sua estrutura com essa segunda etapa para ACP. O FC1 foi definido por variáveis relacionadas à gordura e, diferente da primeira ACP, apresenta carga negativa para hemoglobina. O FC2 foi definido por variáveis relacionadas ao crescimento físico e massa magra, ângulo de fase, altura, massa corporal, hemoglobina e idade. O FC3 além das variáveis do bloco de marcadores bioquímicos (colesterol, hemoglobina e triglicerídeo), marcou ângulo de fase. E por último, o FC4 destacou apenas triglicerídeo e glicose, e carga negativa para hemoglobina. Destacamos que os fenótipos corporais utilizados como desfechos na análise de efeitos mistos foram os gerados na segunda ACP, ou seja, sem as variáveis de maturação sexual.

As tabelas 9 e 10 apresentam os fenótipos corporais com suas respectivas cargas fatoriais representativas, autovalores e percentual da

variância explicada. Os apêndices 2 e 3 detalham a saída completa com as cargas fatoriais.

Tabela 9 - Descrição dos fenótipos corporais estimados em análise multivariada, para caracterização do estado nutricional em adolescentes com as variáveis de maturação sexual. Piracicaba, SP, 2012.

Variáveis representativas do Estado Nutricional	Cargas Fatoriais			
	FC1	FC2	FC3	FC4
Altura		0,48		
Massa corporal	0,43			
DCT ⁽¹⁾	0,50			
DCS ⁽²⁾	0,53			
CC ⁽³⁾	0,49			
Ângulo de fase				0,32
Pelos Pubianos		0,48		
Gônada e Mama		0,50		
Razão colesterol total			0,65	
Hemoglobina				0,61
Triglicerídeo			0,70	
Glicose				-0,64
Idade		0,46		
Autovalores	4,01	2,17	1,13	1,06
% da variância	16,69	8,68	8,13	7,60
% da variância acumulada	30,31	47,50	56,18	64,31
KMO⁽⁴⁾		0,78		

Notas:

(1)Dobra cutânea do tríceps.

(2)Dobra cutânea subescapular.

(3)Circunferência da cintura.

(4)Kaiser-Meyer-Olkin.

Tabela 10 - Descrição dos fenótipos corporais estimados em análise multivariada, para caracterização do estado nutricional em adolescentes sem as variáveis de maturação sexual. Piracicaba, SP, 2012.

Variáveis representativas do Estado Nutricional	Cargas Fatoriais			
	FC1	FC2	FC3	FC4
Altura		0,62		
Massa corporal	0,40	0,28		
DCT ⁽¹⁾	0,53			
DCS ⁽²⁾	0,53			
CC ⁽³⁾	0,47			
Ângulo de fase		0,24	0,23	
Razão colesterol total			0,65	
Hemoglobina	-0,22	0,30	0,35	-0,27
Triglicerídeo			0,61	0,26
Glicose				0,91
Idade		0,59		
Autovalores	3,13	1,95	1,44	1,04
% da variância	28,44	17,75	13,10	13,10
% da variância acumulada	28,44	46,19	59,29	68,73
KMO⁽⁴⁾		0,75		

Notas:

(1)Dobra cutânea do tríceps.

(2)Dobra cutânea subescapular.

(3)Circunferência da cintura.

(4)Kaiser-Meyer-Olkin.

8.2.2 Análises de associações dos fenótipos corporais

Apresentamos a figura 7 (apêndices) que representa a associação de todos os fenótipos corporais com o IMC. É possível identificar que o FC1 é o único que apresenta associação forte com o IMC. Os demais fenótipos não apresentam associação com o IMC. Este resultado sugere que o FC1 representado por variáveis que marcam adiposidade não apresenta associação com o FC2 que representa a maturação sexual e crescimento físico. Esse resultado aponta para o argumento contrário ao ajuste necessário da maturação sexual para o IMC na adolescência. Se esses dois fenótipos corporais não se correlacionam provavelmente o efeito da maturação sexual sobre o IMC é muito pequeno e não significativo (Figura 8).

Para melhor visualização dos fenótipos corporais, apresentamos de forma isolada a associação do fenótipo corporal da maturação sexual como demais fenótipos discutidos no estudo, o fenótipo corporal representado por variáveis bioquímicas e o fenótipo corporal representado por variáveis bioquímicas e da composição corporal [FC3 e FC4]. Observamos também que a maturação sexual não apresentou associação com estes fenótipos. Os resultados apresentados indicam independência da maturação sexual dos outros parâmetros analisados (Figura 9 e 10).

Figura 8 - Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal da maturação sexual [FC2], estimados em análise dos componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.

Figura 9 - Associação do fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e fenótipo corporal bioquímico [FC3], estimados em análise componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.

Figura 10 - Associação do fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e fenótipo corporal da composição corporal e bioquímico [FC3], estimados em análise componentes principais, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 2012.

Alguns argumentos são utilizados para reforçar a necessidade de ajuste prévio do IMC pela maturação sexual, entre esses argumentos, um bastante utilizado é que existe um ganho de massa corporal descompensado durante a adolescência nas etapas de desenvolvimento maturacional, que influenciaria na classificação do estado nutricional de adolescentes. Portanto, o IMC deveria sofrer ajustes levando em consideração esse ganho ponderal acentuado. Para verificar esta hipótese, colocamos no gráfico a seguir o FC1 e o

FC2 que representam o argumento apresentado anteriormente. Posteriormente, marcamos os casos de obesidade nos adolescentes e classificamos pela referência da IOTF 2012. Observou-se que os casos de obesidade foram marcados de forma isolada no gráfico, sendo uma parcela pequena e disposta bem acima dos fenótipos corporais. Ressalta-se que os fenótipos corporais mantiveram a mesma associação com o IMC e que os casos classificados como obesos estão associados ao FC1, que representa a adiposidade (Figura 11).

Para testar nossa hipótese, de que a maturação sexual não exerce efeitos sobre a composição corporal, substituímos o IMC pela classificação de obesidade. Os resultados se mantiveram e mostraram que o FC2 não se associa com adiposidade e classificação de obesidade. Os fenótipos apresentaram associações em quadrantes diferentes, ou seja, os adolescentes não obesos estão nos quadrantes de menor adiposidade, relacionados ao FC2. Por outro lado, os adolescentes classificados com obesidade apresentaram associação com o FC1 e estão no quadrante que representa adiposidade. Existe uma zona cinzenta, onde alguns casos de obesidade estão mais deslocados para o quadrante que marca o fenótipo de maturação sexual, este fenômeno ocorre, pois há carga fatorial de massa corporal no fenótipo de maturação sexual. Este resultado indica que a massa corporal pode ser um potencial confundidor para os autores que defendem o ajuste prévio à maturação sexual (Figura 12).

Figura 11 - Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e obesidade, segundo IMC. Piracicaba, SP, 2012.

Figura 12 – Associação do fenótipo corporal adiposo [FC1] e fenótipo corporal da maturação sexual [FC2] e classificação de obesidade. Piracicaba, SP, 2012.

Após gerar os fenótipos corporais do estado nutricional sem as variáveis da maturação sexual, correlacionamos os fenótipos com as variáveis: antropométricas, da composição corporal, maturação sexual e marcadores bioquímicos. Foi possível identificar que as variáveis antropométricas obtiveram associação forte com o FC1 e associação negativa com as variáveis ângulo de fase, resistência e reactância. Já o FC2 obteve associação forte com a variável ângulo de fase (bloco de composição corporal) e maturação sexual. Os resultados sugerem diferença bem marcada dos fenótipos corporais em ambos os sexos, gerados a partir da ACP. Enquanto o FC1 marca adiposidade, o segundo está fortemente associado com crescimento linear e massa não gorda (crescimento muscular). Destaca-se que a maturação sexual obteve associação fraca com o FC1, e o FC2 obteve associação fraca com as variáveis antropométricas. O FC2 apresentou associação negativa para as variáveis bioquímicas. Esse resultado sugere que não há associação da maturação sexual com os marcadores bioquímicos.

O FC3 se associou com as variáveis bioquímicas, especificamente com a variável colesterol e triglicerídeos em ambos os sexos. Além disso, FC3 apresentou associação negativa para as variáveis de maturação sexual, pois esse fenótipo é representado por variáveis bioquímicas, e as mesmas obtiveram associação nula com as variáveis de maturação para o FC2. Deste modo, sugere-se que os efeitos da maturação sexual sobre os marcadores bioquímicos não são expressivos. Apresenta também, correlação negativa com a variável resistência, portanto este fenótipo representa amplamente marcadores bioquímicos para quando há aumento expressivo de colesterol, triglicerídeo e glicose, ligados ao acúmulo de gordura corporal.

Adicionalmente, o FC3 apresenta uma associação significativa com as variáveis antropométricas, principalmente as dobras cutâneas e circunferências. Este resultado sugere que este fenótipo representa uma disfunção bioquímica e antropométrica, ou seja, possivelmente aumento de massa corpórea e aumento dos níveis sanguíneos dos marcadores bioquímicos.

O FC4 apresentou associação com a variável glicose. No bloco das variáveis antropométricas, as dobras apresentaram associação negativa e as demais variáveis associação fraca. No bloco de variáveis bioquímicas, colesterol e hemoglobina também obtiveram associação negativa. Esse padrão sugere alterações bioquímicas, do mesmo modo que o FC3. Entretanto, agora ligados à massa magra.

As associações se mantiveram iguais para ambos os sexos. Algumas alterações mínimas existem, mas que não comprometem a interpretação dos resultados. A tabela 11 em apêndices apresenta as associações entre os fenótipos corporais do estado nutricional, obtidos em ACP, e as variáveis antropométricas, composição corporal, maturação sexual e marcadores bioquímicos deste estudo.

8.3 MODELO DE EFEITOS MISTOS

Nas tabelas 12 e 13 descrevemos os resultados dos modelos de efeitos mistos. Foi criado um modelo para pelos pubianos e outro para desenvolvimento de gônada e mama. Os modelos foram construídos separadamente por marcarem eixos diferentes de desenvolvimento na puberdade. Entretanto, as variáveis explicativas foram mantidas iguais nos dois modelos, para averiguar as diferenças e semelhanças. A única diferença entre os modelos foi à mudança no segundo nível da variável pelo pubiano ou gônada e mama (resíduos).

O FC1 apresentou variância significativa explicada pela variável sexo e 31% da variabilidade relacionada aos pelos pubianos foi explicada neste fenótipo. Destaca-se que para o desenvolvimento de pelos pubianos existe uma considerável explicação no FC1, o que não acontece para gônada e mama.

No modelo de efeitos mistos construído para pelos pubianos (Tabela 12) destaca-se o resultado do FC2 que apresentou maior variância explicada pela variável alocada no nível individual (sexo), além disso, 68% da variância

pode ser atribuída ao desenvolvimento de pelos pubianos. Já a variabilidade de 78% relacionada aos pelos pubianos é explicada no FC2.

Os fenótipos 3 e 4 [FC3 e FC4] apresentaram distribuição e associação inversa com a variável sexo, além disso, a variância atribuída ao desenvolvimento de pelos pubianos aproximou-se de 1%. Portanto, não há explicação e nem efeito da maturação sexual nos fenótipos relacionados aos marcadores bioquímicos.

Para o modelo de efeitos mistos para gônada e mama (Tabela 12) observamos que ocorre o mesmo fenômeno visto no modelo anterior. A maior variabilidade de explicação da maturação sexual entre os fenótipos corporais foi no FC2. As variáveis de maturação sexual alocadas no segundo nível são responsáveis pela explicação no FC2 de 73% da variabilidade e 60% da variância pode ser atribuída ao fenótipo corporal. Para os demais fenótipos a explicação chega no máximo a 7%. A variância explicada pelo sexo para efeito fixo se mostrou igual ao modelo apresentado anteriormente.

Os pontos fortes a serem destacados nas tabelas 11 e 12 são: a) a alta porcentagem de explicação atribuída à maturação sexual no FC2, sugerindo que a maturação sexual apresenta forte correlação com este fenótipo de crescimento linear (como observado na primeira ACP); b) a baixa explicação das variáveis de maturação sexual nos demais fenótipos, sugerindo que os fenótipos de adiposidade e marcadores bioquímicos não são explicados pela maturação sexual. Esses resultados evidenciam que a maturação sexual não exerce efeito na composição corporal, pois não se associou ao fenótipo de adiposidade e aos fenótipos que expressam marcadores bioquímicos.

Realizamos vários ensaios analíticos para explorar várias possibilidades no modelo de efeitos mistos. Partimos da premissa que o modelo de efeitos mistos não deve necessariamente estar organizado de forma multinível ou hierárquica. Nesse sentido, a estimativa dos efeitos fixos ou aleatórios em cada variável obedece a organização lógica e associativa dos efeitos sem que representem níveis ou hierarquia destes efeitos no interior do modelo analítico. Por exemplo, a atribuição de efeito aleatório às variáveis da

maturação sexual está vinculada a noção de que esses efeitos modificam de forma agregada os efeitos fixos das demais variáveis no modelo sem que esses efeitos possam ser considerados anteriores ou condicionantes dos efeitos fixos.

Tabela 12 - Coeficientes dos modelos de efeitos mistos para distribuição de pelos pubianos, expressos nos cinco estágios de maturação, para os quatro fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] em adolescentes de 10 a 15 anos. Piracicaba, SP, 2012.

	FC1	FC2	FC3	FC4
Efeito fixo	(IC95%)			
Sexo	0,2 (-0,2;0,7)	-0,4 (-0,7;0,1)	-0,0 (-0,2;0,2)	-0,1 (-0,3;0,0)
Efeito randômico				
Sexo	0,4 (0,1;1,1)	0,3(0,1;0,7)	1,3 ⁷	0,1
Idade	0,3 (0,2;0,7)	0,8 (0,4;1,5)	0,0	1,0 ⁸
Escore socioeconômico	0,1 (0,0;0,3)	0,1 (0,0;0,3)	6,3 ¹¹	0,1
Prob> chi2	0,0	0,0	0,9	0,3
Resíduo	1,7	0,8	1,2	1,0
ICC⁽¹⁾ (%)	31,0	78,0	0,6	1,1
CPV⁽²⁾(%)	6,5 ⁵	68,0	1,3 ⁶	1,8 ⁴

Notas:

(1)Coeficiente de correlação intra-classe.

(2)Coeficiente de partição da variância.

Tabela 13 - Coeficientes do modelo de efeitos mistos para desenvolvimento de gônada e mama, expressos nos cinco estágios de maturação, para os quatro fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] em adolescentes escolares de 10 a 15 anos. Piracicaba, SP, 2012.

	FC1	FC2	FC3	FC4
Efeito fixo	(IC95%)			
Sexo	0,3 (-0,0;0,7)	-0,4 (-0,7;-0,2)	-0,0 (-0,2;0,2)	-0,1 (-0,3;0,0)
Efeito randômico				
Sexo	0,2	0,2 (0,1;0,6)	2,0 ⁸	0,0(2,9 ¹⁷ ;9,4 ¹²)
Idade	1,5 ⁸	0,8 (0,4;1,5)	4,6 ⁸	0,0 (0,00;0,14)
Escore socioeconômico	0,1	0,0 (0,0;0,2)	1,4 ⁹	0,0(0,01;0,21)
Prob> chi2	0,0	0,0	2,0	0,6
Resíduo	1,7	0,8	1,2	1,0
ICC⁽¹⁾ (%)	2,5	73,0	0,3	6,9
CPV⁽²⁾(%)	2,8 ⁹	60,0	5,0	0,1

Notas:

(1)Coeficiente de correlação intra-classe.

(2)Coeficiente de partição da variância.

9 DISCUSSÃO

9.1 FENÓTIPOS CORPORAIS E EFEITO DA MATURAÇÃO SEXUAL

O presente estudo aborda metodologicamente uma forma diferente de análise para testar a hipótese do efeito da maturação sexual sobre a composição corporal de adolescentes. Nesta forma de análise que apresentamos neste estudo não encontramos paralelos na revisão bibliográfica.

O estudo apresentou duas principais conclusões: a) descrição das variáveis responsáveis pela avaliação do estado nutricional em quatro fenótipos corporais distintos; b) ausência de interferência da maturação sexual sobre os fenótipos corporais apresentados anteriormente. Outras conclusões foram obtidas a partir dessas duas conclusões centrais, são elas: 1) Independência dos fenótipos corporais de que representam adiposidade e maturação sexual; 2) Associação negativa das variáveis de maturação sexual com o fenótipo corporal que expressa adiposidade; 3) associação da altura com a maturação sexual, representando o eixo de crescimento físico programado biologicamente na adolescência; 4) massa corporal pode ser um potencial confundidor no diagnóstico nutricional e nas análises para dimensionar os efeitos da maturação sexual sobre a composição corporal; 5) ausência de efeito da maturação sexual na composição corporal e nos marcadores bioquímicos; 6) Efeito significativo da maturação sexual sobre o fenótipo corporal que representa crescimento físico.

A análise multivariada do estado nutricional permitiu a estimativa de quatro fenótipos corporais distintos a partir dos parâmetros que compõem a avaliação do estado nutricional, sendo que em dois deles há características opostas quanto à composição corporal. O primeiro fenótipo (FC1) é caracterizado por variáveis que representam maior volume corporal e elevada adiposidade, sem associação com maturação sexual. Já o segundo (FC2) caracteriza um fenótipo de maturação sexual associada à expansão da massa óssea (traduzida pela altura) e presença do vetor cronológico (traduzido pela idade). Os dois últimos fenótipos corporais (FC3 e FC4) representaram os

marcadores bioquímicos e variáveis da composição corporal, sendo o FC3 representado por alterações bioquímicas relacionadas ao acúmulo de gordura corporal e o FC4 por alterações relacionadas à massa magra.

A idade que representa o vetor cronológico, associado à altura, é marcada no fenótipo de maturação sexual (puberdade) (FC2), evidenciando a associação com o crescimento físico programado na adolescência (estirão). O vetor biológico representado por acelerações hormonais e fenômenos característicos do processo de maturação sexual, também se associa ao crescimento linear e ao FC2. Portanto, a idade e altura são variáveis importantes a serem consideradas na avaliação do estado nutricional de adolescentes, já que se associam diretamente com a maturação sexual. As diferenças encontradas nos estágios de maturação sexual seguem a idade cronológica e possuem variabilidade entre os estágios, ou seja, cada adolescente evolui de forma diferente entre os estágios seguindo a idade (VAN BUUREN, 2009).

Ao inserir as variáveis de maturação no modelo de ACP pretendíamos conhecer a formação dos fenótipos corporais, as variáveis associadas a cada fenótipo e onde as variáveis representativas da maturação sexual apresentariam carga significativa. Observamos que a maturação sexual manteve associação com o fenótipo que expressa crescimento físico, e destaca-se a não associação com as variáveis que expressam adiposidade. Esse achado é interessante para estabelecer a ideia factual da distinção significativa entre os fenótipos corporais. Para testar contrafactualmente a formação dos fenótipos corporais, retiramos as variáveis de maturação sexual do modelo ACP e constatamos que os mesmos fenótipos corporais eram formados. Esse resultado fortalece o argumento da independência entre maturação sexual, adiposidade, composição corporal e marcadores bioquímicos, assim a quantidade de gordura corporal não apresenta relação com maturação sexual, são perfis distintos, da mesma forma a maturação sexual não apresenta relação com os marcadores bioquímicos (COLE et al. 2000).

A altura marcada no FC2 nas duas formas de ACP (com maturação sexual e sem maturação sexual) sugere que o crescimento físico está associado

fortemente com o processo da maturação sexual. A altura se mostrou um bom indicador de saúde para adolescentes, com forte associação para as etapas de maturação sexual (KARLBERG, 2002; SULIGA, 2009). Para TANNER (1983), a altura está associada com todas as mudanças na fase da puberdade, e não apresenta associação com massa corporal e composição corporal.

No modelo de análise onde as variáveis de maturação sexual foram adicionadas, a massa corporal apresentou associação somente com o FC1, na análise em que retiramos as variáveis de maturação sexual do modelo, a massa corporal apresentou carga fatorial para os dois primeiros fenótipos corporais (FC1 e FC2), esse resultado sugere que a massa corporal pode ser um potencial confundidor para avaliação do estado nutricional de adolescentes. A partir dos resultados encontrados consideramos que a expansão da massa e do volume corporal simultaneamente, entre adolescentes, é característica do aumento da gordura corporal (FC1), enquanto que a expansão da massa sem a expansão do volume é característica do processo de crescimento físico, com acúmulo de massa não gorda (FC2).

A associação positiva da massa corporal com o FC2 auxilia a compreensão da diferença na composição da massa corporal observada nos dois primeiros fenótipos. Embora em ambos os fenótipos ocorra expansão da massa corporal, essa expansão só se faz com aumento da adiposidade no primeiro fenótipo (FC1). Desta forma, as principais controvérsias entre considerar ou não a maturação sexual na avaliação do estado nutricional de adolescentes pode recair na forma de interpretação de indicadores de avaliação nutricional que consideram para diagnóstico a massa corporal. De acordo com os achados de COLE et al. (2000) durante a adolescência a composição corporal, em especial o tecido adiposo, varia em função das idades de início e término da puberdade e da velocidade do crescimento físico, portanto, o diagnóstico baseado na massa corporal leva a erros metodológicos consideráveis.

Essas diferenças encontradas na composição corporal podem ser explicadas com definições de *shape* e *size*. A palavra *shape* significa forma e

size tamanho. Um estudo com o objetivo de investigar a antropometria dos ossos da perna, utilizou como método ACP e concluiu que o *size* é a variável dominante e mais importante quando existem variações mínimas do *shape*. Além disso, as variações de *shape* não estão correlacionadas com o *size*, portanto, pode ocorrer mudanças no *shape* sem alterar significativamente *size*. Entretanto, o inverso não é verdadeiro. Aplicando esses conceitos neste estudo, identificamos que o *shape* é representado pela FC1, onde a forma adiposa é expressa. Já o *size* é caracterizado no FC2, representado pelo crescimento linear (altura). No presente estudo o problema do diagnóstico nutricional está no *shape*, ou seja, a forma corporal e sua composição (massa corporal). Assim, classificações do estado nutricional baseados em índices da massa corporal podem, facilmente, ser confundidas na presença dessas diferenças de composição corporal (CAVAIGNAC, *et al.* 2017).

Com as alterações nas dimensões corporais a relação entre altura e massa corporal precisa ser independente, neste caso, seria necessário um ajuste entre essas medidas, esse ajuste consideraria idade e sexo (KARLBERG 2002, 2003). As dimensões do corpo são de maior importância para o diagnóstico nutricional do que a avaliação por um único indicador univariado do estado nutricional, como por exemplo, o IMC, além disso, os indicadores univariados apresentam diferenças expressivas na variabilidade entre sexo e idade (WELLS, 2007).

Esse perfil de resultados sugere que a análise isolada do IMC é indutora de alguns dos equívocos observados na avaliação do estado nutricional dos adolescentes durante a maturação sexual. Acreditamos que um desses equívocos é a necessidade de ajuste prévio do IMC levando em consideração os estágios de maturação sexual e o ganho de massa corporal interpretado de forma incorreta. Adicionalmente, sugere também que essa variabilidade do IMC não é aleatória e, sim, ligada a processos biológicos do desenvolvimento físico nessa etapa do ciclo vital.

Em um estudo de análise de curvas de referências para crianças e adolescentes concluiu-se que as informações sobre os estágios de maturação

sexual são insuficientes para serem utilizadas como referências, já que as informações são subjetivas e as transformações físicas mínimas a ponto de desconstruir o método atual para avaliação nutricional (HIMES, 2006; KUCZMARSKI et al., 2000; ROGOL et al., 2002; HIMES et al., 2004). Estima-se que diferenças inferiores a 2 anos entre a idade média da maturação sexual da população estudada e da população de referência não irão introduzir distorções na avaliação do estado nutricional dos indivíduos analisados (VAN BUUREN 2012, LIEM et al. 2013). Diferenças étnicas não apresentaram associação com a maturação sexual, corroborando com os resultados do presente estudo (KARLBERG 2002, 2003).

Em um estudo com a população norte americana foi encontrada associação negativa entre sobrepeso, obesidade e maturação sexual precoce (AKSGLAEDE et al., 2009; MONTEILH et al., 2011; LEE, et al. 2016;). Adicionalmente, verificou-se que mudanças no IMC podem refletir principalmente mudanças na altura em vez de mudanças na composição corporal durante a adolescência (JI e CHEN, 2008; TINGGAARD et al., 2012).

Para alguns autores a avaliação do estado nutricional considerando as dobras cutâneas e altura é suficiente para garantir um diagnóstico robusto sem a necessidade de ajustes para maturação sexual. Além disso, a maior associação encontrada para maturação sexual foi entre altura e o sexo, os mesmos resultados foram encontrados no presente estudo (LEE et al., 2010; WENDEL et al. 2016). HIMES et al. (2004) e BUYKEN et al. (2011) também concluíram que não há associação entre variáveis relacionadas à gordura corporal (dobras cutâneas) e maturação sexual. Já as variáveis de composição corporal apresentaram efeitos significativos sobre a maturação sexual, idade e altura (KARPATI et al., 2002; WANG, 2002; CHEN, 2008; BUYKEN et al., 2009; MONTEILH et al., 2011; HUI et al., 2012). Outro resultado que merece destaque é a não associação das dobras cutâneas e gordura corporal total com a idade de início da puberdade em ambos os sexos (VIZMANOS e MARTI-HENNEBERG, 2000).

Os fenótipos corporais que expressam os marcadores bioquímicos (FC3 e FC4) mostraram independência da maturação sexual. O acúmulo excessivo de massa corporal durante a maturação sexual seria o principal fator para as desordens metabólicas, como alterações no colesterol, hemoglobina, triglicerídeos e glicose, e não propriamente à maturação sexual (SERRANO et al. 2010).

Estudos apontam que os marcadores bioquímicos colesterol, triglicerídeos e glicose apresentam associação com o aumento da relação cintura quadril e IMC e não associação com maturação sexual (KOZINETZ, 1988; DUARTE, 1993; MORRISON et al., 2003).

Os estudos que concluíram pela necessidade de ajuste prévio da maturação sexual possuem em comum o uso somente do IMC como mecanismo proposto nos métodos de análise (BINI et al., 2000; WANG, 2006, BARBOSA et al., 2006; BUTTE et al., 2006; BEUNEN, 2006; ONIS et al., 2007). Em um estudo que gerou fenótipos do corpo (conjunto de características semelhantes) com o objetivo de verificar diferenças entre os sexos a partir de variáveis antropométricas (altura, massa corporal, IMC, circunferência da cintura, gordura corporal total e dobra cutânea abdominal) concluiu que há diferenças entre os sexos para a composição do corpo. Entretanto, a diferença significativa parece estar relacionada a idade (PAUS, et al. 2017). O estudo citado acima é um exemplo da confusão causada pelo uso de indicadores univariados para classificação do estado nutricional. A altura apresentou associação forte com a idade e sexo, já a massa corporal e o IMC apresentaram associação fraca com idade e sexo.

Estudos indicam que utilizar o IMC como medida corporal pode conduzir a erros de diagnóstico, deste modo, os estudos que possuem o objetivo de investigar a associação, dependência, causalidade e efeito da gordura corporal e puberdade deve-se considerar metodologicamente não utilizar exclusivamente o IMC e utilizar outros métodos como dobras cutâneas e impedância elétrica (DANIELS, KHOURY e MORRISON, 1997; KAPLOWITZ, 2017).

No presente estudo uma nova forma de abordagem para o mesmo questionamento foi realizada, utilizando a altura e a massa corporal separadamente e com o mesmo grau de relevância. Verificou-se que o problema é utilizar índices univariados como forma de análise, pois a altura isoladamente é um bom indicador do estado nutricional na adolescência e a massa corporal reflete a confusão na fase de maturação sexual.

A partir dos resultados da ACP, houve a necessidade de testar contra factualmente a dimensão do efeito da maturação sexual sobre os fenótipos corporais estimados. Observamos nitidamente o efeito significativo da maturação sexual sobre o fenótipo corporal que expressa o crescimento físico e o efeito não significativo nos demais fenótipos corporais que expressam adiposidade, composição corporal e marcadores bioquímicos. Esse resultado não somente fortalece nosso argumento contrário à necessidade do ajuste da maturação sexual, mas também demonstra a distinção entre maturação sexual e adiposidade.

A maturação sexual na análise de efeitos mistos apresentou maior explicação e variabilidade no modelo de desenvolvimento de pelos pubianos para o FC2, a variabilidade encontrada foi de 78%. Assim, entendemos que a maturação sexual está associada fortemente com o fenótipo corporal de crescimento físico e as alterações e modificações que ocorrem durante a fase da puberdade são altamente reguladas biologicamente através da idade.

Ao contrário do que se apresenta na literatura a variabilidade de explicação da maturação sexual sobre o FC1 e marcadores bioquímicos ligados tanto à massa gorda, quanto à massa magra (FC3 e FC4) foi insignificante. Desta forma, a maturação sexual não é responsável pela variação da adiposidade e dos marcadores bioquímicos durante a puberdade. Na literatura o IMC é sempre o indicador responsável pelo diagnóstico nutricional e nas análises sempre utilizado para indicar que o IMC precisa ser ajustado pelos estágios de maturação sexual. Acreditamos que o IMC sendo um indicador univariado ocorra confusão no momento da análise, já que a massa corporal

carrega nos dois primeiros fenótipos corporais. Portanto a confusão está no método de análise.

A maturação sexual explicou 73% da variabilidade do FC2 no modelo de gônada de mama. Entretanto, a explicação para os FC1 FC3 e FC4 apresentaram efeitos não significantes.

No presente estudo a diferença encontrada nos modelos de análise de efeitos mistos para pelos pubianos e gônada/mama nos direciona a uma outra discussão referente a função dos eixos hormonais na puberdade. Destaca-se que 31% da variabilidade encontrada relacionada aos pelos pubianos foi explicada no FC1 e 78% para o FC2. Portanto, o eixo responsável pelo desenvolvimento dos pelos pubianos pode estar relacionado com a parte adiposa. Na literatura existe uma divergência sobre se o eixo responsável pelo desenvolvimento de pelos pubianos está relacionado a gordura corporal ou não. Estudos indicam que a gordura corporal pode ativar a secreção de andrógenos adrenais por meio das glândulas suprarrenais durante a adrenarca (estágio pré-pubere) e assim iniciar o aparecimento de pelos pubianos, portanto o eixo responsável pelo desenvolvimento de pelos pubianos pode estar associado com a gordura corporal (CHARKALUK, TRIVIN e BRAUNER, 2004; CAMPBELL, 2006; AUCHUS, 2011). Entretanto, outros estudos apontam que não há relação ou associação entre o eixo hormonal responsável pelo desenvolvimento de pelos pubianos e gordura corporal, e concluem estar relacionado a impulsos nervosos resultando em hormônios gerados no hipotálamo (LEE, et al. 2016; KAPLOWITZ, 2017).

No modelo de efeitos mistos para gônada/mama apresenta resultados diferentes, a variabilidade encontrada relacionada a gônada/mama foi explicada no FC1 por 2,5% e 73% para FC2. Desta forma, a explicação deste modelo para FC1 é insignificante, e o eixo responsável pelo desenvolvimento de gônada/mama não está associado com a gordura corporal e sim com o crescimento físico e idade.

9.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DO ESTADO NUTRICIONAL DE ADOLESCENTES

A complexidade entre as diferentes dimensões da avaliação do estado nutricional de adolescentes não é adequadamente abordada com o uso dos indicadores nutricionais tradicionais uma vez que os dados antropométricos, da composição corporal ou marcadores bioquímicos são interpretados individualmente (COLE et al., 2000; COLE e LOBSTEIN, 2012). Uma alternativa a essa limitação foi o uso da análise multivariada para definição de fenótipos corporais. Este tipo de análise gera variáveis latentes, que agregam múltiplas dimensões das características físicas em uma mesma variável. Estes fenótipos corporais permitem integrar as múltiplas interações entre o fenômeno da maturação sexual e o processo do crescimento físico bem como a análise de seus determinantes antropométricos, da composição corporal ou parâmetros bioquímicos sobre o estado nutricional dos adolescentes.

A análise multivariada aplicada à avaliação do estado nutricional é uma abordagem nova nesta área, desta forma, não há parâmetros de comparações com outros estudos. Entretanto, podemos utilizar os conceitos e aplicação da técnica para comparação. Alguns estudos têm utilizado a denominação de fenótipos para construir ideias de agregações de características semelhantes aplicadas a vários temas, por exemplo, fenótipos de hereditariedade baseados no DNA (TREROTOLA, et al. 2015), protocolos extensos de fenótipos representativos da saúde mental, comportamental, do corpo e bioquímica (PAUS, et al. 2017), fenótipos de genes, metabolismo e ambiente relacionados a obesidade (PIGEYRE, et al. 2016) e fenótipos de dimensão dos ossos (CAVAIGNAC, et al. 2017).

A multidimensionalidade permite a discussão simultânea dos vários aspectos envolvidos na composição corporal e na modificação dos caracteres sexuais secundários do indivíduo. Essa análise foi crucial para esclarecer as diferentes composições de massas corporais observadas nos fenótipos 1 e 2, por exemplo.

Ao considerar como forma de análise os fenótipos corporais e não apenas as variáveis antropométricas usualmente utilizadas (peso e altura), o pressuposto é relativamente constante (cargas fatoriais), o que gera maior confiabilidade nos resultados. Ou seja, como a ACP considera a variabilidade das variáveis e a carga fatorial atribuída às mesmas, afirma-se que cada fenótipo corporal representa adequadamente uma parcela importante da avaliação nutricional de adolescentes (GAGE, 2003; PARENT, 2003).

A avaliação do estado nutricional baseada no IMC considera um recorte específico para o diagnóstico nutricional (peso e altura), já a análise multivariada permitiu que todas as variáveis utilizadas na avaliação do estado nutricional de adolescentes fossem interpretadas conjuntamente. A análise multivariada do estado nutricional possibilitou a descrição de fenótipos corporais distintos, além disso, contribuiu para que pudéssemos olhar com um espectro mais apurado a verdadeira contribuição de cada variável nos fenótipos gerados e a distribuição das variáveis em cada fenótipo.

Por outro lado, a análise multivariada considera seus resultados a partir de interpretações, portanto existe um nível de subjetividade considerável. Para evitar que esse problema ocorresse e comprometesse os dados do estudo, utilizamos as principais variáveis utilizadas na avaliação do estado nutricional e adotamos como ponto de corte os *loadings* estabelecidos na literatura como adequados e confiáveis.

O diferencial deste trabalho reside tanto na estimativa de fenótipos corporais distintos representativos da avaliação do estado nutricional de adolescentes, quanto na quantificação do efeito não significativo da maturação sexual sobre os fenótipos corporais que expressam a adiposidade e parâmetros bioquímicos e efeito significativo sobre o fenótipo corporal que expressa crescimento físico linear.

Em análises paralelas as apresentadas neste estudo decidimos testar a replicabilidade dos resultados em diferentes bancos de dados. A mesma análise foi aplicada em estudos realizados no Brasil nas cidades de São Paulo [n=1134] e Florianópolis [n=2259] e um estudo de base populacional americano

National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) (EUA) [n=3321]. Em todos os estudos os resultados se mantiveram semelhantes ao presente estudo. Destaca-se o estudo da NHANES III que apresentou os dados de maturação sexual avaliados por profissional de saúde treinado. O apêndice 6 apresenta a saída completa das cargas fatoriais da ACP do estudo NHANES III.

As limitações deste estudo foram: a) informações auto-referidas para os dados de maturação sexual, o que pode ter acarretado em omissão de informações corretas e dúvidas sobre o real estágio em que o adolescente se encontrava; b) cobertura da faixa etária, o questionário de maturação sexual, foi aplicado somente nos adolescentes de 10-15 anos. Entretanto, é nesta faixa etária que se concentram as maiores modificações causadas pelo processo da puberdade; c) ausência de dados para as variáveis utilizadas no estudo e o uso do método de imputação de dados para as informações incompletas.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou duas formas de análises distintas, a primeira de caráter descritivo, que alocou as variáveis responsáveis pela classificação do estado nutricional em fenótipos corporais diferentes. A segunda análise aplicada neste estudo apresentou caráter de interferência no qual identificamos o efeito da maturação sexual sobre os fenótipos corporais. O método aplicado neste estudo parece ser promissor para sanar os questionamentos a respeito do ajuste do IMC através dos estágios de maturação sexual.

A aplicação da análise multivariada para definição dos fenótipos corporais permitiu a descrição e interpretação do fenômeno fisiológico do crescimento, puberdade e da avaliação do estado nutricional de uma forma diferente. A presente abordagem está um passo à frente do uso de indicadores simples, já que analisa de forma mais ampla e complexa as medidas físicas, bioquímicas e inclusive a maturação sexual. Nossos resultados ressaltam a independência apresentada entre a antropometria, composição corporal, parâmetros bioquímicos e maturação sexual. Os resultados do presente estudo nos leva a entender que a maturação sexual não precisa ser classificada anteriormente à classificação do estado nutricional pelo IMC uma vez que a confusão parecer advir de alterações do ganho de massa corporal e não do processo de maturação sexual em si.

Os estudos que concluíram pelo ajuste do IMC por meio dos estágios de maturação sexual possuem em comum um mecanismo proposto de análise diferente do presente estudo, os estudos levaram em consideração para as análises o IMC. Neste estudo consideramos altura e peso variáveis distintas e com o mesmo grau de importância. Essa diferença pontual mostrou que o ajuste não é necessário, já que a massa corporal é responsável pela confusão no momento de análise.

Este é o primeiro estudo que quantificou o efeito da maturação sexual sobre: antropometria, composição corporal e parâmetros bioquímicos,

considerando a ideia de múltiplas variáveis associadas a avaliação do estado nutricional, que resultaram em fenótipos corporais do estado nutricional de adolescentes. Novos estudos podem aprofundar essas análises, utilizando novas bases de dados para verificar a replicação dos resultados encontrados, além disso, estimar os escores apresentados pela análise multivariada como um novo escore clínico de diagnóstico nutricional. É necessário levar em consideração as limitações deste estudo citadas acima na sessão de discussão.

Diante do exposto, o uso de indicadores univariados para avaliação do estado nutricional de adolescentes pode levar a erros consideráveis no momento do diagnóstico nutricional. Uma alternativa considerável seria o uso de um escore clínico para diagnóstico no período da puberdade, esse escore seria baseado nos fenótipos corporais. O uso desse escore indicaria facilmente quando o adolescente está ganhando massa corporal adequadamente para suprir as necessidades do processo puberdade e quando esse ganho passaria a ser um problema e necessitaria de intervenção nutricional. Assim, diminuiriam as intervenções desnecessárias.

11 REFERÊNCIAS

AITKIN, R. D. B. M. Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm. **Psychometrika**, v. 46, n. 4, p. 443-459, dez. 1981.

AKSGLAEDE, L. *et al.* Age at puberty and the emerging obesity epidemic. **Plos One**, v. 4, n. 8, p. 1-6, 2009.

ALLISON, P. Imputation by Predictive Mean Matching: Promise & Peril. **Statistical Horizons**, March. 2015

ALLISON, P. **Imputation by Predictive Mean Matching: Promise & Peril.** Disponível em: <<http://statisticalhorizons.com/predictive-mean-matching>>. Acesso em: 1 mar. 2017.

American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. **Diabetes Care**, v. 28, n. 1, p. 4-36, 2005.

AUCHUS, R, J. The Physiology and Biochemistry of Adrenarche. **Pediatric Adrenal Diseases**, v. 20, p. 20-27, 2011.

BARBOSA, K. B. F.; FRANCESCHINI, S. C. C.; PRIORE, S. E. Influência dos estágios de maturação sexual no estado nutricional, antropometria e composição corporal de adolescentes. **Revista Brasileira Saúde Materno Infantil**, v. 6, n. 4, p. 375-382, 2006.

BENNETT, N. Teachings tylesand pupil progress. **Harvard University Press**, Cambrige, p. 201, 1976.

BEUNEN, G. P.; ROGOL, A. D.; MALINA, R. M. Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 4, p. 244-256, Dec. 2006.

BINI, V. *et al.* Body mass index in children and adolescents according to age and pubertal stage. **Europe Journal Clinical Nutrition**, v. 54, p. 8-214, 2000.

BIRO, F. M. *et al.* Pubertal maturation in girls and the relationship to anthropometric changes: pathways through puberty. **Journal of Pediatrics**, v. 142, n. 6, p. 643-647, Jun. 2003.

BURROWS, A. R. *et al.* Perfil metabólico de riesgo cardiovascular en niños y adolescentes obesos con menor sensibilidad insulínica. **Revista Médica de Chile**, v. 133, n. 7, p. 795-804, Jul. 2005.

BUTTE, N. F.; GARZA, C. O. M. Evaluation of the feasibility of international growth standards for school-aged children and adolescents. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 5, p. 169-173, 2006.

BUYKEN, A. E. *et al.* Body composition trajectories into adolescence according to age at pubertal growth spurt. **American Journal Human Biology**, v. 23, p. 216-224, 2011.

BUYKEN, A. E.; KARAOLIS-DANCKERT, N.; REMER, T. Association of prepubertal body composition in healthy girls and boys with the timing of early and late pubertal markers. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 89, p. 221-230, 2009.

CAMARGOS, V. P. *et al.* Imputação múltipla e análise de casos completos em modelos de regressão logística: uma avaliação prática do impacto das perdas em covariáveis. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 27, n. 12, p. 2299-2313, Dez. 2011.

CAMPBELL, B. Adrenarche and the Evolution of Human Life History. **American Journal Of Human Biology**, v.18, p. 569-589, 2006.

CASTILHO, S. D.; BARROS, A. A. F. Crescimento pós-menarca em uma coorte de meninas brasileiras. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, v.49, n.6, p.971-977, Dez. 2005.

CAVAIGNAC, E. *et al.* Three-dimensional geometric morphometric analysis reveals ethnic dimorphism in the shape of the femur. **Journal of Experimental Orthopaedics**, v. 4, n. 13, p. 1-8, 2017.

CHAN, N. P. *et al.* Reliability of pubertal self-assessment in Hong Kong Chinese children. **Journal Pediatric Child Health**, v. 44, p. 8-353, 2008.

CHARKALUK, M. L; TRIVIN, C; BRAUNER, R. Premature pubarche as an indicator of how body weight influences the onset of adrenarche. **European Journal of Pediatrics**, v. 163, n.2, p. 89-93, 2004

- CHROUSOS, G. P.; KINO, T.; CHARMANDARI, E. Evaluation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in childhood and adolescence. **Neuroimmunomodulation**, v.16, n.5, p.272-282, 2009.
- COLE, T. J. *et al.* Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **BMJ**, v. 320, n. 6, p. 1-6, May. 2000.
- COLE, T. J.; LOBSTEIN, T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. **Pediatric Obesity**, v. 7, n. 4, p. 284-294, Aug. 2012.
- CONDE, W. L; MONTEIRO, C. A. Valores críticos do índice de massa corporal para classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes brasileiros. **Jornal de Pediatria**, vol. 82 n. 4, p. 266-272, Jul/Agos. 2006.
- CONDORELLI, R. A. *et al.* The gonadal function in obese adolescents: review. **Journal of Endocrinological Investigation**, v.37, p.1133–1142, 2014.
- DANIELS, S. R; KHOURY, P. R; MORRISON, J. A. The utility of bodymass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. **Pediatrics**, v. 99, n.6, p. 804-807, 1997.
- DAUGHADAY, W. H. Growth hormone axis overview-somatomedin hypothesis. **PediatricNephrol**, v.14, n.7, p.537-540, Jul. 1999.
- DEMETRIOU, C. A. *et al.* The mediterranean dietary pattern and breast cancer risk in Greek-Cypriot women: a case-control study. **BMC Cancer**, v. 12, n. 1, p. 113, 23 mar. 2017.
- DITTMAR, M.; REBER, H. Validation of different bioimpedance analyzers for predicting cell mass against whole-body counting of potassium (40K) as a reference method. **American Journal of Human Biology**, v. 16, n. 6, p. 697-703, 2004.
- DONDERS, A. R. T. *et al.* Review: a gentle introduction to imputation of missing values. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 59, n. 10, p. 1087–1091, out. 2006.
- DUARTE, M. F. S. Maturação física: uma revisão da literatura, com especial atenção à criança brasileira. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 71-84, 1993.
- EICKEMBERG, M. *et al.* Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.24, n.6, p.883-893, 2011.

FARIA, E. R. *et al.* Aspectos metodológicos e éticos da avaliação da maturação sexual de adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 398-405, 2013.

FILMER, D.; PRITCHETT, L. H. Estimating Wealth Effects without Expenditure Data-or Tears: An Application to Educational Enrollments in States of India. **Demography**, v. 38, n. 1, p. 115-132, Fev. 2001.

FLECK, M. P.; BOURDEL, M. C. Method of simulation and choice of factors in the analysis of principal components. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 3, p. 267-272, Jun. 1998.

FREDRIKS, A. M. *et al.* Continuing positive secular growth change in The Netherlands 1955-1997. **Pediatric Research**, v. 47, n. 3, p. 316-323, Mar. 2000.

FREDRIKS, A. M. *et al.* Height, weight, body mass index and pubertal development reference values for children of Turkish origin in the Netherlands. **European Journal of Pediatrics**, v. 162, n. 11, p. 788-793, Nov. 2003.

FREEDMAN, D. S. *et al.* Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood: the Bogalusa Heart Study. **Pediatrics**, v. 108, n. 3, p. 712-718, Sep. 2001.

FRUTUOSO, M. F. P.; VIGANTZKY, V. A.; GAMBARDELLA, A. M. D. Hemoglobin serum levels in adolescents according to sexual maturation stage. **Journal of Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 155-162, Jun. 2003.

GAGE, T. B. The Evolution of Human Phenotypic Plasticity: Age and Nutritional Status at Maturity. **Human Biology**, v. 75, n. 4, p. 521-537, Aug. 2003.

GOLDSTEIN, H. Nonlinear multilevel models, with an application to discrete response data. **Biometrika**, v.78, p.45-51, 1991.

GOULD, S. J. Geometric similarity in allometric growth: a contribution to the problem of scaling in the evolution of size. **The American Naturalist**, v. 105, n. 942, p. 113-136, Massachusetts, Mar/Abr.1971.

GÜNTHER, B.; MORGADO, E. Theory of biological similarity revisited. **Journal of Theoretical Biology**, v. 96, n. 4, p. 543-559, Jun.1982.

HAIR, J.F. *et al.* Multivariate data analysis. 7. ed. [S.l.], 2009.

HARDLE, W. K.; SIMAR, L. Applied Multivariate Statistical Analysis. **Springer**, 2007.

HELLHAMMER, D. H.; WÜST, S.; KUDIELKA, B. M. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. **PSYCHONEUROENDOCRINOLOGY**, v.34, n. 2, p.163-171, Feb. 2009.

HERMAN-GIDDENS, M. E. *et al.* Secondary sexual characteristics and menses in young girls seen in office practice: a study from the Pediatric Research in Office Settings network. **Pediatrics**, v. 99, n. 4, p. 505-512, Apr. 1997.

HERMAN-GIDDENS, M. E.; WANG, L.; KOCH, G. Secondary sexual characteristics in boys: estimates from the national health and nutrition examination survey III, 1988-1994. **Archives of Pediatrics and Adolescent Medicina**, v. 155, n. 9, p. 1022-1028, Sep. 2001.

HIMES, J. H. Long-term longitudinal studies and implications for the development of an international growth reference for children and adolescents. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 4, Jan. 2006.

HIMES, J. H.; OBARZANEK, E.; BARANOWSKI, T. Early sexual maturation, body composition, and obesity in African-American girls. **Obesity Research**, v. 12, p. 64-72, 2004.

HONGYU, K. *et al.* Principal Component Analysis: theory, interpretations and applications. **Engineering and Science**, v.1, n. 5, p. 83-90, 2015.

HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **The Journal Educational Psychology**, Cambridge, v.24, p. 498-520, 1933.

HOTELLING, H. Simplified calculation of principal components. **Psychometrika**, Williamsburg, v.1, p.27-35, 1936.

HU, F. B. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. **Current Opinion in Lipidology**, v. 13, n. 1, p. 3-9, fev. 2002.

HUI, L. L. *et al.* Infant growth and onset of puberty: & prospective observations from Hong Kong's 'Children of 1997' birth cohort. **Annals Epidemiology**, v. 22, p. 43-50, 2012.

INTERNATIONAL OBESITY TASK FORCE. Disponível em:
<<http://www.worldobesity.org/who-we-are/>>. Acesso em: 20 maio 2017.

JI, C. Y.; CHEN, T. J. Secular changes in stature and body mass index for Chinese youth in sixteen major cities, 1950s – 2005. **American Journal Human Biology**, v.20, p. 530-537, 2008.

JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. New York: Springer-Verlag, 2002.

JOLLIFFE, I. T.; MORGAN, B. J. Principal component analysis and exploratory factor analysis. **Statistical Methods in Medical Research**, v.1, n.1, p.69-95, 1992.

JUUL, A. *et al.* Age at voice break in Danish boys: effects of prepubertal body mass index and secular trend. **International Journal of Andrology**, v. 30, n.6, p. 537-542, Dec. 2007.

KAISER, H. F. An index of factorial simplicity. **Psychometrika**, v. 39, n. 1, p. 31–36, 1974.

KAPLOWITZ, P. B. Link Between Body Fat and the Timing of Puberty. **Pediatrics**, v. 121, n. 3, p. 208-217, fev. 2008.

KARLBERG, J. *et al.* Puberal Growth Assessment. **Hormone Research in Pediatrics**, v. 60, n. 1, p. 27-35, 2003.

KARLBERG, J. Secular Trends in Pubertal Development. **Hormone Research in Pediatrics**, v. 57, n. 2, p. 19-30, 2002.

KARPATI, A. M. *et al.* Stature and pubertal stage assessment in American boys: the 1988-1994 Third National Health and Nutrition Examination Survey. **Journal Adolescents Health**, v. 30, p. 205-212, 2002.

KOZINETZ, C. A. Self-assessed female maturation stages: A research tool. **Human Biology**, v. 60, p. 293-303.

KUCZMARSKI, R.J. *et al.* CDC Growth Charts: United States. **Europe PMC**, v. 314, n. 1, p. 1-27, 2000.

LEBIEDOWSKA, M. K.; ALTER, K. E.; STANHOPE, S. J.; Human body shape index based on an experimentally derived model of human growth. **Journal Pediatrics**, v. 152, n. 1, p. 45-49, Jan. 2008.

LEE, J. M. *et al.* Body mass index and timing of pubertal initiation in boys. **Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine**, v.164, p. 139-144, 2010.

LEE, J. M. *et al.* Timing of Puberty in Overweight Versus Obese Boys. **Pediatrics**, v.137, n. 2, p. 1-10, Feb. 2016

LIEM, E. T. *et al.* Growth during infancy and childhood, and adiposity at age 16 years: ages 2 to 7 years are pivotal. **Journal of Pediatrics**, v. 162, n. 2, p. 92-287, Feb. 2013.

LOHMAN, T. G.; GOING, S. B. Body Composition Assessment for Development of an International Growth Standard for Pre-adolescent and Adolescent Children. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 4, p. 314-325, Dec. 2006.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric Standardization Reference Manual. **Human Kinetics Books**, Illinois, 1988.

LYRA, W. DA S. *et al.* Periodic classification: a didactic example to teach principal component analysis. **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1594–1597, 2010.

MALINA, R., BOUCHARD C. BAR-OR, O. Growth, maturation, and physical activity. Champaign, **HumanKinetics**, 2.ed. 1991.
March 5, 2015

MARCONDES, E. *et al.* Conceito de adolescência. **Pediatria básica**. São Paulo, 8.ed. Sarvier, 2002.

MARSHALL, W. A.; TANNER, J. M. Variations in pattern of pubertal changes in girls. **Archives of Disease in Childhood**, London, v. 44, n. 235, p. 291-303, 1969.

MARSHALL, W. A.; TANNER, J. M. Variations in the Pattern of Pubertal Changes in Boys. **Archives of Disease in Childhood**, London, v. 45, n. 239, p. 13-23, 1970.

MARTIN, R. H. *et al.* Auto- avaliação da maturação sexual masculina por meio da utilização de desenhos e fotos. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 15, p. 22-212, 2001.

MEDEIROS, R. M. V. *et al.* Contribution of anthropometric characteristics to pubertal stage prediction in young male individuals. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 3, p. 229-235, Sep. 2014.

MERLO J. *et al.* A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: using measures of clustering contextual phenomena in multilevel logistic regression to investigate. **Journal Epidemiology Community Health**, v. 60, p. 290-297, 2006.

MERLO, J. *et al.* A brief conceptual tutorial on multilevel analysis in socialepidemiology: investigating contextual phenomena indifferent groups of people. **Journal of Epidemiology Community Health**, v. 59, p.729-736, 2005.

MONTEILH, C. *et al.* Timing of maturation and predictors of Tanner stage transitions in boys enrolled in a contemporary British cohort. **Padiatric and Perinatal Epidemiololy**, v. 25, p.75-87, 2011.

MORRISON, J. A. *et al.* Sex hormones and the changes in adolescent male lipids: longitudinal studies in a biracial cohort. **The Journal of Pediatrics**, v. 142, n. 6, p. 42-637, Jun. 2003.

MUL, D. *et al.* Pubertal development in The Netherlands 1965-1997. **Pediatric Research**, v. 50, n. 4, p. 479-486, Oct. 2001.

MURRAY, P. G.; PETER, E. C. Endocrine Control of Growth. American. **Journal of Medical Genetics Part C (Seminars in Medical Genetics)**, v. 163, p. 76-85, 2013.

NUNES, L. N.; KLÜCK, M. M.; FACHEL, J. M. Uso da imputação múltipla de dados faltantes: uma simulação utilizando dados epidemiológicos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 2, p. 268–278, 2009.

OLINTO, M. T. A. Padrões alimentares: análise de componentes principais. In: **Epidemiologia nutricional**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ; Atheneu, 2007. p. 213–225.

ONIS, M. *et al.* Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. **Bull World Health Organ**, v. 85, p. 660-667, 2007.

PAPER, J. S. *et al.* HPG-axis hormones during puberty: A study on the association with hypothalamic and pituitary volumes. **Psychoneuroendocrinology**, V. 35, p. 133-140, 2010.

PARENT, A. S. *et al.* The Timing of Normal Puberty and the Age Limits of Sexual Precocity: Variations around the World, Secular Trends, and Changes after Migration. **Endocrine Reviews**, v. 24, n. 5, p. 668-693, Oct. 2003.

PAUS, T. *et al.* Sex Differences in the Adolescent Brain and Body: Findings From the Saguenay Youth Study. **Journal of Neuroscience Research**, v. 95, p. 362-370, 2017.

PERES, S. V. *et al.* Prevalência de excesso de peso e seus fatores associados em adolescentes da rede de ensino público de Piracicaba, São Paulo. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 57-64, 2012.

PIGEYRE, M. *et al.* Recent progress in genetics, epigenetics and metagenomics unveils the pathophysiology of human obesity. **Clinical Science**, v.130, p. 943-986, 2016.

PINTO, I. C. S. *et al.* Prevalência de excesso de peso e obesidade abdominal, segundo parâmetros antropométricos, e associação com maturação sexual em adolescentes escolares. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, n. 9, p. 1727-1737, Sep. 2010.

RAYKOV, T.; MARCOULIDES, G. A. **An introduction to applied multivariate analysis**. [S.l.] Routledge, 2012.

REYNOLDS, E. L.; WINES, J. V. Individual differences in physical changes associated with adolescence in girls. **American Journal of Disease of Children**, v. 75, n. 3, p. 329-350, 1948.

ROGOL, A. D. Growth, body composition and hormonal axes in children and adolescents. **Journal of Epidemiological Investigation**, v. 26, n. 9, p. 855-860, 2003.

ROGOL, A. D.; ROEMMICH, J. N.; CLARK, P. A.; Growth at puberty. **Journal Adolescents Health**, v. 31, n. 1, p. 192-200, 2002.

ROMAN, E. *et al.* Antropometry, sexual maturation and menarcheal age according to socioeconomic status of schoolgirls. **Associação Médica Brasileira**, Cascavel, v. 55, n. 3, p. 317-321, 2009.

ROMERO, A. Determinantes do índice de massa corporal em adolescentes de escolas públicas de Piracicaba, São Paulo. **Ciência e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 141-149, 2010.

ROUX, A. V. D. A glossary for multilevel analysis. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 56, n. 8, p. 588–594, 1 ago. 2002.

RUBIN, D. B. **Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1987.

SANTOS, C. A. S. T. *et al.* Modelagem Multinível. **Sitientibus**, Jan/Jun. 2000.

SERRANO, H. M. S. Composição Corpórea, Alterações Bioquímicas e Clínicas de Adolescentes com Excesso de Adiposidade. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 95, n. 4, p. 464-472, 2010.

SICHERI, R.; CASTRO, J. F. G.; MOURA, A. B. S. Factors associated with dietary patterns in the urban Brazilian population. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. Supl 1, p. S47-53, 21 jul. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. I Diretriz de prevenção da aterosclerose na infância e na adolescência. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 85, n. 6, 2005.

SORENSEN, K. *et al.* Recent changes in pubertal & timing in healthy Danish boys: associations with body mass index. **The Journal Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 95, n. 1, p. 263-270, Jan. 2010.

STATACORP, L. P. **Stata Data Analysis and Statistical Software**. Texas, USA: [S.N.].

STEPHEN, M. D.; BRYANT, W. P.; WILSON, D. P. Self-assessment of sexual maturation in children and adolescents with diabetes mellitus. **Endocrine Practice**, v. 14, n. 7, p. 840-845, Oct. 2008.

SULIGA, E. Visceral adipose tissue in children and adolescents: a review. **Nutrition Research Reviews**, v. 22, p. 137-147, 2009.

TALMA, H. *et al.* Trends in Menarcheal Age between 1955 and 2009 in the Netherlands. **Plos One**, v. 8, n. 4, p. 1-7, Abr. 2013.

TANNER, J. M. *et al.* Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height. 2a ed. **Academic Press**, London, 1983.

TANNER, J. M. Growth at Adolescence. **Blackwell Scientific Publications**, 2 ed. Oxford, 1962.

THOMIS, M. A.; TOWNE, B. Genetic determinants of prepubertal and pubertal growth and development. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 4, p. 257-278, Dec. 2006.

TINGGAARD, J. *et al.* The physiology and timing of male puberty. **Current Opinion Endocrinology, Diabetes and Obesity**, v. 19, p. 197-203, 2012.

TREROTOLA, M. *et al.* Epigenetic inheritance and the missing heritability. **Human Genomics**, v. 9, n. 17, p. 1-12, 2015.

UNIVERSITY OF BRISTOL. Leckie, G. Learning Environment for Multilevel Methodology and Applications (LEMMA). **Module 5: Introduction to multilevel modelling**. StataPractical. Disponível em: <<http://www.bristol.ac.uk/cmm/learning/online-course/index.html>>. Acesso em: 2 Jan. 2017.

VAN BUUREN, S.; OOMS, J. C. L. Stage line diagram: an age-conditional reference diagram for tracking development. **Statistics in Medicine**, v. 15, n. 11, p. 79-1569, May 2009.

VAN BUUREN, S.; VAN, SCHÖNBECK, Y.; VAN DOMMELEN, P. Collection, collation and analysis of data in relation to reference heights and reference weights for female and male children and adolescents (0-18 years) in the EU, as well as in relation to the age of onset of puberty and the age at which different stages of puberty are reached in adolescents in the EU. **Innovation for life**, Netherlands, 2012.

VINK, G. *et al.* Predictive mean matching imputation of semicontinuous variables. **Statistica Neerlandica**, v. 68, n. 1, p. 61-90, 2014.

VITOLO, M. R. *et al.* Evaluation of two classifications for overweight among Brazilian adolescents. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 4, p. 653-656, Aug. 2007.

VIZMANOS, B; MARTI-HENNEBERG, C. Puberty begins with a characteristic subcutaneous body fat mass in each sex. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n.3, p. 203-208, 2000.

WANG, Y. *et al.* Limitations of the Current World Health Organization Growth References for Children and Adolescents. **Food Nutrition Bull**, v. 27, n. 4, p. 175-188, Dec. 2006.

WANG, Y. Is obesity associated with early sexual maturation? A comparison of the association in American boys versus girls. **Pediatrics**, v. 110, p. 903-910, 2002.

WELLS, J. C. The programming effects of early growth. **Early Human Development**, v. 87, p.743–748, 2007.

WENDEL, D. *et al.* Body Composition Estimation Using Skinfolds in Children With and Without Health Conditions Affecting Growth and Body Composition. **Annals of Human Biology**, v. 44, n. 2, p. 108-120, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Nutrition in adolescence – issues and challenges for the health sector: issues in adolescent health and development, Geneva, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. 1995. Disponível em:
<http://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/en/>. Acesso em: 28 Fev. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Waist Circumference and Waist–Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. 2008. Disponível em:
<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44583/1/9789241501491_eng.pdf>. Acesso em: 16 Jan. 2017.

12 ANEXOS

Anexo 1 - Estágios de maturação sexual em meninas, segundo Tanner, 1962.

Anexo 2 - Estágios de maturação sexual em meninos, segundo Tanner, 1962.

I		3 $\updownarrow$ <2,5
II		4 $\updownarrow$ 2,5-3,2
III		10 $\updownarrow$ 3,6
IV		16 $\updownarrow$ 4,1-4,5
V		25 $\updownarrow$ >4,5

Quadro 1. Descrição do desenvolvimento genital em ambos os sexos, segundo Tanner, (1962).

Desenvolvimento genital feminino

- M1⁽¹⁾** Mama infantil, com elevação somente da papila.
- M2** Broto mamário. Forma-se uma saliência pela elevação da aréola e da papila. O diâmetro da aréola aumenta e há modificação na sua textura. Há pequeno desenvolvimento glandular subareolar.
- M3** Maior aumento da mama e da aréola, sem separação dos seus contornos. O tecido mamário extrapola os limites da aréola.
- M4** Maior crescimento da mama e da aréola, sendo que esta forma uma segunda saliência acima do contorno da mama (duplo contorno).
- M5** Mama de aspecto adulto, em que o contorno areolar novamente é incorporado ao contorno da mama.
-

Desenvolvimento genital masculino

- G1⁽²⁾** Testículos, escroto e pênis de tamanho e proporções infantis.
- G2** Aumento inicial do volume testicular (3-4 ml). Pele do escroto muda de textura e torna-se avermelhada. Aumento do pênis pequeno ou ausente.
- G3** Crescimento do pênis em comprimento. Maior aumento dos testículos e do escroto.
- G4** Aumento do pênis, principalmente em diâmetro e desenvolvimento da glândula. Maior crescimento de testículos e escroto, cuja pele torna-se mais enrugada e pigmentada.
- G5** Desenvolvimento completo da genitália, que assume características adultas.
-

Notas:

(1)Estágio de desenvolvimento das mamas de 1 a 5 segundo proposta deTanner em meninas.

(2)Estágio de desenvolvimento das gônadas de 1 a 5 segundo proposta de Tanner em meninos.

Quadro 2. Descrição do desenvolvimento de pelos pubianos em ambos os sexos, segundo Tanner, (1962).

- P1⁽¹⁾** Ausência de pelos pubianos. Pode haver uma leve penugem, semelhante à observada na parede abdominal.
- P2** Aparecimento de pelos longos e finos, levemente pigmentados, lisos ou pouco encaracolados, ao longo dos grandes lábios e na base do pênis.
- P3** Maior quantidade de pelos, agora mais grossos, escuros e encaracolados, espalhando-se esparsamente na região pubiana.
- P4** Pelos do tipo adulto, cobrindo mais densamente a região pubiana, mas sem atingir a face interna das coxas.
- P5** Pilosidade pubiana igual à do adulto, em quantidade e distribuição, invadindo a face interna da coxa.
Obs. Algumas pessoas apresentam extensão dos pelos pela linha alba, acima da região pubiana, constituindo-se o estágio **P6**.
-

Notas:

(1) Estágio de desenvolvimento de pelos pubianos em ambos os sexos segundo proposta de Tanner.

13 APÊNDICES

Apêndice 1 – Diferenciação dos eixos hormonais responsáveis pelo desenvolvimento das mamas e genitália e dos pelos pubianos durante a maturação sexual.

Tabela1 - Descrição da configuração das variáveis utilizadas no estudo, segundo tratamento, unidade, bloco pertencente e fonte. Piracicaba, SP, 2012.

Descrição da variável	Tratamento	Unidade	Bloco	Fonte ⁽⁵⁾
Variáveis indicadoras de composição corporal				
Resistência	-	Ohms	Composição	O
Reactância	-	Ohms		O
Ângulo de fase		KHz		C
Variáveis indicadoras do estado nutricional				
Massa corporal	-	Kg	Estado Nutricional	O
Altura	-	cm		O
Dobra cutânea tricipital	Normal/Aumentada	mm		O
Dobra cutânea subescapular	Normal/Aumentada	mm		O
Circunferência da cintura	Normal/Aumentada	cm		O
Variáveis indicadoras de exames bioquímicos				
Colesterol	Desejável/Limítrofe/Aumentado	mg/dL	Bioquímicos	O
Glicemia	Desejável/Limítrofe/Aumentado	mg/dL		O
Hemoglobina	Desejável/Limítrofe/Aumentado	g/dL		O
Triglicerídeo	Desejável/Limítrofe/Aumentado	mg/dL		O
Variáveis indicadoras da maturação sexual				
Pelos pubianos masculino	P1-P5 ⁽¹⁾	Estágios de Tanner	Maturação sexual	O
Pelos axilares masculino	P1-P5	Estágios de Tanner		O
Gônada	G1-G5 ⁽²⁾	Estágios de Tanner		O
Pelos pubianos feminino	P1-P5	Estágios de Tanner		O
Mama	M1-M5 ⁽³⁾	Estágios de Tanner		O
Menarca	Sim/Não	Anos		O
Idade da menarca	Anos completos	Anos		O
Estágios de pelo (masculino/feminino)	P1-P5	Estágios de Tanner		C
Estágios de gônada e mama (masculino/feminino)	GM1-GM5 ⁽⁴⁾	Estágios de Tanner		C
Padrão de fenótipos corporais	Padrão corporal 1-4	Z escore		C
Variáveis indicadoras de poder aquisitivo				
Anos de estudo do chefe da família	Série, grau e faculdade	Anos de estudo		O
Cômodos na casa	Mínimo 1 Máximo 7	Quantidade		O
Banheiros	Mínimo 1 Máximo 8	Quantidade		O
Televisões	Mínimo 0 Máximo 4	Quantidade		O
Aparelho de ar condicionado	Mínimo 0 Máximo 9	Quantidade		O
Quantidade de carros	Mínimo 0 Máximo 4	Quantidade		O

Rádio	Sim/Não	Possuir bens		O
Aparelho de ar condicionado	Sim/Não	Possuir bens		
Geladeira/Freezer	Sim/Não	Possuir bens	socioeconômico	O
Videocassete/DVD	Sim/Não	Possuir bens		O
Máquina de lavar roupa	Sim/Não	Possuir bens		O
Forno micro ondas	Sim/Não	Possuir bens		O
Telefone fixo	Sim/Não	Possuir bens		O
Microcomputador	Sim/Não	Possuir bens		O
Escore socioeconômico	Escore de riqueza	Escore da riqueza domiciliar		C
Variáveis descritivas				
Sexo	Descrito em categorias Meninos/Meninas	Autodeclarado	Descrição	O
Idade	Anos de vida completos	Anos		O

Notas:

(1)Pelos pubianos do estágio de Tanner 1 ao 5.

(2)Gônada do estágio de Tanner 1 ao 5.

(3)Mama do estágio de Tanner 1 ao 5.

(4)Gônada e mama, estágios de Tanner 1 ao 5.

(5)O - Variável presente originalmente no banco de dados correspondente; C -Variável criada ou modificada para o presente estudo a partir de outras variáveis originais.

Figura 4 - Síntese do modelo conceitual do presente estudo para análise empírica dos fatores associados ao estado nutricional de adolescentes.

Notas:

(1) Fenótipo corporal

Figura 6 - Modelo conceitual analítico operacional dos fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] obtidos na ACP⁽¹⁾ representativos da avaliação do estado nutricional de adolescentes, construída por modelo de efeitos mistos.

Notas:

(1)Análise dos principais componentes.

Apêndice 2 - Análise dos principais componentes, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
altura	float	%9.0g		Altura [cm]
peso	float	%9.0g		Peso [kg]
dct	float	%9.0g		Dobra cutânea tricipital [mm]
dcs	float	%9.0g		Dobra cutânea subescapular [mm]
cc	float	%9.0g		Circunferência da cintura [cm]
p_a	float	%9.0g		Ângulo fase[f] (50 KHz)
p_stage	float	%9.0g		Pelo pubiano [estágio Tanner]
gm_stage	float	%9.0g		Gônada[H] e mama[M] [estágio Tanner]
age_ms	float	%9.0g		Idade entre 10–15 anos
r_ch	float	%9.0g		Razão Colesterol total/HDL
hb	double	%10.0g		Hemoglobina glicada [g/dl]
triglic	int	%8.0g		Triglicerídio [mg/dl]
glicose	int	%8.0g		Glicose [mg/dl]

	Number of comp.	=	4
	Trace	=	13
Rotation: (unrotated = principal)	Rho	=	0.6431

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	4.00549	1.83576	0.3081	0.3081
Comp2	2.16973	1.04147	0.1669	0.4750
Comp3	1.12826	.0716422	0.0868	0.5618
Comp4	1.05662	.0695757	0.0813	0.6431
Comp5	.987044	.0841222	0.0759	0.7190
Comp6	.902922	.232243	0.0695	0.7885
Comp7	.670678	.0899509	0.0516	0.8401
Comp8	.580728	.078839	0.0447	0.8847
Comp9	.501889	.0284645	0.0386	0.9233
Comp10	.473424	.192936	0.0364	0.9598
Comp11	.280488	.108643	0.0216	0.9813
Comp12	.171845	.100964	0.0132	0.9945
Comp13	.0708811	.	0.0055	1.0000

Principal components (eigenvectors) (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
altura	0.3045	0.3713			.3182
peso	0.4694				.1062
dct	0.3555	-0.2446	-0.2725		.2655
dcs	0.4020	-0.2580	-0.2292		.1477
cc	0.4337	-0.2179			.1324
p_a				-0.3109	.7434
p_stage		0.4329			.4334
gm_stage	0.2130	0.4175			.4041
r_ch		-0.2586	0.5844		.3575
hb			0.2145	-0.6041	.5561
triglic		-0.3167	0.6058	0.2142	.2873
glicose				0.6460	.4932
age_ms	0.2617	0.3861			.3948

Rotated components (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
altura		0.4753			.3182
peso	0.4343				.1062
dct	0.5028				.2655
dcs	0.5269				.1477
cc	0.4872				.1324
p_a				0.3243	.7434
p_stage		0.4758			.4334
gm_stage		0.4947			.4041
r_ch			0.6464		.3575
hb				0.6088	.5561
triglic			0.6989		.2873
glicose				-0.6394	.4932
age_ms		0.4633			.3948

Component loadings

Variable	Rotated				Unrotated			
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
altura	0.075	0.475	-0.051	0.083	0.305	0.371	0.056	-0.085
peso	0.434	0.191	0.033	0.052	0.469	-0.041	-0.077	-0.029
dct	0.503	-0.087	-0.070	-0.095	0.356	-0.245	-0.273	0.117
dcs	0.527	-0.061	-0.022	-0.009	0.402	-0.258	-0.229	0.036
cc	0.487	0.023	0.087	-0.001	0.434	-0.218	-0.095	0.030
p_a	0.125	0.090	0.114	0.324	0.188	-0.042	0.090	-0.311
p_stage	-0.086	0.476	-0.007	-0.162	0.167	0.433	0.146	0.154
gm_stage	-0.055	0.495	0.024	-0.059	0.213	0.418	0.171	0.054
r_ch	0.010	0.025	0.646	0.181	0.150	-0.259	0.584	-0.143
hb	-0.097	0.104	0.148	0.609	0.032	0.033	0.215	-0.604
triglic	-0.005	-0.051	0.699	-0.174	0.090	-0.317	0.606	0.214
glicose	-0.032	0.135	0.192	-0.639	0.047	0.076	0.199	0.646
age_ms	0.036	0.463	-0.069	0.061	0.262	0.386	0.050	-0.066

. estat kmo

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
altura	0.6764
peso	0.7427
dct	0.8626
dcs	0.8578
cc	0.7727
p_a	0.8456
p_stage	0.8041
gm_stage	0.8266
r_ch	0.7457
hb	0.7394
triglic	0.6890
glicose	0.4140
age_ms	0.8443
Overall	0.7830

```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
altura	0.0751	0.4753	-0.0507	0.0832
peso	0.4343	0.1908	0.0333	0.0516
dct	0.5028	-0.0868	-0.0698	-0.0950
dcs	0.5269	-0.0614	-0.0219	-0.0094
cc	0.4872	0.0234	0.0872	-0.0005
p_a	0.1250	0.0895	0.1139	0.3243
p_stage	-0.0859	0.4758	-0.0075	-0.1621
gm_stage	-0.0551	0.4947	0.0236	-0.0590
r_ch	0.0103	0.0247	0.6464	0.1811
hb	-0.0970	0.1044	0.1484	0.6088
triglic	-0.0052	-0.0506	0.6989	-0.1741
glicose	-0.0323	0.1346	0.1918	-0.6394
age_ms	0.0365	0.4633	-0.0689	0.0610

Apêndice 3 - Análise dos principais componentes utilizada no modelo final de análise, a partir de dados antropométricos, da composição corporal e marcadores bioquímicos.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
altura	float	%9.0g		Altura [cm]
peso	float	%9.0g		Peso [kg]
dct	float	%9.0g		Dobra cutânea tricipital [mm]
dcs	float	%9.0g		Dobra cutânea subescapular [mm]
cc	float	%9.0g		Circunferência da cintura [cm]
p_a	float	%9.0g		Ângulo fase[f] (50 KHz)
age_ms	float	%9.0g		Idade entre 10-15 anos
r_ch	float	%9.0g		Razão Colesterol total/HDL
hb	double	%10.0g		Hemoglobina glicada [g/dl]
triglic	int	%8.0g		Triglicerídio [mg/dl]
glicose	int	%8.0g		Glicose [mg/dl]

Rotation: (unrotated = principal)

Number of comp. = 4
Trace = 11
Rho = 0.6873

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	3.8187	2.20809	0.3472	0.3472
Comp2	1.61061	.51456	0.1464	0.4936
Comp3	1.09605	.0609653	0.0996	0.5932
Comp4	1.03508	.0743237	0.0941	0.6873
Comp5	.960759	.0695969	0.0873	0.7747
Comp6	.891162	.301033	0.0810	0.8557
Comp7	.590129	.118197	0.0536	0.9093
Comp8	.471932	.190282	0.0429	0.9522
Comp9	.281649	.109267	0.0256	0.9778
Comp10	.172382	.100831	0.0157	0.9935
Comp11	.0715517	.	0.0065	1.0000

Principal components (eigenvectors) (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
altura	0.2680	0.5228			.238
peso	0.4813				.1006
dct	0.3885		-0.3344		.2504
dcs	0.4382		-0.2507		.1464
cc	0.4656				.1372
p_a			0.2727		.754
age_ms	0.2228	0.5265			.3248
r_ch		-0.3571	0.5174		.3799
hb			0.5114	-0.2453	.6354
triglic		-0.4773	0.3739	0.2979	.332
glicose				0.9043	.1409

Rotated components (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
altura		0.6147			.238
peso	0.4028	0.2758			.1006
dct	0.5281				.2504
dcs	0.5322				.1464
cc	0.4742				.1372
p_a		0.2407	0.2342		.754
age_ms		0.5889			.3248
r_ch			0.6492		.3799
hb	-0.2165	0.3009	0.3488	-0.2666	.6354
triglic			0.6082	0.2607	.332
glicose				0.9057	.1409

Component loadings

Variable	Rotated				Unrotated			
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
altura	0.011	0.615	-0.060	0.085	0.268	0.523	0.199	0.065
peso	0.403	0.276	0.053	0.002	0.481	0.092	-0.026	-0.017
dct	0.528	-0.103	-0.069	-0.030	0.389	-0.172	-0.334	-0.052
dcs	0.532	-0.039	0.003	-0.070	0.438	-0.164	-0.251	-0.089
cc	0.474	0.067	0.110	0.017	0.466	-0.122	-0.101	0.004
p_a	0.039	0.241	0.234	-0.113	0.198	0.047	0.273	-0.107
age_ms	-0.019	0.589	-0.090	0.087	0.223	0.526	0.178	0.068
r_ch	0.005	0.010	0.649	-0.083	0.177	-0.357	0.517	-0.046
hb	-0.216	0.301	0.349	-0.267	0.031	0.086	0.511	-0.245
triglic	0.039	-0.178	0.608	0.261	0.121	-0.477	0.374	0.298
glicose	-0.020	0.048	0.027	0.906	0.037	0.067	0.003	0.904


```
. estat kmo
```

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
altura	0.5669
peso	0.7255
dct	0.8609
dcs	0.8560
cc	0.7696
p_a	0.8500
age_ms	0.7707
r_ch	0.7433
hb	0.7808
triglic	0.6795
glicose	0.3103
Overall	0.7571

```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
altura	0.0112	0.6147	-0.0600	0.0848
peso	0.4028	0.2758	0.0533	0.0022
dct	0.5281	-0.1030	-0.0690	-0.0302
dcs	0.5322	-0.0387	0.0031	-0.0699
cc	0.4742	0.0671	0.1100	0.0171
p_a	0.0388	0.2407	0.2342	-0.1132
age_ms	-0.0190	0.5889	-0.0903	0.0873
r_ch	0.0055	0.0103	0.6492	-0.0832
hb	-0.2165	0.3009	0.3488	-0.2666
triglic	0.0386	-0.1781	0.6082	0.2607
glicose	-0.0200	0.0482	0.0266	0.9057

Apêndice 4 - Análise dos principais componentes com a variável sexo isolada, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual, para meninos.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
altura	float	%9.0g		Altura [cm]
peso	float	%9.0g		Peso [kg]
dct	float	%9.0g		Dobra cutânea tricipital [mm]
dcs	float	%9.0g		Dobra cutânea subescapular [mm]
cc	float	%9.0g		Circunferência da cintura [cm]
p_a	float	%9.0g		Ângulo fase[] (50 KHz)
var50	byte	%8.0g		Sexo masculino - desenvolvimento gônada
var51	byte	%8.0g		Sexo masculino - desenvolvimento de pelos pubianos
r_ch	float	%9.0g		Razão Colesterol total/HDL
hb	double	%10.0g		Hemoglobina glicada [g/dl]
triglic	int	%8.0g		Triglicerídio [mg/dl]
glicose	int	%8.0g		Glicose [mg/dl]
age_ms	float	%9.0g		Idade entre 10-15 anos
sex	float	%9.0g		Sexo do adolescente

Rotation: (unrotated = principal)

Number of comp.	=	5
Trace	=	13
Rho	=	0.7422

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	4.26248	2.16854	0.3279	0.3279
Comp2	2.09394	.92565	0.1611	0.4890
Comp3	1.16829	.0546648	0.0899	0.5788
Comp4	1.11362	.103898	0.0857	0.6645
Comp5	1.00972	.152769	0.0777	0.7422
Comp6	.856955	.060766	0.0659	0.8081
Comp7	.796189	.220178	0.0612	0.8693
Comp8	.576011	.0767876	0.0443	0.9136
Comp9	.499224	.174765	0.0384	0.9520
Comp10	.324459	.176902	0.0250	0.9770
Comp11	.147557	.0434463	0.0114	0.9883
Comp12	.104111	.056667	0.0080	0.9964
Comp13	.0474437	.	0.0036	1.0000

Principal components (eigenvectors) (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Unexplained
altura	0.2882	0.4679				.1786
peso	0.4562					.09272
dct	0.3808	-0.2869	-0.2127			.1558
dcs	0.4075	-0.2630				.1085
cc	0.4457					.08209
p_a	0.2125				0.3039	.6832
var50			0.4163		0.7587	.1377
var51		0.4592			-0.3051	.3545
r_ch	0.2022	-0.2161	0.4593		-0.2002	.4357
hb			0.4821	-0.4822	-0.4397	.2569
triglic		-0.2955	0.5051	0.3099		.3236
glicose				0.7754		.2891
age_ms	0.2447	0.4767				.2535

Rotated components (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Unexplained
altura		0.5269				.1786
peso	0.3934	0.2437				.09272
dct	0.4994					.1558
dcs	0.5068					.1085
cc	0.4865					.08209
p_a	0.2397				0.2359	.6832
var50					0.8874	.1377
var51		0.5328			-0.2218	.3545
r_ch			0.3894	0.4082		.4357
hb				0.8041		.2569
triglic			0.5836			.3236
glicose			0.6828	-0.3212		.2891
age_ms		0.5328				.2535

Component loadings

Variable	Rotated					Unrotated				
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
altura	0.062	0.527	-0.046	0.086	0.137	0.288	0.468	0.069	-0.055	-0.001
peso	0.393	0.244	-0.018	0.063	0.058	0.456	0.072	-0.038	-0.083	0.010
dct	0.499	-0.094	-0.004	-0.078	-0.095	0.381	-0.287	-0.213	-0.024	0.011
dcs	0.507	-0.063	-0.011	-0.010	-0.087	0.408	-0.263	-0.170	-0.064	-0.020
cc	0.487	0.049	0.019	-0.018	-0.033	0.446	-0.154	-0.133	-0.029	0.007
p_a	0.240	0.059	-0.147	-0.160	0.236	0.212	0.030	-0.126	-0.098	0.304
var50	-0.035	0.010	0.001	-0.029	0.887	0.057	0.153	0.416	-0.118	0.759
var51	-0.082	0.533	0.062	0.037	-0.222	0.143	0.459	-0.050	0.135	-0.305
r_ch	0.131	-0.084	0.389	0.408	0.029	0.202	-0.216	0.459	0.070	-0.200
hb	-0.041	0.057	-0.093	0.804	-0.052	0.059	0.034	0.482	-0.482	-0.440
triglic	0.085	-0.192	0.584	0.195	0.193	0.143	-0.296	0.505	0.310	0.033
glicose	-0.082	0.172	0.683	-0.321	-0.120	0.075	0.055	0.079	0.775	-0.061
age_ms	0.000	0.533	0.066	0.007	0.111	0.245	0.477	0.073	0.090	-0.004

. estat kmo

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
altura	0.6988
peso	0.7585
dct	0.8330
dcs	0.8308
cc	0.7847
p_a	0.9037
var50	0.5826
var51	0.8306
r_ch	0.7997
hb	0.5034
triglic	0.7340
glicose	0.5562
age_ms	0.8184
Overall	0.7840

```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
altura	0.0622	0.5269	-0.0456	0.0857	0.1374
peso	0.3934	0.2437	-0.0184	0.0625	0.0577
dct	0.4994	-0.0938	-0.0038	-0.0775	-0.0949
dcs	0.5068	-0.0625	-0.0115	-0.0104	-0.0875
cc	0.4865	0.0486	0.0192	-0.0180	-0.0329
p_a	0.2397	0.0592	-0.1473	-0.1600	0.2359
var50	-0.0345	0.0098	0.0010	-0.0288	0.8874
var51	-0.0824	0.5328	0.0624	0.0367	-0.2218
r_ch	0.1313	-0.0840	0.3894	0.4082	0.0295
hb	-0.0414	0.0569	-0.0929	0.8041	-0.0520
triglic	0.0853	-0.1922	0.5836	0.1950	0.1930
glicose	-0.0817	0.1715	0.6828	-0.3212	-0.1201
age_ms	0.0002	0.5328	0.0657	0.0072	0.1115

Apêndice 5 - Análise dos principais componentes com a variável sexo isolada, a partir de dados antropométricos, da composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual, para meninas.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
altura	float	%9.0g		Altura [cm]
peso	float	%9.0g		Peso [kg]
dct	float	%9.0g		Dobra cutânea tricipital [mm]
dcs	float	%9.0g		Dobra cutânea subescapular [mm]
cc	float	%9.0g		Circunferência da cintura [cm]
p_a	float	%9.0g		Ângulo fase[f] (50 KHz)
var53	byte	%8.0g		Sexo feminino - desenvolvimento das mamas
var54	byte	%8.0g		Sexo feminino - desenvolvimento de pelos pubianos
r_ch	float	%9.0g		Razão Colesterol total/HDL
hb	double	%10.0g		Hemoglobina glicada [g/dl]
triglic	int	%8.0g		Triglicerídio [mg/dl]
glicose	int	%8.0g		Glicose [mg/dl]
age_ms	float	%9.0g		Idade entre 10-15 anos
sex	float	%9.0g		Sexo do adolescente

Rotation: (unrotated = principal)

Number of comp.	=	5
Trace	=	13
Rho	=	0.6803

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	3.81901	2.09241	0.2938	0.2938
Comp2	1.72661	.584783	0.1328	0.4266
Comp3	1.14182	.0402236	0.0878	0.5144
Comp4	1.1016	.0468664	0.0847	0.5992
Comp5	1.05473	.0933251	0.0811	0.6803
Comp6	.961408	.112889	0.0740	0.7542
Comp7	.848519	.219054	0.0653	0.8195
Comp8	.629464	.0942322	0.0484	0.8679
Comp9	.535232	.0257073	0.0412	0.9091
Comp10	.509525	.134951	0.0392	0.9483
Comp11	.374574	.162147	0.0288	0.9771
Comp12	.212427	.12735	0.0163	0.9935
Comp13	.0850766	.	0.0065	1.0000

Principal components (eigenvectors) (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Unexplained
altura	0.2732	-0.4111	0.2140			.3566
peso	0.4812					.1043
dct	0.3756		-0.3136			.3211
dcs	0.4303		-0.2022			.1937
cc	0.4407	0.2213				.1475
p_a				0.3851	0.3185	.5459
var53	0.2489	-0.3744	0.2440			.3795
var54				0.6705		.4908
r_ch		0.4013	0.5630			.2947
hb				0.3132	0.7498	.2915
triglic		0.4589	0.2744	-0.3461	0.2467	.3336
glicose			-0.4953	-0.3636	0.4386	.3695
age_ms	0.2389	-0.4683	0.2472			.3276

Rotated components (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Unexplained
altura		0.5352				.3566
peso	0.4605					.1043
dct	0.4862					.3211
dcs	0.5076					.1937
cc	0.5048					.1475
p_a				-0.2446	0.4766	.5459
var53		0.5548				.3795
var54			-0.2873	-0.5294	0.2456	.4908
r_ch			0.6510	-0.2683		.2947
hb					0.8055	.2915
triglic			0.6505	0.2041		.3336
glicose				0.7142		.3695
age_ms		0.5757				.3276

Component loadings

Variable	Rotated					Unrotated				
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
altura	0.049	0.535	-0.059	-0.061	-0.082	0.273	-0.411	0.214	-0.093	-0.067
peso	0.460	0.163	0.038	-0.020	-0.033	0.481	0.028	-0.059	0.011	-0.075
dct	0.486	-0.065	-0.110	0.077	-0.009	0.376	0.105	-0.314	0.060	-0.069
dcs	0.508	-0.015	-0.012	0.010	-0.074	0.430	0.139	-0.202	0.034	-0.130
cc	0.505	-0.036	0.099	0.020	0.008	0.441	0.221	-0.145	0.032	-0.034
p_a	0.137	0.007	0.148	-0.245	0.477	0.179	0.124	0.175	0.385	0.318
var53	-0.020	0.555	0.065	0.100	0.088	0.249	-0.374	0.244	-0.185	0.185
var54	0.095	-0.172	-0.287	-0.529	0.246	-0.018	-0.016	-0.022	0.671	-0.105
r_ch	0.009	0.026	0.651	-0.268	-0.000	0.129	0.401	0.563	-0.039	0.021
hb	-0.054	0.027	-0.011	0.111	0.805	0.008	-0.059	-0.033	0.313	0.750
triglic	0.007	-0.077	0.650	0.204	0.035	0.074	0.459	0.274	-0.346	0.247
glicose	0.072	-0.070	-0.111	0.714	0.196	0.011	-0.028	-0.495	-0.364	0.439
age_ms	-0.019	0.576	-0.070	-0.057	0.057	0.239	-0.468	0.247	-0.041	0.064

. estat kmo

Kaiser–Meyer–Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
altura	0.5994
peso	0.7248
dct	0.8968
dcs	0.8785
cc	0.7675
p_a	0.8215
var53	0.8217
var54	0.4218
r_ch	0.6363
hb	0.4498
triglic	0.6110
glicose	0.2708
age_ms	0.7630
Overall	0.7608


```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
altura	0.0486	0.5352	-0.0585	-0.0610	-0.0818
peso	0.4605	0.1633	0.0377	-0.0199	-0.0327
dct	0.4862	-0.0650	-0.1104	0.0767	-0.0094
dcs	0.5076	-0.0150	-0.0123	0.0101	-0.0735
cc	0.5048	-0.0357	0.0985	0.0205	0.0078
p_a	0.1372	0.0074	0.1483	-0.2446	0.4766
var53	-0.0200	0.5548	0.0654	0.1000	0.0880
var54	0.0951	-0.1721	-0.2873	-0.5294	0.2456
r_ch	0.0086	0.0265	0.6510	-0.2683	-0.0000
hb	-0.0536	0.0267	-0.0114	0.1115	0.8055
triglic	0.0067	-0.0768	0.6505	0.2041	0.0350
glicose	0.0716	-0.0702	-0.1113	0.7142	0.1957
age_ms	-0.0187	0.5757	-0.0699	-0.0574	0.0566

Apêndice 6 - Análise dos principais componentes no estudo populacional norte americano (NHANES III) a partir de dados antropométricos, composição corporal, marcadores bioquímicos e maturação sexual.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
height	float	%9.0g		height (cm) (2 months and over)
bmpwt	float	%9.0g		weight (kg) (2 months and over)
bmptri	float	%9.0g		triceps skinfold (mm)(2 months and over)
bmpsub	float	%9.0g		subscapular skinfold (mm) (2+ months)
bmpsup	float	%9.0g		suprailiac skinfold (mm) (2+ years)
bmpthi	float	%9.0g		thigh skinfold (mm) (2 years and over)
bmpwaist	float	%9.0g		waist circumference (cm) (2+ years)
p_a	float	%9.0g		phase angle (50 KHz)
p_stage	float	%9.0g		pubic hair
gm_stage	float	%9.0g		breast[F]/gonad[M] stage (8-18y)
r_ch	float	%9.0g		Raz,,o Colesterol total/HDL
ghp	float	%9.0g		Glycated hemoglobin: (%)
trp	float	%9.0g		Serum triglycerides (mg/dL)
sgp	float	%9.0g		Serum glucose (mg/dL)
agey	float	%9.0g		age (year)

Rotation: (unrotated = principal)

Number of comp. = 4
Trace = 15
Rho = 0.7348

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	5.75204	2.62095	0.3835	0.3835
Comp2	3.1311	2.02168	0.2087	0.5922
Comp3	1.10942	.0799667	0.0740	0.6662
Comp4	1.02945	.0991643	0.0686	0.7348
Comp5	.930285	.0908923	0.0620	0.7968
Comp6	.839393	.0337107	0.0560	0.8528
Comp7	.805682	.343791	0.0537	0.9065
Comp8	.461892	.197568	0.0308	0.9373
Comp9	.264323	.056555	0.0176	0.9549
Comp10	.207768	.0703032	0.0139	0.9688
Comp11	.137465	.0262178	0.0092	0.9779
Comp12	.111247	.0177886	0.0074	0.9853
Comp13	.0934587	.00866769	0.0062	0.9916
Comp14	.084791	.0431032	0.0057	0.9972
Comp15	.0416878	.	0.0028	1.0000

Principal components (eigenvectors) (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
height	0.2939	-0.3230			.1734
bmplt	0.3911				.09558
bmplt	0.3059	0.3343			.0927
bmplt	0.3279	0.2824			.1253
bmplt	0.3269	0.3022			.09858
bmplt	0.2756	0.3230			.1999
bmplt	0.3790				.1283
p_a		-0.2146			.7413
p_stage	0.2671	-0.3603			.1825
gm_stage	0.2640	-0.3585			.1966
r_ch			0.5171		.6086
ghp			-0.2516	0.7988	.2728
trp			0.6263		.471
sgp			0.4261	0.5896	.416
agey	0.2662	-0.3596			.1755

Rotated components (blanks are abs(loading)<.2)

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
height		0.4399			.1734
bmpwt	0.2288	0.3280			.09558
bmptri	0.4668				.0927
bmpsub	0.4390				.1253
bmpsup	0.4420				.09858
bmpthi	0.4468				.1999
bmpwaist	0.3536				.1283
p_a		0.2593			.7413
p_stage		0.4402			.1825
gm_stage		0.4386			.1966
r_ch			0.5075		.6086
ghp				0.8337	.2728
trp			0.6283		.471
sgp			0.5436	0.4878	.416
agey		0.4548			.1755

Component loadings

Variable	Rotated				Unrotated			
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
height	0.001	0.440	-0.004	0.010	0.294	-0.323	0.049	0.024
bmpwt	0.229	0.328	0.041	0.018	0.391	-0.085	0.033	0.028
bmptri	0.467	-0.058	-0.034	0.011	0.306	0.334	-0.130	-0.017
bmpsub	0.439	0.002	0.011	0.015	0.328	0.282	-0.076	-0.000
bmpsup	0.442	-0.007	0.060	0.001	0.327	0.302	-0.028	-0.005
bmpthi	0.447	-0.076	-0.087	0.014	0.276	0.323	-0.180	-0.024
bmpwaist	0.354	0.168	0.073	-0.000	0.379	0.120	0.023	0.006
p_a	-0.079	0.259	0.119	-0.009	0.121	-0.215	0.162	0.027
p_stage	-0.029	0.440	-0.083	-0.015	0.267	-0.360	-0.016	-0.016
gm_stage	-0.033	0.439	-0.068	-0.019	0.264	-0.358	-0.001	-0.016
r_ch	0.046	0.015	0.508	-0.196	0.075	0.131	0.517	-0.090
ghp	0.019	-0.000	-0.077	0.834	0.005	-0.001	-0.252	0.799
trp	0.009	-0.032	0.628	-0.163	0.024	0.169	0.626	-0.033
sgp	-0.059	-0.001	0.544	0.488	-0.014	0.087	0.426	0.590
agey	-0.053	0.455	0.036	0.015	0.266	-0.360	0.097	0.039

```
. estat kmo
```

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
height	0.8259
bmpwt	0.8332
bmptri	0.8569
bmpsub	0.9232
bmpsup	0.8973
bmpthi	0.8635
bmpwaist	0.8749
p_a	0.8598
p_stage	0.8403
gm_stage	0.8536
r_ch	0.8937
ghp	0.2900
trp	0.7851
sgp	0.7384
agey	0.9281
Overall	0.8672

```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
height	0.0010	0.4399	-0.0036	0.0102
bmpwt	0.2288	0.3280	0.0414	0.0179
bmptri	0.4668	-0.0580	-0.0339	0.0105
bmpsub	0.4390	0.0020	0.0107	0.0154
bmpsup	0.4420	-0.0074	0.0597	0.0008
bmpthi	0.4468	-0.0763	-0.0867	0.0144
bmpwaist	0.3536	0.1681	0.0726	-0.0004
p_a	-0.0793	0.2593	0.1189	-0.0091
p_stage	-0.0290	0.4402	-0.0829	-0.0154
gm_stage	-0.0330	0.4386	-0.0682	-0.0186
r_ch	0.0455	0.0145	0.5075	-0.1963
ghp	0.0191	-0.0001	-0.0772	0.8337
trp	0.0089	-0.0318	0.6283	-0.1631
sgp	-0.0593	-0.0007	0.5436	0.4878
agey	-0.0527	0.4548	0.0355	0.0150

Apêndice 7 - Análise dos principais componentes no estudo populacional norte americano (NHANES III) a partir de dados antropométricos, composição corporal e marcadores bioquímicos.

variable name	storage type	display format	value label	variable label
height	float	%9.0g		height (cm) (2 months and over)
bmpwt	float	%9.0g		weight (kg) (2 months and over)
bmptri	float	%9.0g		triceps skinfold (mm)(2 months and over)
bmpsub	float	%9.0g		subscapular skinfold (mm) (2+ months)
bmpsup	float	%9.0g		suprailiac skinfold (mm) (2+ years)
bmpthi	float	%9.0g		thigh skinfold (mm) (2 years and over)
bmpwaist	float	%9.0g		waist circumference (cm) (2+ years)
p_a	float	%9.0g		phase angle (50 KHz)
r_ch	float	%9.0g		Raz,,o Cholesterol total/HDL
ghp	float	%9.0g		Glycated hemoglobin: (%)
trp	float	%9.0g		Serum triglycerides (mg/dL)
sgp	float	%9.0g		Serum glucose (mg/dL)
agey	float	%9.0g		age (year)

Rotation: (unrotated = principal)

Number of comp.	=	4
Trace	=	13
Rho	=	0.7366

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	5.19118	2.94504	0.3993	0.3993
Comp2	2.24614	1.13701	0.1728	0.5721
Comp3	1.10913	.0802025	0.0853	0.6574
Comp4	1.02893	.0994312	0.0791	0.7366
Comp5	.929496	.101101	0.0715	0.8081
Comp6	.828395	.0536564	0.0637	0.8718
Comp7	.774739	.44366	0.0596	0.9314
Comp8	.331078	.118481	0.0255	0.9569
Comp9	.212597	.088582	0.0164	0.9732
Comp10	.124015	.0290566	0.0095	0.9827
Comp11	.0949585	.00817904	0.0073	0.9901
Comp12	.0867794	.0442134	0.0067	0.9967
Comp13	.042566	.	0.0033	1.0000

Component loadings

Variable	Rotated				Unrotated			
	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
height	-0.024	0.551	-0.054	0.003	0.238	0.498	0.042	0.014
bmpwt	0.209	0.420	0.004	0.011	0.384	0.268	0.028	0.020
bmptri	0.472	-0.068	-0.023	0.012	0.376	-0.263	-0.128	-0.014
bmpsub	0.439	0.010	0.014	0.015	0.389	-0.191	-0.075	0.001
bmpsup	0.440	0.008	0.061	-0.000	0.394	-0.204	-0.028	-0.005
bmpthi	0.457	-0.105	-0.069	0.018	0.341	-0.277	-0.176	-0.019
bmpwaist	0.339	0.235	0.051	-0.006	0.413	0.039	0.020	0.001
p_a	-0.110	0.372	0.067	-0.030	0.089	0.353	0.151	0.003
r_ch	0.045	0.023	0.511	-0.196	0.102	-0.123	0.519	-0.088
ghp	0.020	0.001	-0.079	0.832	0.006	0.009	-0.255	0.796
trp	0.012	-0.040	0.642	-0.156	0.056	-0.194	0.630	-0.024
sgp	-0.059	0.004	0.549	0.493	0.002	-0.103	0.426	0.596
agey	-0.075	0.556	-0.013	0.008	0.200	0.516	0.091	0.030

Ro1	trp	0.6297		.4588
	sgp	0.4261		0.5961
	agey	0.2001	0.5160	.1842

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Unexplained
height		0.5507			.1472
bmpwt	0.2089	0.4196			.07434
bmptri	0.4715				.09033
bmpsub	0.4394				.1256
bmpsup	0.4397				.1018
bmpthi	0.4568				.1879
bmpwaist	0.3386	0.2350			.1109
p_a		0.3716			.6533
r_ch			0.5112		.6061
ghp				0.8323	.2749
trp			0.6416		.4588
sgp			0.5490	0.4926	.4091
agey		0.5564			.1842

```
. estat kmo
```

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy

Variable	kmo
height	0.7121
bmpwt	0.7895
bmptri	0.8563
bmpsub	0.9228
bmpsup	0.8919
bmpthi	0.8637
bmpwaist	0.8706
p_a	0.7845
r_ch	0.8915
ghp	0.3127
trp	0.7457
sgp	0.6352
agey	0.8618
Overall	0.8471

```
. predict pcms1-pcms`z',score /*rotacionados*/
```

Scoring coefficients for orthogonal varimax rotation
sum of squares(column-loading) = 1

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4
height	-0.0239	0.5507	-0.0536	0.0027
bmpwt	0.2089	0.4196	0.0043	0.0112
bmptri	0.4715	-0.0677	-0.0227	0.0119
bmpsub	0.4394	0.0095	0.0140	0.0149
bmpsup	0.4397	0.0084	0.0612	-0.0004
bmpthi	0.4568	-0.1048	-0.0692	0.0180
bmpwaist	0.3386	0.2350	0.0505	-0.0057
p_a	-0.1100	0.3716	0.0674	-0.0301
r_ch	0.0446	0.0226	0.5112	-0.1959
ghp	0.0199	0.0008	-0.0794	0.8323
trp	0.0121	-0.0397	0.6416	-0.1565
sgp	-0.0594	0.0043	0.5490	0.4926
agey	-0.0747	0.5564	-0.0127	0.0077

Figura 7 – Associação dos fenótipos corporais estimados em análise dos principais componentes, em relação ao IMC. Piracicaba, SP, 212.

Fonte: Adolescentes, Piracicaba-SP[2012]

Tabela 11 - Correlação dos fenótipos corporais [FC1, FC2, FC3, FC4] estimados em análise dos principais componentes e variáveis antropométricas, da composição corporal, maturação sexual e parâmetros bioquímicos. Piracicaba, SP, 2012.

		Fenótipos corporais			
		FC1	FC2	FC3	FC4
Avaliação nutricional					
Masculino	Variáveis antropométricas				
	Altura	0,35	0,92	0,04	0,15
	Massa corporal	0,86	0,73	0,39	0,08
	DCT ⁽¹⁾	0,91	0,20	0,37	0,01
	DCS ⁽²⁾	0,94	0,29	0,43	-0,00
	CC ⁽³⁾	0,96	0,46	0,46	0,39
	Variáveis da composição corporal				
	Ângulo de fase	0,35	0,39	0,39	-0,08
	Resistência	-0,49	-0,56	-0,23	-0,04
	Reactância	-0,16	-0,15	0,10	-0,13
	Variáveis da maturação sexual				
	Pelo pubiano	0,10	0,52	-0,06	0,14
	Gônada e mama	0,04	0,49	-0,08	0,21
	Variáveis bioquímicas				
	Colesterol	0,34	0,11	0,79	-0,02
	Hemoglobina	-0,0496	0,29	0,39	-0,31
	Triglicerídeos	0,2697	-0,09	0,75	0,28
	Glicose	0,0899	0,12	0,08	0,94
Feminino	Variáveis antropométricas				
	Altura	0,32	0,79	-0,08	0,08
	Massa corporal	0,90	0,60	0,25	0,01
	DCT	0,83	0,28	0,12	0,01
	DCS	0,90	0,36	0,21	-0,06
	CC	0,90	0,37	0,36	0,03
	Variáveis da composição corporal				
	Ângulo de fase	0,27	0,32	0,33	-0,14
	Resistência	-0,49	-0,23	-0,34	0,02

Todos	Reactância	-0,14	0,18	0,07	-0,13
	Variáveis da maturação sexual				
	Pelo pubiano	0,10	0,31	-0,13	0,12
	Gônada e mama	0,27	0,51	-0,01	0,03
	Variáveis bioquímicas				
	Colesterol	0,21	0,01	0,78	-0,12
	Hemoglobina	-0,13	0,27	0,26	-0,25
	Triglicerídeos	0,16	-0,22	0,75	0,27
	Glicose	0,01	0,03	-0,01	0,92
	Variáveis antropométricas				
	Altura	0,32	0,87	-0,02	0,12
	Massa corporal	0,88	0,66	0,31	0,04
	DCT	0,85	0,20	0,21	-0,00
	DCS	0,92	0,30	0,30	-0,04
	CC	0,92	0,42	0,41	0,05
	Variáveis da composição corporal				
	Ângulo de fase	0,28	0,37	0,32	-0,10
	Resistência	-0,41	-0,42	-0,27	-0,03
	Reactância	-0,12	-0,01	0,08	-0,14
	Variáveis da maturação sexual				
	Pelo pubiano	0,10	0,41	-0,10	0,13
	Gônada e mama	0,16	0,49	-0,04	0,11
	Variáveis bioquímicas				
	Colesterol	0,26	0,06	0,78	-0,08
	Hemoglobina	-0,10	0,29	0,32	-0,27
	Triglicerídeos	0,22	-0,18	0,74	0,26
	Glicose	0,03	0,09	0,03	0,92
Notas:		<i>p<0,05</i>			
(1)Dobra cutânea do tríceps.					
(2)Dobra cutânea subescapular.					
(3)Circunferência da cintura.					

14 CURRÍCULO LATTES

14.1 Jéssica Cumpian Silva

Jéssica Cumpian Silva

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/2261978035680654>

Última atualização do currículo em 23/05/2017

Resumo informado pelo autor

Possui graduação em Nutrição pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2014) e curso técnico em Alimentos pelo SENAI Professor Dr. Euríclides de Jesus Zerbini (2010). Atualmente mestranda em Nutrição em Saúde Pública na Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública (USP/FSP). Bolsista CAPES com o projeto efeitos da maturação sexual na composição corporal e nos parâmetros bioquímicos em adolescentes do município de Piracicaba-SP. Participante do Laboratório de Análise Populacional da USP (LANPOP). Atualmente estagiária no Programa de Aperfeiçoamento de Ensino na Universidade de São Paulo (USP), na disciplina Avaliação Nutricional. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Nutrição, atuando principalmente nos seguintes temas: epidemiologia nutricional, transição nutricional, obesidade, educação nutricional, avaliação nutricional, determinantes do estado nutricional e antropometria.

(Texto informado pelo autor)

Dados pessoais

Nome Jéssica Cumpian Silva
Filiação Wagner Aparecido Silva e Elмира Sunamita Coelho Silva
Nascimento 16/09/1992 - Indaiatuba/SP - Brasil
Carteira de Identidade 38738361X SP - SP - 15/06/2009
CPF 413.831.088-48

Formação acadêmica/titulação

- 2015** Mestrado em Nutrição em Saúde Pública.
Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brasil
Título: A influência dos diferentes perfis de maturação sexual na avaliação antropométrica e de composição corporal em adolescentes de Piracicaba.
Orientador: Wolney Lisboa Conde
Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- 2011 - 2014** Graduação em Nutrição.
Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC Campinas, Campinas, Brasil
Título: Influência da microbiota intestinal no desenvolvimento da obesidade
Orientador: Profa. Dra. Carla Cristina Enes
- 2009 - 2010** Ensino Profissional de nível técnico.
SENAI Prof. Dr. Euríclides de Jesus Zerbini, SENAI, Brasil
Bolsista do(a): SENAI Prof. Dr. Euríclides de Jesus Zerbini
- 1996 - 2010** Ensino Médio (2º grau).
Antonio emílio de Moraes, SESI, Brasil, Ano de obtenção: 2010

Formação complementar

- 2016 - 2016** Curso de curta duração em Teoria da resposta ao Item. (Carga horária: 12h).
Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, Brasil
- 2014 - 2014** Extensão universitária em Obesidade e Diabetes: Fisiologia e Sinalização Celular. (Carga horária: 40h).
Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, Brasil

14.2 Prof. Dr. Wolney Lisbôa Conde

Wolney Lisboa Conde

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/3019128679501921>

Última atualização do currículo em 07/02/2017

possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (1991) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo, atuando no curso de graduação em Nutrição e no curso de pós-graduação em Nutrição em Saúde Pública. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Nutrição, atuando principalmente nos seguintes temas: epidemiologia nutricional, transição nutricional, obesidade, determinantes do estado nutricional e antropometria. (Texto informado pelo autor)

Identificação

Nome Wolney Lisboa Conde

Nome em citações bibliográficas CONDE, W. L.; Popkin, Barry M.; Conde, Wolney L.; de Assis, M. A. A.

Endereço

Endereço Profissional Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Nutrição.
Av. Dr. Arnaldo, 715, Laboratório de Avaliação Nutricional de Populações
Cerqueira César
01246-904 - São Paulo, SP - Brasil
Telefone: (11) 30667705
Fax: (11) 30667762
URL da Homepage: <http://www.fsp.usp.br/>

Formação acadêmica/titulação

2000 - 2004 Doutorado em Saúde Pública (Conceito CAPES 6).
Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
Título: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA CLASSIFICATÓRIO PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES BRASILEIROS BASEADO NO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL, Ano de obtenção: 2004.
Orientador: Carlos Augusto Monteiro.
Palavras-chave: adolescente; IMC; padrão; criança; método; tendência secular.