



**Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Nacional de Saúde da Mulher,
da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira**

**VALORES DO VETOR DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA EM
CRIANÇAS MULTIÉTNICAS EM SITUAÇÃO DE
VULNERABILIDADE SOCIAL**

Táisa Lisboa Montagner Gomes

**Rio de Janeiro
2020**



**Fundação Oswaldo Cruz
Instituto Nacional de Saúde da Mulher,
da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira**

**VALORES DO VETOR DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA EM
CRIANÇAS MULTIÉTNICAS EM SITUAÇÃO DE
VULNERABILIDADE SOCIAL**

Táisa Lisboa Montagner Gomes

Tese apresentada à Pós-graduação em Pesquisa Aplicada à Saúde da Criança e da Mulher, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Eloane Gonçalves Ramos
Co-orientadora: Vânia de Matos Fonseca

**Rio de Janeiro
2020**

CIP - Catalogação na Publicação

Gomes, Taísa.

Valores do vetor de impedância bioelétrica em crianças multiétnicas em situação de vulnerabilidade social / Taísa Gomes. - Rio de Janeiro, 2020.
146 f.; il.

Tese (Doutorado Acadêmico em Pesquisa Aplicada à Saúde da Criança e da Mulher) - Instituto Nacional de Saúde da Mulher, da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira, Rio de Janeiro - RJ, 2020.

Orientadora: Eloane Gonçalves Ramos.

Co-orientadora: Vânia de Matos Fonseca.

Bibliografia: Inclui Bibliografias.

1. Vetor de impedância. 2. Composição corporal. 3. Obesidade. 4. Crianças. I. Título.

DEDICATÓRIA

A minha amada e saudosa mãe Simone Paiva (*in memoriam*)
Ao meu grande amor e companheiro Jonas Neto
Ao meu amado pai Adão Angelo
Ao meu filho Gabriel

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me capacitar, iluminar e me fortalecer em todos os momentos.

A minha querida mãe Simone Paiva Lisboa Montagner, *in memoriam*, por ter sido minha referência e melhor amiga. Que hoje não se encontra neste plano, mas está sempre comigo em todos os momentos da vida.

Ao meu pai Adão Angelo Montagner, que sempre esteve ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha vida e também por todo esforço investido na minha educação.

A meu marido Jonas de Jesus Gomes da Costa Neto, o amor da minha vida, meu companheiro e um dos maiores incentivadores para a conclusão desta tese.

Ao meu tão amado filho Gabriel Montagner G. da Costa, por ser meu orgulho e razão do meu existir.

A minha orientadora Eloane Gonçalves Ramos, por ter acreditado no meu potencial, pelos ensinamentos e orientação.

A doutora Vania Matos Fonseca, pela sua disponibilidade e competência na supervisão.

A doutora Maria Virginia, pela participação, dedicação e orientação.

Ao doutor Saint Clair, pela contribuição valiosa no aperfeiçoamento deste trabalho;

Ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA), pela confiança e oportunidade de liberação do serviço para dedicação na realização deste trabalho.

Às crianças e seus responsáveis, essenciais;

Aos participantes da banca, pela disponibilidade e contribuições valiosas.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, de alguma forma, com gestos ou palavras, meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF- ângulo de fase

Alt- altura

AMB - área muscular do braço

BAZ- z score de índice de massa corporal

BIA- bioimpedância elétrica

BIVA- análise do vetor de bioimpedância elétrica

CB- circunferência do Braço

CV- coeficiente de variação

CM- centímetro

CMB-circunferência muscular do braço

DCT- dobra cutânea do trílice

DEXA- absorciometria de raios-X de energia dupla

E- estatura

E/I- estatura/idade

ESPEN- Sociedade Europeia para Nutrição Clínica e Metabolismo

ECW- extracellular Water

ENDEFF0- frequência de máxima reatância

FFM- free fat mass

G-grama

I-idade

ICW- intracelular water

IMC-índice de massa corporal

IMC/E- índice de massa corporal/ estatura

MF-BIA- bioimpedância multifrequencial

MG- massa gorda

MGRS- estudo de referência sobre crescimento multicêntrico da OMS

MIGO: massa insenta de gordura e osso

MLG- massa livre de gordura

MM²- milímetro quadrado

NCHS- *National Center for Health Statistic*

OMS- Organização Mundial de Saúde

P- peso

P/E- peso/estatura

P/I- peso/idade

PNSN- Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição

POF- Pesquisa de Orçamentos Familiares

R- resistência

R₀- resistência na frequência zero

R_∞- resistência na frequência infinita

R_{icw}- resistência intracelular

RNM- ressonância magnética

SISVAN- Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional

TBW- líquido corporal total

TC- tomografia computadorizada

TCLE- termo de consentimento livre e esclarecido

V- volume

WAZ- z score de peso para idade

WHZ- z score de peso para altura

Xc- reatância

kHz- quilo hertz

Kg- quilograma

α - ângulo

π -pi

Ω - ohms

Z-impedância

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de cinco níveis da composição corporal. ECS: sólidos extracelulares e ECF: líquidos extracelulares.	26
Figura 2: Analogia entre capacitor e membrana	37
Figura 3: (a) Associação em série (b) Associação em paralelo (c) Associação em paralelo mais complexa que a anterior.	38
Figura 4: (a) Fluxo de corrente elétrica de baixa frequência em um tecido. (b) Fluxo de corrente elétrica de alta frequência em um tecido.	39
Figura 5: Bioimpedância representada pelo vetor Z, que é uma combinação dos vetores perpendiculares R e X_c . O vetor Z possui um módulo M e define com o eixo horizontal um ângulo de fase AF.	40
Figura 6: Análise dos vetores da BIA representada pelo gráfico R- X_c demonstrando as elipses de confiança de adultos saudáveis.	45
Figura 7: Modelo conceitual dos padrões do vetor de bioimpedância elétrica para uso clínico.	46
Figura 8: Valores de escores de vetores individuais para o gráfico do escore R X_c com elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% são plotados para: A) PRÉ a PÓS-corrida, B) PÓS-PÓS-48h-corrida. Z (R), pontuação Z de resistência; Z (X_c), pontuação Z de reatância.	48
Figura 9: Comparação de vetores de impedância média por faixa etária com 95% de confiança elipses entre indivíduos brasileiros e italianos.	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais diferenças entre os modelos de BIA	35
---	----

Resumo

Introdução: A importância da avaliação do estado nutricional de crianças, em especial as que vivem em situação de vulnerabilidade social, ganhou reconhecimento na última década. A análise do vetor de impedância bioelétrica revelou sua eficácia como um indicador do estado nutricional. Os objetivos do presente estudo foram descrever o conjunto de valores brutos dos componentes da bioimpedância (resistência e reatância) monofrequencial, a distribuição do vetor de bioimpedância e avaliar o estado nutricional das crianças segundo esses padrões bioelétricos, especialmente aquelas classificadas com obesidade. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal que analisou a impedância bioelétrica de uma amostra de 321 crianças de creches públicas, com idade entre 1 a 4 anos, usando o método gráfico RXc (análise tetrapolar na frequência de 50 kHz). As elipses de tolerância de 95%, 75% e 50% foram plotadas por faixa etária. Foram calculados os escores Z dos parâmetros de bioimpedância ($X_c/H-Z$ e $R/H-Z$) em relação a idade, utilizados na construção das elipses de tolerância de referência de um único grupo, independente da faixa etária. Tais elipses foram avaliadas quanto a sua capacidade de reconhecer o padrão e classificar os desvios, utilizando vetores individuais de crianças obesas. **Resultados:** Os vetores de impedância média apresentaram reatâncias progressivamente mais altas e resistências mais baixas a medida que a idade aumentava. No grupo das crianças obesas, os vetores individuais situados fora da elipse de tolerância de referência de 95% totalizaram 12,5%, 18,75% e 11,1% dos casos, para os critérios z-score de peso/estatura (WHZ), z-score de peso/idade (WAZ) e z-score de IMC/idade (BAZ), respectivamente, todos acima dos 5% esperados. **Conclusões:** Nossos resultados confirmaram a importância da definição de valores de referência do vetor de impedância corporal segundo a idade da criança; e que os valores de referência de um determinado país não devem ser adotados acriticamente por outros, tendo em vista a considerável diversidade étnica. Também foi verificado que a análise vetorial da bioimpedância reflete diferenças nos padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade. O uso das elipses de tolerância do gráfico da BIVA é promissor como ferramenta para o monitoramento do estado nutricional.

Palavra chaves: vetor de impedância; composição corporal; obesidade; crianças.

Abstract

Introduction: The importance of assessing the nutritional status of children, especially those living in situations of social vulnerability, has gained recognition in the last decade. Analysis of the bioelectrical impedance vector (BIVA) revealed its effectiveness as an indicator of nutritional status. The objectives of the present study were to describe the raw values of the mono-frequency bioimpedance components (resistance and reactance), the distribution of the bioimpedance vector in a sample of ethnically diverse children from 1 to 4 years of age in a situation of social vulnerability in the periphery favelas in Rio de Janeiro and assess nutritional status according to these bioelectric standards, especially those classified as obesity. **Methods:** This is a cross-sectional study that analyzed the bioelectrical impedance of a sample of 321 children from public daycare centers, aged 1-4 years, using the RXc graph method (tetrapolar analysis at 50 kHz frequency). The 95%, 75%, and 50% tolerance ellipses were plotted by age group. The Z-scores of bioimpedance parameters ($X_c/H-Z$ and $R/H-Z$) were calculated regarding age, which were used to build reference tolerance ellipses for a single group, regardless of age. Such ellipses were evaluated for their ability to recognize the pattern and classify the deviations, using individual vectors of obese children. **Results:** The mean impedance vectors showed progressively higher reactances and lower resistances with age. The mean bioimpedance vectors of the present sample of Brazilian children were different from children of other nationalities of the same age group. In the group of obese children, the individual vectors located outside the 95% baseline tolerance ellipse were 12.5%, 18.75%, and 11.1% of the cases for the z-score weight/height (WHZ), z-score weight/age (WAZ) and z score IMC/age (BAZ), respectively, all above the expected 5%. **Conclusions:** Our results confirm the importance of defining reference values for the body impedance vector according to the child's age; and that the reference values of a given country should not be adopted uncritically by others, in view of the considerable ethnic diversity. We also demonstrated that the vectorial analysis of bioimpedance reflects differences in the bioelectric patterns of children classified with obesity. The use of tolerance ellipses in the BIVA chart is promising as a tool for monitoring nutritional status.

Keywords: impedance vector; body composition; obesity; children.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	16
2. Justificativa e hipóteses	20
3. Objetivos	22
Objetivo Geral.....	22
Objetivos Específicos	22
4. Revisão da Literatura.....	23
4.1 Composição corporal.....	23
4.1.1 Definição.....	23
4.1.2 Métodos de Avaliação da Composição Corporal.....	27
4.2 Antropometria.....	28
4.3 Bioimpedância Elétrica	33
4.3.1 Princípios Biofísicos da Bioimpedância.....	35
4.3.2 Estimação quantitativa da composição corporal a partir da bioimpedância	41
4.3.3 Estimação qualitativa da composição corporal a partir da análise vetorial da Bioimpedância (BIVA).....	44
4.4 Obesidade na Infância.....	50
5. Métodos	54
5.1 Delineamento do estudo	54
5.2 Variáveis	55
5.2.1 Antropométricas	55
5.2.2 Bioimpedância Elétrica.....	56
5.3 Análise estatística	57
5.4 Questões éticas.....	58
6. Resultados.....	60
Artigo 1.	61
Artigo 2.	85
7. Conclusões.....	109
8. Referências	110
9. Anexos	140

9.1 Anexo 1- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	140
9.2 Anexo 2- Parecer Consubsstanciado do CEP.....	141
9.3 Anexo 3- Autorização da Prefeitura para realização da pesquisa na creches	145

Apresentação da Tese

A presente tese faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Validação de protocolos clínicos para evidenciar marcadores prognósticos para a rede de assistência ao paciente pediátrico crítico”, coordenada pela doutora Vania Matos Fonseca e escrito pelas doutoras Eloane Gonçalves Ramos, Zina Maria Almeida de Azevedo e Vania Matos Fonseca. O financiamento foi feito pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ-processo E-2626 / 111.559 / 2008) e no CNPq (processo nº 308489 / 2009-8).

Os sujeitos do estudo principal foram pacientes pediátricos acompanhados/internados no IFF/FIOCRUZ e crianças atendidas em creches municipais localizadas em área de grande vulnerabilidade social na periferia de favelas do Rio de Janeiro. No presente estudo serão apresentados os resultados referentes as crianças atendidas nas creches municipais , o que será feito na forma de dois artigos científicos. O capítulo 1 (Introdução) apresentará a delimitação do tema, a justificativa, hipóteses e os objetivos do estudo. A seguir (2), irá ser feita uma revisão da literatura. O terceiro capítulo (3) compreenderá o detalhamento metodológico e o capítulo 4, as referências bibliográficas. O capítulo 5 irá trazer os resultados que serão apresentados em dois artigos elaborados e submetidos para publicação. O capítulo 6 apresentará as considerações finais.

1. Introdução

Durante as duas últimas décadas, a prevalência da obesidade em crianças vem aumentando em todo o mundo, inclusive nos países em desenvolvimento, onde a taxa de foi superior a 30% em relação aos países desenvolvidos ¹⁻³. Fato preocupante, pois demonstra que crianças em situação de vulnerabilidade social são mais propensas a obesidade e sem a verificação da presença dos fatores de risco provavelmente continuarão obesas até a fase adulta e com complicações graves de saúde e um risco aumentado para o aparecimento prematuro de doenças, tais como hipertensão, dislipidemia, diabetes tipo 2 ⁴.

Neste contexto, o monitoramento do crescimento e da composição corporal é importante para detecção precoce se o crescimento está se afastando do padrão esperado por doenças e/ou por condições sociais desfavoráveis. A mensuração da composição corporal por métodos considerados de referência, como a tomografia computadorizada, a absorciometria de raios-X de energia dupla (DEXA), a ressonância magnética e a pletismografia por deslocamento aéreo, não podem ser aplicadas na prática rotineira, pois são altamente técnicos e caros ⁵⁻⁸. A forma convencional de avaliar o estado nutricional durante esse período da vida tem sido por meio da utilização de medidas antropométricas e / ou índices derivados, como o índice de massa corporal (IMC). No entanto, embora a antropometria não seja invasiva e possa ser repetida em um curto período, ela tem um baixo nível de precisão ^{9,10}. Outra limitação com o uso de gráficos de crescimento / percentil de peso e comprimento é que eles não refletem a

composição do peso. Da mesma forma, o IMC não reflete variações na composição corporal que dependem da fase de desenvolvimento do peso/estatura⁹.

Diante dessas limitações, a análise de impedância bioelétrica (BIA) ganhou destaque e está sendo cada vez mais utilizada para avaliar a composição corporal em adultos e crianças. A BIA é um método de medição seguro, rápido, reprodutível, não invasivo, de baixo custo e portátil que pode ser usado¹¹. A técnica faz uma análise dos compartimentos corporais, massa magra e massa livre de gordura, que se baseia na medida da condução iônica elétrica do tecido mole (fluidos corporais), admitindo que os tecidos gordurosos e ósseos sejam maus condutores elétricos¹².

A análise da BIA requer a aplicação de equações de predição para transformar as variáveis elétricas (resistência [R] e reatância [Xc]) em variáveis de composição corporal (água corporal, massa livre de gordura e massa magra) e são aplicáveis somente nas populações específicas para as quais foram desenvolvidas¹³.

Além disto, essas equações pressupõe hidratação tecidual constante nos indivíduos¹⁴, o que não ocorre durante o processo normal de crescimento da criança, assim como em vários acometimentos metabólicos que alteram o balanço hídrico, como nos casos de obesidade ou desnutrição extrema e desidratação ou em crianças sob tratamento intensivo^{15,16}. O erro padrão da estimação da água corporal total por esse método da BIA varia de 0,5kg a 2kg e os da massa magra e massa gorda de 1,5Kg a 3Kg, em crianças maiores de três anos¹⁷.

Uma alternativa para controlar esta imprecisão é a avaliação da composição corporal diretamente a partir de dados brutos, ou seja, são usados os valores da R e Xc da bioimpedância elétrica, sem assumir pressupostos. Esta alternativa foi proposta por Picoli e colaboradores em 1994, quando desenvolveram o método do gráfico RXc, que é uma forma de interpretar a bioimpedância elétrica através da sua análise vetorial ¹⁸.

Por este método gráfico RXc, a impedância (Z) é representada por um vetor definido a partir de seus componentes R e Xc, padronizados pela altura dos indivíduos ¹⁸. O ângulo estabelecido entre o vetor Z e o eixo horizontal é o ângulo de fase (AF). Vetores médios de bioimpedância e suas regiões de confiança de 95% bidimensionais (elipse de confiança) podem ser calculados para grupos, permitindo análise estatística de diferença entre os grupos. O vetor de um indivíduo pode ser confrontado com a distribuição dos vetores da população saudável de referência (elipses de tolerância) ¹⁸.

Dentre as vantagens do uso do RXc observa-se que o mesmo permite fácil acompanhamento dos deslocamentos do vetor, uma vez que tanto a direção (que é o ângulo de fase) como a magnitude do vetor de impedância são simultaneamente considerados. Seu comportamento varia com a sobrecarga (encurtamento do vetor e redução do ângulo que o define) e retirada de líquido (alongamento do vetor e aumento do ângulo), refletindo a variação dos fluidos. As variações na quantidade de tecidos moles (adiposo e magro) estão associados com um deslocamento do vetor na direção do eixo menor das elipses, com um aumento progressivo (atletas, obesos) ou redução (a subnutrição caquexia, anorexia) do ângulo de fase ¹⁸.

Para a utilização do gráfico RXc na avaliação do estado nutricional, é necessário o conhecimento dos valores de normalidade da resistência e reatância da população de interesse ¹⁹. Embora existam estudos ^{17,19-21} em que são definidos valores de referência para o vetor de bioimpedância elétrica na população pediátrica, as amostras estudadas se constituíram apenas de indivíduos brancos ou com crianças com idade inferior ao do presente estudo. Como a etnia é um dos fatores de confundimento da bioimpedância (Barbosa-Silva *et al*, 2005; Piccoli *et al*, 2002 b; Ward *et al*, 2000), surge uma preocupação em assumir os valores de referência dos estudos internacionais, o que pode não ser válido, dadas as diferenças sociodemográficas e antropométricas que caracterizam uma população miscigenada, tais como a brasileira ²¹.

No mundo globalizado de hoje, a miscigenação racial é cada vez maior. Como já demonstrado em adultos (Piccoli *et al*, 2002b; Ward *et al*, 2000a) e crianças ²¹, cada etnia é descrita por um vetor médio de bioimpedância particular, o que suscita o desenvolvimento de novas pesquisas para determinar valores de referência que considerem toda a variabilidade étnica de um país e que possibilite assim uma interpretação mais acurada dos parâmetros bioelétricos individuais.

O presente estudo pretende descrever os valores do vetor de impedância bioelétrica em crianças multiétnicas em situação de vulnerabilidade social e avaliar os padrões bioelétricos de crianças onde a obesidade foi verificada pelos indicadores antropométricos.

2. Justificativa e hipóteses

A análise vetorial da impedância bioelétrica é considerada uma técnica muito útil na prática clínica para análise da composição corporal em adultos^{11,22} e crianças^{17,20,23}, mas pouco se sabe sobre o potencial uso da BIVA em populações que vivem em grandes áreas de desvantagens sociais, como no caso de favelas, que representam quase um terço da população mundial e mais de 60% das populações urbanas nos países menos desenvolvidos, incluindo centenas de milhões de crianças²⁴.

São escassos artigos até o presente momento, que tenha descrito valores do vetor de bioimpedância elétrica para a população infantil situadas em área de vulnerabilidade social. Diante de tal situação, surge uma preocupação em assumir os valores de referência dos estudos internacionais, o que pode não ser válido dado as diferenças sociodemográficas e antropométricas que caracterizam uma população miscigenada como a brasileira²¹. Dessa maneira, dado a ausência de informações na literatura científica sobre os padrões bioelétricos da população de crianças brasileiras, o presente trabalho pretende contribuir na identificação desses padrões nacionais por contemplar um perfil populacional infantil miscigenado tal qual observado na realidade brasileira. Este estudo também poderá fornecer evidências que justifiquem um estudo mais complexo e custoso de validação do desempenho dos valores do vetor de impedância bioelétrica comparativamente as técnicas menos indiretas de estimação da composição corporal, como a densitometria por dupla emissão de raios-X (DEXA) ou a pletismografia por deslocamento de ar.

As hipóteses do presente estudo são: (i) os valores do vetor de impedância bioelétrica das crianças brasileiras multiétnicas em situação de vulnerabilidade social são diferentes dos padrões apresentados em estudos internacionais, dadas as diferenças sociodemográficas e antropométricas que caracterizam cada população. (ii) A análise vetorial da bioimpedância reflete diferenças nos padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade.

3. Objetivos

Objetivo Geral

Descrever os valores do vetor de impedância bioelétrica e seus componentes em crianças brasileiras multiétnicas em situação de vulnerabilidade social.

Objetivos Específicos

- Descrever os aspectos demográficos e antropométricos das crianças por sexo e faixa etária.
- Descrever os valores de $R/Altura$, $Xc/Altura$ das crianças por sexo e faixa etária.
- Determinar o vetor médio de bioimpedância e sua distribuição amostral pelo método gráfico RXc por sexo e faixa etária.
- Descrever os valores das elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% do vetor de bioimpedância elétrica por categorias de idade.
- Avaliar os padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade.

4. Revisão da Literatura

4.1 Composição corporal

4.1.1 Definição

O termo composição corporal se refere à distribuição e à quantidade dos compartimentos corpóreos, cuja somatória resulta na massa corporal total ²⁵. Para avaliar a composição corporal se tem como base a divisão do corpo em diferentes compartimentos, podendo esta separação ser feita em dois, três, quatro ou mais compartimentos ^{26,27}.

O primeiro modelo a ser usado foi o de dois compartimentos distintos proposto por Behnke ²⁸ para estimar massa gorda e massa livre de gordura, que apresentaram densidades específicas constantes de 0,9007 g/mL e 1,100 g/mL, respectivamente para todas as idades ²⁹. Enquanto adultos brancos e saudáveis estavam sendo estudados, o uso destas densidades constantes era satisfatório. No entanto, quando as populações incluíam indivíduos muito jovens ou idosos, diferentes grupos étnicos ou indivíduos com certas doenças ficou evidente que a interpretação das alterações biológicas ocorridas no corpo humano estava limitada ²⁶. Baseados neste modelo apareceram, inicialmente, os métodos de contagem corporal de potássio, de diluição com água radioactiva e da densidade corporal (hidrodensitometria) ^{26,27,30}.

Para reduzir as limitações encontradas nos modelos de dois compartimentos, Siri ³¹ incluiu a estimativa de um terceiro componente, a água corporal total, originando o modelo de três compartimentos. Essa abordagem exige que ao método de hidrodensitometria fosse adicionada a medição de

água corporal total, geralmente pelo método de diluição de isótopos. Tendo assim como compartimentos medidos a massa gorda e a massa livre de gordura, subdividida em teor de água e sólidos restantes (predominantemente proteínas e água)³¹. Para esse modelo de três compartimentos, a densidade de água, gordura e sólidos corporais são usados. Os resultados obtidos com este modelo proporcionaram algumas melhorias em relação ao modelo de dois compartimentos para adultos saudáveis e crianças mais velhas. No entanto, para pacientes com massa protéica e mineral corporal significativamente alterada, os valores estimados para a densidade do compartimento de sólidos seriam incorretos, assim a estimativa final da massa gorda corporal também seria imprecisa²⁶.

Com o objetivo de obter maior precisão surgiu o modelo de quatro compartimentos elaborado por Matiegka³², que fracionou a massa corporal nos seguintes componentes: peso de gordura, peso muscular, peso ósseo e peso residual, que compreende órgãos, pele, sangue, tecido epitelial e sistema nervoso. Este antropólogo checoslovaco baseou o seu estudo na dissecação de cadáveres que é a única metodologia considerada direta. Neste método, ocorre a separação dos diversos componentes estruturais do corpo humano, a fim de verificar a sua massa isoladamente e estabelecer relações entre eles e a massa corporal total. Assim sendo, Matiegka³² desenvolveu uma série de equações para estimar a massa de tecido adiposo subcutâneo (incluindo a pele), dos músculos esqueléticos, dos ossos e do tecido residual (órgãos e vísceras). No seu estudo, reconheceu a necessidade de novas pesquisas com cadáveres para validar os coeficientes derivados, pois muitas vezes os valores obtidos pela sua técnica apresentavam grande discrepância em relação aos

valores reais de composição corporal ^{26,27}. No referido modelo de quatro compartimentos, vários métodos para medição exata dos componentes propostos pelo mesmo, se destacando: o método de hidrodensitometria conjugada com ativação neutrônica, a absorciometria de Raio-X de dupla energia, o método de medição de potássio corporal total, conjugado com a diluição de isótopos. Por conseguinte, a massa livre de gordura é a soma de todos estes compartimentos e a massa gorda é a diferença entre o peso total e a massa livre de gordura ^{26,27,30}. Contudo, este modelo de quatro compartimentos não teve grande repercussão entre os estudiosos da composição corporal, pois, é muito dispendioso, devido ao uso de variados métodos, e ao somar os valores obtidos para cada um dos componentes se encontra, muitas vezes, um valor bastante discrepante em relação à massa corporal total do indivíduo, o que está relacionado com a acumulação de erros inerentes a cada método aumentando assim a imprecisão ^{33,34}.

A informação de todos os modelos anteriores foi compilada dando origem ao modelo multicompartimental ou de cinco compartimentos, que considera os cinco níveis de organização da composição corporal ³⁵. Todos esses componentes principais foram organizados em cinco níveis distintos e de complexidade crescente: atômico, molecular, celular, tecidual e corpóreo (Figura 1). Essa organização é baseada em regras que estabelecem as características dos componentes orgânicos e suas relações estáveis uns com os outros ³⁵. O nível atômico compreende cerca de 50 elementos, sendo que mais de 98% da massa corporal total é determinada pela combinação de oxigênio, carbono, hidrogênio, nitrogênio, cálcio e fósforo. Os quarenta e quatro elementos restantes representam menos de 2% da massa corporal total ³⁵. Já o

nível molecular divide os compostos químicos corporais, que compreendem mais de cem moléculas diferentes, em cinco grupos: lipídios, água, proteínas, hidratos de carbono e minerais ³⁵. O nível celular divide o corpo em três componentes: massa celular total, fluidos extracelulares (incluindo plasma intra e extracelular) e sólidos extracelulares ³⁵. O nível tecidual apresenta quatro categorias de tecidos, são eles: tecido conjuntivo (formas de tecido conjuntivo como o tecido adiposo e tecido ósseo), tecido epitelial, tecido muscular e tecido nervoso ³⁵. O nível corpóreo analisa o corpo segundo suas características morfológicas, com medidas relacionadas com o tamanho, forma e proporções do corpo humano ³⁵.

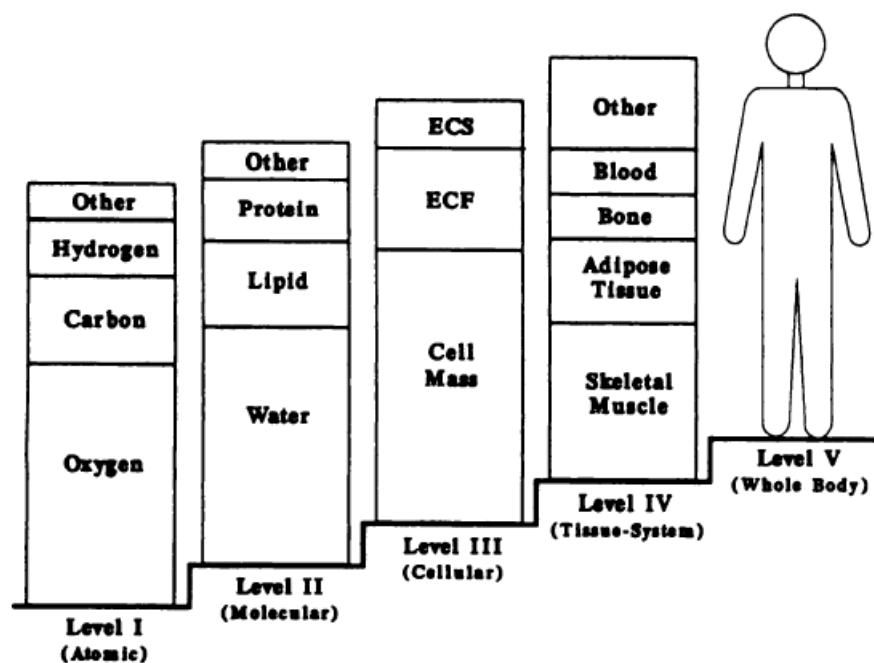


Figura 1: Modelo de cinco níveis da composição corporal. ECS: sólidos extracelulares e ECF: líquidos extracelulares.

Fonte: Wang et al. ³⁵

Diversas técnicas, baseadas em todos esses princípios, podem ser utilizadas para avaliar a composição corporal do indivíduo. Fatores como idade, gênero, etnia, alimentação, atividade física e presença de enfermidades que influenciam a composição corporal devem ser considerados na escolha do método ideal para avaliar a composição corporal ³⁶. Além disso, se deve considerar o objetivo da avaliação, custo, aplicabilidade e validade do método e o grau de experiência necessária ao examinador, antes de definir o método adequado para cada situação clínica ou pesquisa ³⁷.

4.1.2 Métodos de Avaliação da Composição Corporal

Os métodos para avaliar a composição corporal podem ser classificados em diretos, indiretos e duplamente indiretos ³⁸⁻⁴⁰. O único método direto de avaliação da composição corporal é a análise de cadáveres, portanto todos os métodos de avaliação da composição corporal realizados *in vivo* são estimativas, derivadas de algum princípio físico ou biológico ⁴⁰.

As técnicas indiretas são precisas, mas possuem uma limitada aplicação prática e um alto custo financeiro, sendo por isso utilizadas principalmente para validar as técnicas duplamente indiretas ⁴¹. Dentre os métodos indiretos, os de maior acurácia são os elementares, análise por ativação de nêutrons e contagem do potássio corporal total; ambos possuem alto custo, baixa praticidade e os equipamentos são restritos a poucos centros no mundo. Métodos como a diluição de isótopos, densitometria, dupla absorptometria de raios X de dupla energia (DEXA), tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RNM), pesagem hidrostática e pletismografia de deslocamento aéreo (PDA) são também indiretos ^{38,42-44}. No entanto, apesar de

mais acessíveis, possuem ainda custo relativamente alto e disponibilidade limitada, ficando restritos ao campo da pesquisa ^{13,38}.

As técnicas duplamente indiretas são menos acuradas e precisas, porém apresentam melhor aplicação prática e menor custo financeiro, podendo ser empregadas tanto em pesquisas de campo quanto em estudos clínicos ^{23,45}. Neste grupo, se destacam a bioimpedância elétrica e a antropometria ^{41,46}.

4.2 Antropometria

A partir dos anos de 1976, a antropometria foi sistematizada como um método probabilístico de avaliação do estado nutricional ⁴⁷. Desde então, foi aplicada em estudos populacionais o que possibilitou avanços nas interpretações e na busca de formulações matemáticas que melhorassem a acurácia das estimativas dos compartimentos e de seus poderes preditivos ⁴⁸. A antropometria é considerada um método útil para identificar o estado nutricional das pessoas, por ser o mais barato, não invasivo, universalmente aplicável e com boa aceitação pela população ⁴⁹.

A aplicação da antropometria em estudos epidemiológicos é comum na atualidade. Nas últimas décadas, sua importância tem sido relevante devido a associação entre as condições antropométricas, hábitos alimentares e doenças crônicas em estágios precoces da infância, adolescência e idade adulta ⁵⁰⁻⁵².

Entre crianças, as medidas de estatura, peso, circunferência craniana, perímetros braquial, abdominal e as dobras cutâneas são utilizados na avaliação de aspectos antropométricos específicos, como na abordagem da obesidade ^{53,54}. As medidas antropométricas usualmente utilizadas na avaliação nutricional de crianças são o peso e a estatura (ou altura ou

comprimento) e suas associações analisados em função da idade e sexo constituem os índices antropométricos ^{49,55}. Os índices comumente adotados para a avaliação do estado nutricional infantil são: peso/idade (P/I), estatura/idade (E/I), peso/estatura (P/E) e Índice de Massa Corporal (IMC)/idade para cada sexo ⁵⁶.

Apesar desses índices apresentarem relações entre si, cada um reproduz uma diferente combinação de processos biológicos. O índice estatura/idade espelha o crescimento linear da criança para uma idade específica, sendo os valores abaixo do esperado indicadores de déficits de longa duração, como consequência de agravos a saúde e de natureza nutricional ⁵⁷.

As crianças com baixa estatura para idade podem ser classificadas como baixas, termo utilizado para descrever um baixo valor de estatura/idade, ou com nanismo (*stunting*), que implica processo patológico que demanda cuidados nutricionais específicos ⁵³.

O índice peso/idade define a massa corporal em relação à idade, porém este índice deve ser utilizado com indicadores complementares devido ao fato de o mesmo não ter a capacidade de determinar a natureza do déficit nutricional, se de longa data ou atual, além do risco de má interpretação da condição da criança desnutrida edemaciada, cujo peso parecerá estar normal para idade ^{54,57}. Por outro lado, o excesso de peso para idade, como não considera a estatura da criança pode induzir uma classificação errônea de sobrepeso, quando na realidade a criança apresenta também uma elevada estatura para idade ⁵³.

O peso para estatura reflete a distribuição da massa corporal em relação à estatura ⁵⁶. Tal índice dispensa a informação da idade, sendo sensível para o diagnóstico de excesso de peso, entretanto também necessita de medidas complementares para um diagnóstico preciso ^{54,57}. Outro índice antropométrico utilizado para identificar o estado nutricional é o índice de massa corporal, calculado pela fórmula peso (em kg) dividido pelo quadrado da altura (em metros), desenvolvido no século passado por *Lambert Adolphe Jacques Quetelet*, matemático belga ⁵⁸. Este índice tem seu uso praticamente consensual na avaliação nutricional de adultos, cujos limites inferior e superior da normalidade são baseados em critérios estatísticos que correlacionam uma maior morbimortalidade em pessoas com IMC acima ou abaixo deste intervalo ^{59,60}. Seu uso em crianças também é utilizado, apesar de ainda existir considerável discussão sobre os pontos de corte em relação aos resultados funcionais nas intervenções clínicas e comunitárias ⁶¹.

O IMC em crianças se modifica significativamente com a idade, apresenta um expressivo aumento durante a primeira infância, diminui na fase pré-escolar e aumenta novamente na adolescência e no adulto ^{62,63}. Isso significa que, quando utilizado em crianças, deve ser controlado pela idade e sexo ⁵⁶.

Para o diagnóstico do estado nutricional infantil, os resultados obtidos pelos índices devem ser comparados com curvas de crescimento de referência (SPERANDIO-SIMONE), que são um resumo da distribuição de determinada medida em relação a uma covariável, usualmente idade, de acordo com o sexo

A fundamentação do diagnóstico do estado nutricional dos menores de 20 anos tradicionalmente vem sendo classificado com base em probabilidades geradas a partir de estudos populacionais. A OMS adotou desde 1978 os dados do *National Center for Health Statistic* (NCHS) como padrão de referência internacional para o crescimento na infância. Em 1995, foi iniciado um debate sobre a necessidade de construção de uma curva de crescimento que fosse levado em conta a prática do aleitamento materno exclusivo, a inclusão de outro indicador antropométrico (IMC/idade) e a incorporação de indivíduos de outros países ⁶⁴. O Estudo de Referência sobre Crescimento Multicêntrico da OMS (MGRS) foi realizado entre 1997 e 2003 para gerar novas curvas de crescimento para avaliar o crescimento e o desenvolvimento de crianças do nascimento até os cinco anos de idade ^{56,65}. Foram coletados dados primários de crescimento e informações básicas de aproximadamente oito mil e quinhentas crianças de diferentes grupos étnicos e contextos culturais (Brasil, Gana, Índia, Noruega, Omã e Estados Unidos da América) ⁶⁶. Os critérios de inclusão individuais foram: desconhecer restrições ambientais ou de saúde que prejudicassem o crescimento, mães dispostas a seguir as recomendações de alimentação do Estudo Multicêntrico (ou seja, a amamentação exclusiva ou predominante por pelo menos 4 meses, introdução de alimentos complementares aos 6 meses de idade, e continuidade da amamentação até, pelo menos, 12 meses de idade), a mãe não fumar antes e após o parto, nascimento de único termo e ausência de morbidade significativa ⁶⁶. Essas curvas foram propostas pela OMS como prescritivas, isto é, correspondentes ao melhor padrão de crescimento, do ponto de vista biológico, que deveria ser esperado em todas as crianças ⁵⁶.

A liberação dos padrões da OMS para crianças pré-escolares, e a crescente preocupação da saúde pública sobre a obesidade infantil suscitaram um grande interesse no desenvolvimento de curvas de crescimento apropriadas para crianças em idade escolar e adolescentes ⁶⁷. Como os países passaram a implementar os padrões de crescimento da OMS para crianças pré-escolares, a diferença em todos os percentuais desses padrões de referências existentes para crianças mais velhas se tornou um motivo de preocupação, houve a necessidade de harmonizar as ferramentas de avaliação de crescimento, e assim foi proposto uma avaliação da viabilidade de desenvolver uma referência internacional de crescimento única para crianças e adolescentes em idade escolar ⁶⁸. Reconhecendo as limitações que existiam das curvas de referência como, por exemplo: a referência do NCHS/OMS de crescimento ⁶⁹, os gráficos de crescimento do CDC 2000 ⁷⁰, e os pontos de corte do IOTF ⁷¹, para avaliar a obesidade infantil, os pesquisadores recomendaram que as curvas de crescimento apropriadas para estes grupos etários fossem desenvolvidas para aplicações clínicas e de saúde pública. Também houve um consenso de que um estudo multicêntrico, semelhante ao que levou ao desenvolvimento dos padrões de crescimento infantil da OMS desde o nascimento até os 5 anos de idade não seria viável para crianças mais velhas, porque seria impossível controlar a dinâmica do seu ambiente. Assim, foi decidido que uma referência de crescimento deveria ser construída para essa faixa etária, utilizando os dados históricos disponíveis ⁶⁸. A OMS passou a reconstruir a referência de crescimento do NCHS/OMS de 1977 para o período de 5-19 anos ⁶⁹. Foi utilizado uma amostra original (uma amostra de não obesos com alturas esperadas), complementada com dados dos padrões de

crescimento infantil da OMS (para facilitar uma transição suave em 5 anos), e foi aplicado métodos estatísticos ⁷².

Para se estabelecer uma comparação de um conjunto de medidas antropométricas com um padrão de referência, várias escalas podem ser utilizadas, sendo as mais comuns o percentil e o escore Z ⁷³.

Os percentis são derivados da distribuição em ordem crescente dos valores de um parâmetro, observados para uma determinada idade ou sexo; a classificação de uma criança em um determinado percentil permite estimar quantas crianças, de mesma idade e sexo, são maiores ou menores em relação ao parâmetro avaliado ^{56,73}.

O escore Z significa, em termos práticos, o número de desvios-padrão que o dado obtido está afastado de sua mediana de referência ⁵⁶, em relação aos pontos de corte, a OMS considera desnutridas crianças com escores Z abaixo de menos dois para os índices: peso/idade (P/I), estatura/idade (E/I), peso/estatura (P/E) e IMC/I ⁵⁶. Já as que possuem escores Z entre um e dois são classificadas com sobrepeso e acima de dois com obesidade ⁵⁶.

4.3 Bioimpedância Elétrica

Os primeiros estudos com a bioimpedância ocorreram nas décadas de 1930 e 1940, relacionando a impedância com o fluxo sanguíneo ^{74,75}. A aplicação da bioimpedância elétrica na avaliação da composição corporal foi originalmente descrita por Nyboer ⁷⁵ e posteriormente por Thomassetts ⁷⁶ e Hoffer et al. ⁷⁷, que estudaram a relação da impedância com a água corporal total e a massa magra, nos anos de 1959 e 1969. Entretanto, somente a partir de 1980 essa técnica foi amplamente empregada ^{78,79}.

A bioimpedância é considerada não invasiva, segura, rápida e aplicável na prática clínica ^{15,38,46}. Não expõe o paciente a radiações ionizantes e oferece um meio simples de estimar a massa livre de gordura ^{80,81}. Por estas razões, pode ser utilizada como um método de avaliação da composição corporal pediátrica ^{82,83}. A análise por bioimpedância elétrica que utiliza as equações de predição, permite estimar a massa livre de gordura e a quantidade de água corporal total de um indivíduo sem anomalias significativas de fluidos e eletrólitos, tendo como base as diferentes propriedades condutoras e dielétricas dos tecidos biológicos para as correntes de diferentes frequências ⁸⁴

Os equipamentos de mensuração da bioimpedância se tornaram disponíveis comercialmente a partir da década de 1990, podendo exibir automaticamente a composição corporal após a medição da impedância ⁸⁰. Apresentam diferenças no número, tipo e posicionamento dos eletrodos. Quanto à região do corpo a ser examinada, podem ser considerados equipamentos de bioimpedância regional, quando a corrente atravessa apenas a porção superior ou inferior do corpo, total quando passa por todo o organismo, ou segmental quando avalia um segmento ou membro ⁸⁵. O estímulo elétrico pode ser monofrequencial, geralmente em 50 kHz ou multifrequencial, quando é composto por vários estímulos na faixa de frequência de 5 kHz a 1000 kHz⁸⁶.

Alguns parâmetros, como a gordura e a água corporal e a massa livre de gordura, podem ser medidos no modo monofrequencial (50 kHz), pois nesse nível de frequência a corrente é capaz de passar tanto pelo fluido extracelular como pelo intracelular, embora a proporção varie de tecido para tecido ⁸⁷. Algumas limitações dos analisadores monofrequenciais fizeram com que os

aparelhos de múltiplas frequências se tornassem disponíveis para avaliação da composição corporal, devido a alguns parâmetros serem quantificados em níveis de frequência mais baixas, como por exemplo o líquido extracelular ⁸⁶.

Mouad et al., ⁸⁸, apresenta resumidamente as principais diferenças entre os modelos de BIA que podem ser observadas no Quadro 1.

BIA por unifrequência	BIA por multifrequência
Mais amplamente utilizada	Menos comercializada
Frequência elétrica única de 50 kHz	Espectro de frequência de 5 a 1000 KHz
Capaz de estimar TBW, FFM E MG	Capaz de estimar TBW, ECW, ICW, MG, FFM, MIGO
TBW: Água Total Corporal; FFM: Massa Livre de Gordura; MG: Massa Gordura; ECW: Água Extracelular; ICW: Água Intracelular; MIGO: Massa Isenta de Gordura e Osso.	

Quadro 1: Principais diferenças entre os modelos de BIA

Fonte: Adaptado de Mouad 2015

4.3.1 Princípios Biofísicos da Bioimpedância

A análise da BIA consiste na medida da impedância que os tecidos corporais oferecem à passagem de uma corrente alternada ¹¹. A corrente é gerada pelo equipamento de mensuração da bioimpedância e aplicada no corpo através de dois eletrodos de contato, chamados de eletrodos injetores ou de corrente. Usualmente, para a medição da bioimpedância corporal total, estes eletrodos são posicionados no pulso e no tornozelo de um dos lados do corpo. Outros dois eletrodos são posicionados proximalmente, a alguns centímetros dos eletrodos injetores. É a partir desses eletrodos, chamados de sensores ou de tensão, que o equipamento mede a impedância corporal (Z) ¹¹. Quando uma corrente elétrica flui pelo corpo, a condução se dá através dos fluidos extracelulares (AEC) e intracelulares (AIC) compostos principalmente de

água com eletrólitos (íons, ácidos e bases) que correspondem aproximadamente a 73% massa livre de gordura (MLG)¹². O restante da MLG (27%) é composta pelas proteínas e componentes viscerais, além dos minerais ósseos¹². Os tecidos adiposos, ossos e o ar dos pulmões se comportam como isolantes¹².

A resistência corporal, portanto é representada pela oposição ao fluxo da corrente elétrica através dos fluidos intra e extracelular do corpo, estando diretamente associado ao nível de hidratação desses meios e de sua composição iônica⁸⁹. Quanto maior o comprimento do condutor, no caso o corpo humano, maior a resistência. Já a área transversal do condutor possui essa relação inversa, quanto maior a área transversa do corpo, menor a resistência¹¹.

Além da resistência à passagem da corrente alternada pelos fluidos há também a resistência imposta pelas membranas celulares, denominada de reatância (X_c) que representa a oposição ao fluxo da corrente causada pela propriedade capacitiva das membranas celulares^{90,91} e interfaces entre órgãos, que é a capacidade de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático e liberar essa energia posteriormente¹².

Um capacitor é um componente elétrico/eletrônico formado por duas ou mais placas condutoras, separadas por um material dielétrico (isolante ou não condutivo), capaz de armazenar energia elétrica¹¹. Similarmente, a membrana citoplasmática do ser humano é constituída por duas camadas de material proteico (bom condutor) e uma camada de lipídeo (isolante), como demonstrado na figura 2⁹². Dessa forma, a membrana celular atua como se fosse um capacitor, oferecendo uma reatância capacitiva^{79,92}.

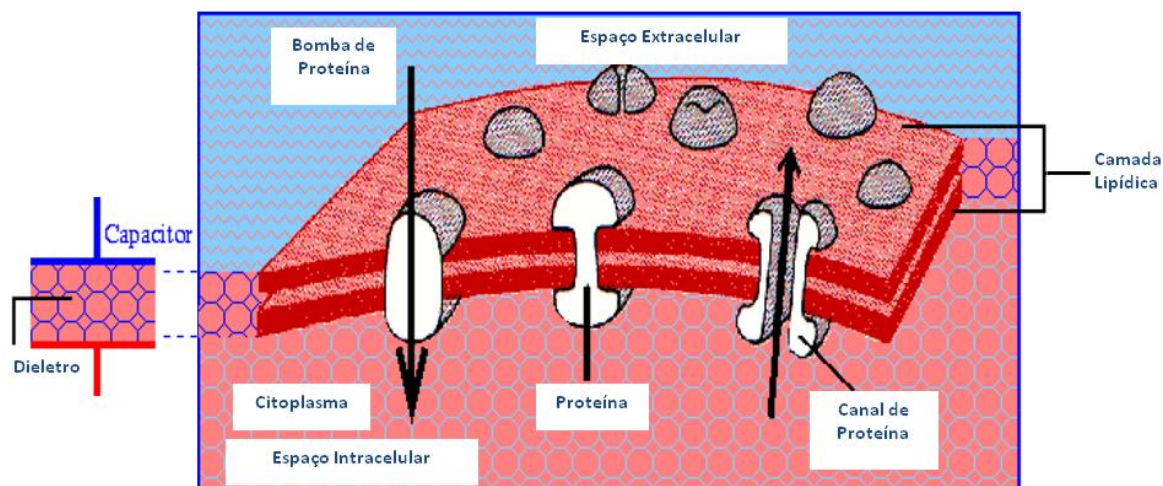


Figura 2: Analogia entre capacitor e membrana

Fonte: Tanabe ⁹³

Vários circuitos elétricos podem ser usados para descrever o comportamento dos tecidos biológicos ¹¹. Na sua forma mais simples, se assume que o organismo se comporta como uma associação em série de um resistor e um capacitor (figura 3) ^{11,94}. Contudo outros modelos podem ser adotados (Figura 3) e nesses casos R e Xc passam a ser funções dos valores dos resistores e capacitores existentes nos circuitos escolhidos ^{11,94}.

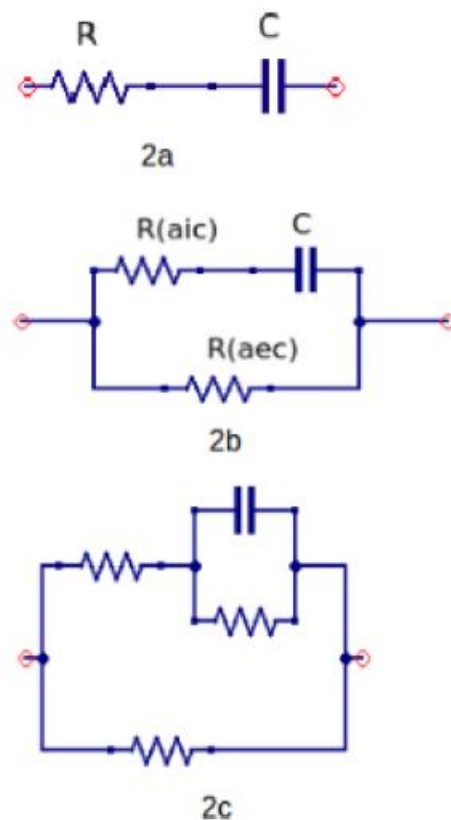


Figura 3: (a) Associação em série (b) Associação em paralelo (c) Associação em paralelo mais complexa que a anterior.

Fonte: Silva; Carvalho; Freitas⁹⁴

A impedância corporal ou bioimpedância (Z) é a combinação da resistência (R) dos fluidos e da reatância capacitiva (X_c), que pode ser calculada através da equação 1:

$$Z = R + X_c \quad (1)$$

A X_c é obtida com a seguinte expressão matemática:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2)$$

De acordo com essa expressão, quanto menor a frequência aplicada, maior será a reatância. Em contrapartida, quanto maior a frequência menor será a reatância. Se a frequência for zero (corrente constante) a reatância será

infinita e a corrente fluirá somente pelos volumes extracelulares, como mostrado na Figura 4^{11,95}. Para frequências mais altas, a reatância X_c é menor, permitindo que uma parte da corrente penetre também nos volumes intracelulares⁹⁶. Na frequência infinita a reatância seria igual a zero e a corrente passaria livremente pelos compartimentos intracelulares, como mostrado na Figura 4b^{95,96}.



Figura 4: (a) Fluxo de corrente elétrica de baixa frequência em um tecido. (b) Fluxo de corrente elétrica de alta frequência em um tecido.

Fonte: Extraído de David S.Holder (2005, p. 133).

A composição resistiva e reativa da bioimpedância pode ser melhor visualizada a partir da representação vetorial⁷⁹. A componente resistiva da impedância é sempre representada por um vetor horizontal (R), enquanto a componente reativa é representada por um vetor vertical (X_c)¹¹. A bioimpedância é o vetor resultante Z formado pela combinação dos vetores perpendiculares R e X_c , como ilustrado na Figura 5. O vetor Z possui um tamanho chamado de módulo ou magnitude (M) e define um ângulo com a linha horizontal, chamado de ângulo de fase (AF).

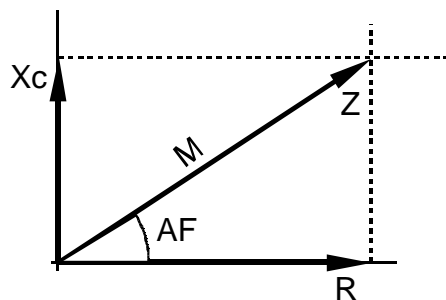


Figura 5: Bioimpedância representada pelo vetor Z , que é uma combinação dos vetores perpendiculares R e X_c . O vetor Z possui um módulo M e define com o eixo horizontal um ângulo de fase AF .

Fonte: ⁹⁷

O AF pode variar de zero grau (sistema sem membranas celulares, resistivo) a noventa graus (sistema sem fluidos, somente capacitivo) (BARBOSA-SILVA; BARROS, 2005). A variação do AF irá depender tanto da variação de X_c quanto de R . Por definição, ele está diretamente associado à reatância e inversamente associado à resistência ⁹⁸, é expresso em graus como o arco tangente da razão de X_c/R e muda com as mudanças na frequência da corrente ⁹².

AF mais baixos indicam morte celular ou declínio na integridade celular dos indivíduos, enquanto que ângulos de fase elevados indicam maior quantidade de membranas celulares intactas ⁹⁹⁻¹⁰¹.

O vetor Z pode ser especificado por seus componentes R e X_c (coordenadas cartesianas), ou por suas características, módulo e ângulo de fase (coordenadas polares). Dada uma especificação pode-se chegar à outra pelas seguintes expressões:

$$M = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

$$AF = \arctan\left(\frac{Xc}{R}\right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$R = M \sin(AF)$$

$$Xc = M \cos(AF)$$

4.3.2 Estimação quantitativa da composição corporal a partir da bioimpedância

A BIA se tornou um método popular para estimar a composição corporal durante as duas últimas décadas ¹⁰². Desde 1990, vários artigos publicados foram relatados usando a BIA como uma ferramenta de medição da composição corporal ^{14,87,102-104}.

A partir dos valores da R e da Xc obtidos pelo equipamento de mensuração, são utilizadas diferentes equações de predição obtidas de modelagem estatística multivariada ¹⁰⁵⁻¹¹⁰. Sendo um método de análise duplamente indireto da composição corporal, necessita da validação através da comparação com métodos de referência, como DEXA, hidrodensitometria e diluição de radioisótopos, que proporcionam a variável dependente para compor o modelo de regressão ¹¹¹.

Para a estimativa dos componentes corporais, a BIA estima primeiramente a quantidade de água corporal total e, para isso, pressupõe uma condutividade homogênea entre os órgãos do corpo ¹⁴. Os demais componentes da composição corporal são estimados seguindo uma abordagem em passos sequenciais. Em um segundo passo, a partir da água

corporal, é estimado a massa corporal magra, assumindo um fator de hidratação constante de 73% nesse compartimento ¹¹². Em um terceiro passo, o valor da massa de gordura é obtido a partir da subtração da massa livre de gordura do peso corporal ⁸¹.

Várias equações de predição da água corporal total e outros compartimentos corporais têm então sido derivadas. A inclusão de características demográficas (idade, sexo e etnia) e antropométricas reduz o efeito de variações interindividuais nos valores da bioimpedância, presumidamente relacionadas ao tamanho e formato corporais, aumentando assim a acurácia preditiva das estimativas de composição corporal ^{111,113}.

A grande desvantagem das equações de predição da composição corporal é a necessidade de assumir alguns pressupostos básicos para sua utilização: o formato do corpo considerado como um cilindro, a relação entre tronco e comprimento das pernas constante, o nível de hidratação da massa livre de gordura constante e igual a 73% e a fração de gordura constante ¹⁴.

Existem diversos contextos clínicos onde tais pressupostos não são válidos. Como exemplo, a quantidade relativa de água na massa livre de gordura pode variar segundo a quantidade de gordura corporal, sobretudo nos casos de obesidade extrema. De acordo com Segal e colaboradores (1987), em indivíduos obesos ela é maior que 73%, assim como em indivíduos com edema ¹¹⁴.

Em condições como ascite, edema periférico, anasarca, durante diálise e principalmente durante doença aguda grave (caracterizada por inflamação como trauma múltiplo, sepse e queimadura), o desarranjo resultante na distribuição de água geralmente invalida os pressupostos das equações de

predição ⁸¹. Também em condições de desconhecido estado de hidratação (hiper, hipo ou normohidratação) e desconhecida osmolaridade (hiper, hipo ou isosmolalidade) as estimativas podem não ser confiáveis. Portanto, a estimativa da composição corporal a partir de equações de predição que utilizam bioimpedância não é um método apropriado para avaliar mudanças à beira do leito quando existem desequilíbrios hídricos e eletrolíticos ¹¹⁵.

A etnia é outro fator que influencia nos resultados da BIA, pois cada uma apresenta um padrão de distribuição de gordura corporal não havendo assim padronização e, conseqüentemente, isto influencia a validade de equações. Tem sido demonstrado que a proporção de deposição de gordura no tronco varia de 5,7% entre diferentes grupos étnicos de asiáticos, mexicanos-americanos, caucasianos e afro-americanos ¹¹⁶.

Além disso, cinco possíveis erros devem ser considerados: o erro na mensuração da bioimpedância, o erro intrínseco do método de referência utilizado na validação, o erro padrão da estimativa de regressão, o erro do modelo do volume corporal admitido como um cilindro uniforme e o da variabilidade biológica entre os indivíduos ¹¹⁷.

O erro padrão da estimativa das equações de predição mais precisas e específicas da idade são da ordem de 0,5 a 2kg para a água total do corpo e de 1, a 3 kg para a massa livre de gordura e massa gorda de adultos e crianças com mais de 3 anos de idade ^{96,118}, o que poderia ser considerado inaceitável para interpretações individuais no contexto clínico ¹⁴. A imprecisão do método também limita o acompanhamento longitudinal de ganho ou perda de peso, porque as mudanças nos compartimentos corporais não podem ser detectadas se forem menores que 1,5 a 2 kg ¹¹⁹.

Diferentes equações de previsão de água corporal total e outros compartimentos do corpo a partir da BIA, validados de acordo com os métodos e critérios, foram publicados na literatura ^{16,37}, na tentativa de minimizar essas limitações supracitadas. No entanto, eles são baseados em suposições e modelos de referência que são aplicáveis e precisos somente em grupos selecionados de adultos e crianças ¹¹⁸ e ainda existem diversas populações e contextos clínicos para as equações de estimação da composição corporal não são validadas.

4.3.3 Estimação qualitativa composição corporal a partir da análise vetorial da Bioimpedância (BIVA)

Na abordagem vetorial da impedância elétrica, a interpretação da composição corporal é feita diretamente a partir da distribuição bivariada dos valores de resistência e reatância ¹⁸.

Essa abordagem, denominada análise vetorial da impedância (*Bioimpedance Vectorial Analysis- BIVA*), representa um avanço sobre a abordagem tradicional, pois prescinde de pressuposição de isotropia de tecidos e do uso de modelos descritivos das propriedades elétricas do corpo humano ¹²⁰.

Por este método, chamado de método gráfico RXc, inicialmente, as medidas de resistência e reatância devem ser padronizadas pela altura do indivíduo para controlar o efeito do tamanho do condutor na resistência corporal ¹²⁰. O vetor de bioimpedância de um indivíduo, padronizado pela altura, é desenhado no plano cartesiano, onde o eixo das abscissas contém a resistência/altura e o eixo das ordenadas a reatância/altura (Figura 6).

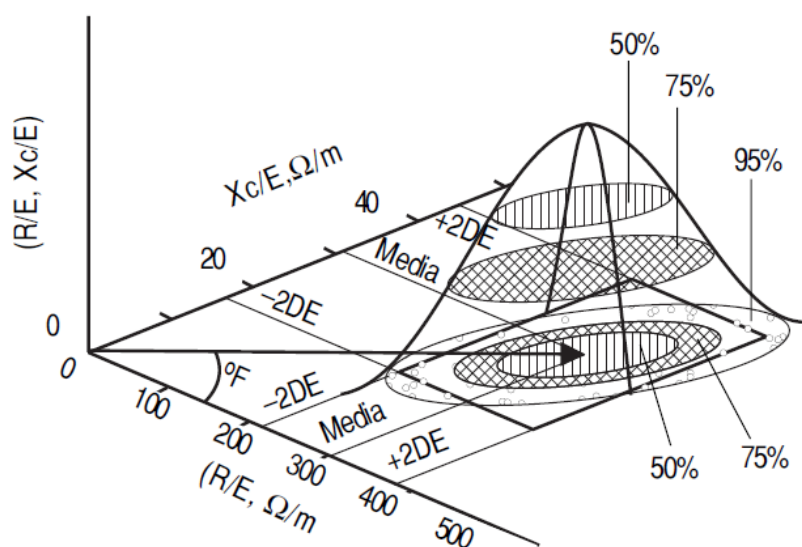


Figura 6: Análise dos vetores da BIA representada pelo gráfico R-Xc demonstrando as elipses de confiança de adultos saudáveis.

Fonte: Espinoza-Cuevas et al., 2007

Se vários vetores de bioimpedância padronizados pela altura são obtidos de uma população sadia de referência, é possível construir um gráfico da distribuição desses vetores, se destacando três percentis ou elipses de tolerância de 50%, 75% e 95%. O coeficiente de correlação entre a resistência e a reatância determina a forma das elipses, como mostrado na Figura 6¹²¹. Dessa forma, o vetor de impedância de um indivíduo pode ser comparado com essa distribuição de referência representada pelas elipses de tolerância (Figura 7), determinando dentro de qual área de normalidade se encontra (50%, 75% ou 95%). Outras elipses de tolerância podem ser adicionadas ao gráfico, se desejado.

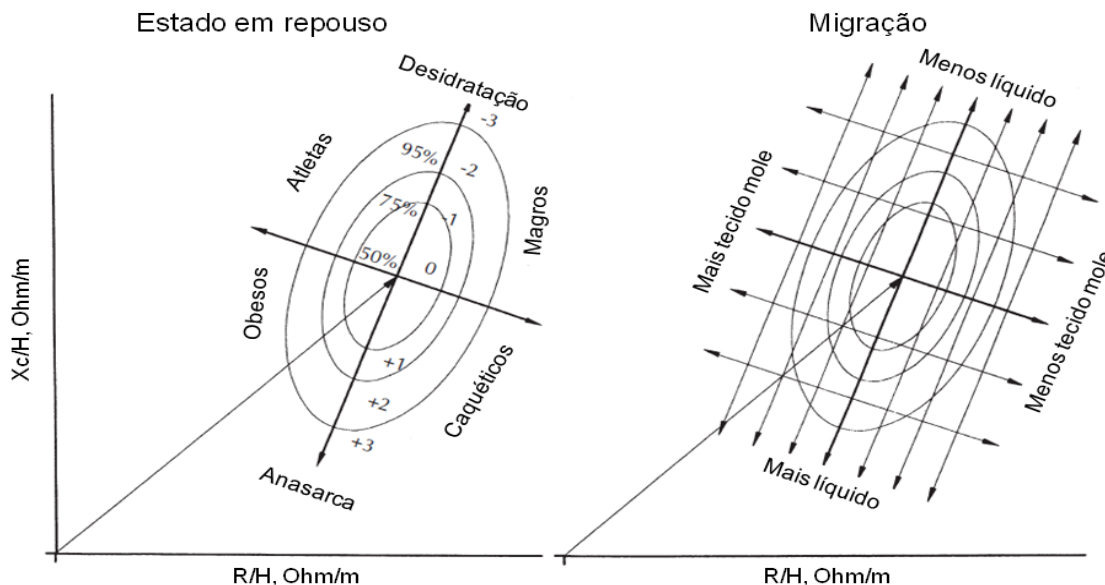


Figura 7: Modelo conceitual dos padrões do vetor de bioimpedância elétrica para uso clínico.

Fonte: Piccoliet *al.*, 2002.

A BIVA também proporciona uma avaliação qualitativa dos resultados¹²¹, que podem ser interpretados como:

1. Variações de hidratação sem mudanças na estrutura do tecido (edema ou desidratação) estão associadas com um encurtamento ou alongamento do vetor de impedância ao longo do eixo maior das elipses de tolerância (Figura 7).

2. Variações na quantidade de tecidos moles (adiposo e magro) estão associados ao deslocamento do vetor na direção do eixo menor das elipses, com um aumento progressivo (atletas, obesos) ou redução (a subnutrição caquexia, anorexia) do ângulo de fase (Figura 7).

3. Alterações conjuntas de hidratação e estrutura dos tecidos, sendo útil tanto para indivíduos sadios como aqueles com estado de composição alterado (Figura 7).

Foi confirmado que este método é útil em contextos clínicos para avaliar variações na hidratação e estado nutricional em indivíduos obesos ¹²². Estudos de validação realizados em adultos revelaram que os vetores de sujeitos com valores anormais de impedância estão situados fora da elipse de tolerância de 75% ¹²⁰. Num estudo que avaliou a utilidade da BIVA para a avaliação da composição corporal em um grupo de crianças com sobrepeso e obesidade, a maioria dos vetores individuais situava-se no quadrante inferior esquerdo, sugerindo um excesso de adiposidade, e 19,8% dos sujeitos estavam fora da elipse de tolerância de 95%, indicando vetores de impedância anormais ²³. Recentemente, Oliveira Filho et al. ¹²³ mostraram que 87% dos adolescentes obesos também apresentaram seus vetores individuais no quadrante inferior esquerdo.

Outra utilização possível deste método qualitativo é no seguimento do indivíduo, plotando sucessivas medições dos vetores de bioimpedância para fins de rastreamento- gráfico de trajetória RXc, Figura 8 ¹²⁰. Castizo et al. ¹²⁴ ao comparar triatletas antes e após a competição, encontrou uma migração do vetor consistente com a perda de fluido induzida pelo evento, concluindo que a BIVA fornece informações adicionais sobre as mudanças de hidratação 48h após o evento. Girma et al. ¹²⁵ ao analisarem a utilidade da BIVA para monitorar o tratamento de crianças com desnutrição grave, também encontrou uma migração dos vetores médios das crianças que apresentaram melhora ao longo do tratamento, sugerindo melhora no estado nutricional.

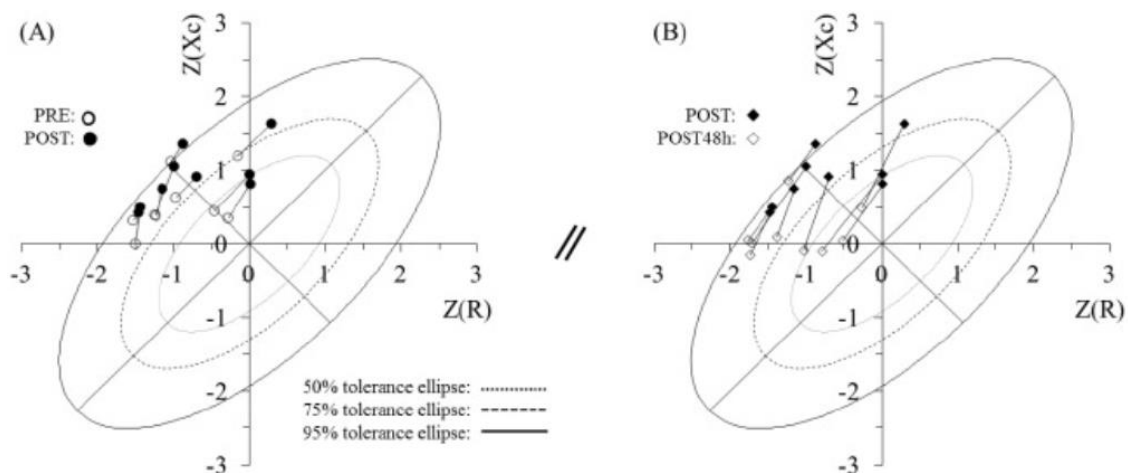


Figura 8: Valores de escores de vetores individuais para o gráfico do escore RXc com elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% são plotados para: A) PRÉ a PÓS-corrida, B) PÓS-PÓS-48h-corrida. Z (R), pontuação Z de resistência; Z (Xc), pontuação Z de reatância.

Fonte: Castizo et al., 2018.

Desta forma, dependendo da posição do vetor individual no gráfico RXc das elipses de tolerância, é possível identificar sete padrões possíveis de composição corporal relacionados a quantidade de massa celular e água corporal: desidratação, edema, caquexia, muscularidade, normalidade, obesidade e magreza (Figura 7) ^{19,126}.

Também é possível utilizar a BIVA para comparar grupos de indivíduos. Nesse caso se utilizam elipses de confiança, usualmente de 95%, de forma análoga à utilização dos intervalos de confiança de 95% nas análises univariadas (Figura 9). Para cada grupo é desenhado no gráfico RXc seu vetor médio de bioimpedância e sua respectiva elipse de confiança. Elipses que não se sobrepõem representam vetores médios de bioimpedância significativamente diferentes. Se ocorrer alguma sobreposição das elipses, esses grupos não apresentam diferença significativa dos seus vetores médios de bioimpedância.

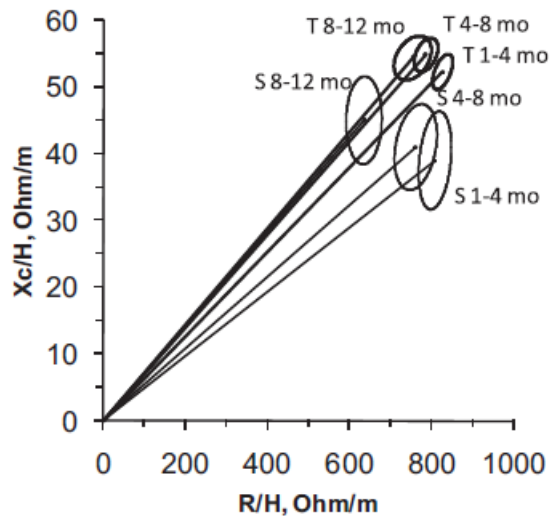


Figura 9: Comparação de vetores de impedância média por faixa etária com 95% de confiança elipses entre indivíduos brasileiros e italianos.

Fonte: Tanabe et. al., 2012.

O ângulo de fase, que é uma medida da relação entre resistência e capacitância, também é considerado um marcador prognóstico confiável e deve ser considerado como uma ferramenta de triagem. Valores baixos estão relacionados ao risco de comprometimento do estado nutricional e funcional¹²⁷. Valores normativos e pontos de corte para o AF em populações saudáveis, tanto pediátricas quanto adultas, foram relatados em dois grandes estudos transversais^{128,129}. O AF é fortemente recomendado pela Sociedade Europeia para Nutrição Clínica e Metabolismo (ESPEN) como uma medida nutricional prognóstica¹³⁰.

Além disso, a redução do AF também está associado à diminuição da massa celular corporal, sendo capaz de refletir distúrbios das propriedades elétricas dos tecidos normais ou afetados, e o nível de hidratação corporal, que

sofre modificação em diferentes enfermidades ¹³¹⁻¹³⁵. Trabalhos na literatura ^{136,137} indicaram que o AF parece ser marcador do estado nutricional.

Marino et al. (2018), avaliaram a relação entre estado nutricional, ângulo de fase e resultados pós-operatórios em crianças com cardiopatia congênita e encontrou associação do ângulo de fase <2,7 graus com piora no estado nutricional ¹³⁷. Em outro estudo, realizado com 59 crianças e adolescentes hospitalizados com idade entre 4 e 18 anos, apresentaram pior estado nutricional, funcional e menores valores de AF quando comparados a indivíduos saudáveis ¹³⁸. Oliveira Filho et al. ¹²³, ao avaliarem a relação entre o estado nutricional e o ângulo de fase em 489 adolescentes de 14 a 18 anos, encontraram uma relação direta do IMC com AF, sugerindo que adolescentes obesos apresentam maiores valores de ângulo de fase quando comparado com os eutróficos.

4.4 Obesidade na Infância

A obesidade infantil, que é conceituada como o acúmulo excessivo de gordura corporal em crianças ³, é um importante problema de saúde pública em todo o mundo ¹³⁹⁻¹⁴⁴.

Nos anos 2000, o Relatório Técnico da OMS fez um alerta sobre a ameaça crescente do excesso de peso nas populações de todos os países, por estarem se tornando tão comuns que estavam substituindo problemas mais tradicionais, como a desnutrição e as doenças infecciosas ³. O estudo sobre as tendências mundias do índice massa corporal em crianças e adolescentes de 5 a 19 anos realizado de 1975 a 2016 mostrou que a prevalência global de obesidade padronizada por idade aumentou de 0,7% em 1975 para 5,6% em

2016 em meninas e de 0,9% em 1975 para 7,8% em 2016 em meninos ¹³⁹. Também foi verificado que obesidade aumentou em todas as regiões, com o aumento proporcional sendo menor nas regiões de alta renda ¹³⁹. O incremento da obesidade em grupos com menores níveis de renda reflete o impacto da falta do conhecimento em torno dos danos relacionados à esse problema, bem como da desigualdade no acesso à prática de atividade física e à uma nutrição adequada em qualidade e quantidade, o que impõe a esses grupos um padrão de alimentação precário ¹⁴⁵⁻¹⁴⁷. Assim, é cada vez mais frequente observar a adesão a uma alimentação mais saudável e prática de atividades físicas em grupos socialmente mais favorecidos ^{146,148}.

Em 2018, a OMS publicou que o número de recém-nascidos e crianças, na faixa etária de 0 a 5 anos, com sobrepeso e obesidade aumentou de 32 milhões em todo o mundo em 1990 para 41 milhões em 2016 ². As estimativas mais recentes, que foram publicadas em conjunto pela UNICEF, OMS e o Banco Mundial em abril de 2019, mostraram que a prevalência de excesso de peso em crianças menores de 5 anos aumentou de 4,8% em 1990 para 5,9% em 2018 ¹⁴⁹.

No Brasil a análise do estado nutricional de crianças brasileiras pode ser evidenciada a partir da comparação dos dados do Estudo Nacional da Despesa Familiar – ENDEF (1974 – 1975), da Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição – PNSN (1989) e da Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF (2008 – 2009). Os dados do ENDEF mostraram prevalência de sobrepeso de 10,9% para o sexo masculino e 8,6% para o feminino; a PNSN, 15% para o sexo masculino e 11,9% para o feminino; e a POF, 34,8% para o sexo masculino e 32% para o feminino ¹⁵⁰⁻¹⁵². Para obesidade, o ENDEF apresentou dados de

2,9% para o sexo masculino e 1,8% para o feminino; a PNSN de 4,1% para o sexo masculino e 2,4% para o feminino; e a POF 16,6% para o sexo masculino e 11,8% para o feminino ¹⁵⁰⁻¹⁵². Dados mais recente do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional- SISVAN, mostram uma prevalência de obesidade de 6,65% em crianças brasileiras menores de 5 anos, segundo o IMC para idade ¹⁵³.

A obesidade infantil é capaz de afetar a saúde de diversas formas, por ocasionar várias implicações de saúde, psicológicas e sociais ¹⁵⁴. No que diz respeito aos problemas de saúde, crianças com obesidade apresentam alta prevalência de fatores de risco cardiometabólicos, incluindo pressão arterial elevada ¹⁵⁵⁻¹⁵⁷, baixos níveis de colesterol de lipoproteínas de alta densidade e níveis elevados de triglicerídeos ^{155,158,159}. Achados ecocardiográficos incluem hipertrofia ventricular esquerda, aumento do diâmetro ventricular esquerdo e do átrio esquerdo e disfunção sistólica e diastólica ^{160,161}. Pesquisas evidenciam que o processo aterosclerótico se inicia na infância, influenciados por fatores hereditários e ambientais, evoluindo clinicamente na idade adulta ¹⁶²⁻¹⁶⁵. A obesidade também é comumente acompanhada de resistência à insulina e hiperinsulinemia, que precedem e desempenham um papel importante no desenvolvimento do diabetes mellitus tipo 2 ^{166,167}. Em crianças, a gordura corporal total e a gordura visceral estão associadas positivamente à insulina em jejum ¹⁶⁸, e a diminuição da sensibilidade à insulina pode piorar com a duração da obesidade ¹⁶⁹. Dados sugerem que 25% das crianças obesas podem ter tolerância à glicose diminuída ¹⁷⁰. A crescente incidência do diabetes tipo 2 pediátrica tem paralelo ao aumento da prevalência de obesidade infantil, sendo estimado mais de 20% de todos os novos casos de diabetes de início

pediátrico ¹⁷¹. Outros problemas de saúde são dificuldades respiratórias, asma, risco aumentado de fratura e hipertensão ^{143,172}.

Quanto ao aspecto psicológico e ao social, crianças que sofrem de excesso de peso têm maiores dificuldades na aceitação de sua aparência, pois são vítimas constantes de *bullying*, acarretando consequências como, por exemplo, distorções na imagem, isolamento social, transtornos alimentares, baixa auto estima, transtornos de ansiedade e sintomas depressivos ¹⁷³⁻¹⁷⁶.

5. Métodos

5.1 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo transversal, com dados de uma amostra já obtida de crianças que frequentaram creches municipais localizadas em área de grande vulnerabilidade social na periferia de favelas do Rio de Janeiro. Os dados foram coletados de maio a dezembro de 2011, de cinco creches municipais do Rio de Janeiro, após a aprovação do Comitê de Ética Institucional (CAAE 0032.0.008.000-09 - Validação de protocolos clínicos para evidenciar marcadores prognósticos para a rede de assistência ao paciente pediátrico crítico) e leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos pais ou responsável.

As crianças atendidas nas creches municipais fazem parte do grupo controle de uma pesquisa original intitulada “Validação de protocolos clínicos para evidenciar marcadores prognósticos para a rede de assistência ao paciente pediátrico crítico”, coordenada pela doutora Vania Matos Fonseca que teve como objetivo principal o monitoramento respiratório, metabólico e nutricional de doentes pediátricos graves em ventilação mecânica, simultaneamente ao estudo de correlação clínica e fisiopatológica, com a avaliação de biomarcadores inflamatórios. Os critérios de inclusão foram: crianças de 1 a 4 anos de idade que frequentavam as creches selecionadas na época da coleta de dados. Os critérios de exclusão foram doença aguda, febre e doenças metabólicas.

5.2 Variáveis

5.2.1 Antropométricas

O peso (P) de crianças foi aferido com balança da marca Personal. Elas estavam descalças, com o mínimo possível de roupas, no centro do equipamento, eretas, com os pés juntos e os braços estendidos ao longo do corpo.

O comprimento foi aferido em crianças menores de dois anos de idade, por meio do antropômetro horizontal. A estatura (E) foi realizada nos maiores de dois anos, utilizando um estadiômetro (precisão de 0,5 cm), com as crianças em pé, eretas, imóveis e com os braços estendidos ao longo do corpo.

Com os dados do peso, comprimento e estatura, foram calculados os índices de massa corporal (IMC) e obtidos os índices: P/I , E/I , P/E e o IMC/I .

A Circunferência do Braço (CB) foi avaliada com o auxílio de fita métrica com graduação oficial de 0,5 cm de largura, flexível e inelástica. A criança foi mantida com o braço flexionado em direção ao tórax formando um ângulo de 90°, para a determinação do ponto médio da distância entre o acrômio e o olecrano. A circunferência foi então medida, exatamente neste ponto, com o braço estendido ao longo do corpo.

Para a obtenção da dobra cutânea do tríceps (DCT) foi utilizado um adipômetro com pressão constante de 10g/mm² na superfície de contato. A medida foi realizada na face superior do braço, paralelamente ao eixo longitudinal, no ponto médio da distância entre o acrômio e o olecrano, destacando com o polegar e o indicador esquerdo a gordura subcutânea sobre

o tríceps (a 1 cm do ponto marcado). Foram efetuadas três medidas consecutivas, sendo considerado o valor médio da leitura.

A circunferência muscular do braço (CMB) e a área muscular do braço (AMB) foram obtidas a partir dos valores de CB e DCT com a aplicação das fórmulas matemáticas: $CMB = CB - (PCT \times \pi)$ e $AMB = CMB^2 / 4 \pi$.

O estado nutricional foi classificado, pela determinação do Z-score, tomando como referencial os limites recomendados pela *World Health Organization*⁵⁶.

5.2.2 Bioimpedância Elétrica

O equipamento utilizado foi o Hydra 4200 (Xitron Technologies, Estados Unidos) que emite uma corrente de baixa intensidade (entre 50 μA e 700 μA) em 50 frequências distintas na faixa entre 5 KHz e 1 MHz, por meio de eletrodos metálicos adesivos posicionados nas extremidades dos membros inferior e superior ipsilaterais. A mensuração é segura, indolor e o fabricante afirma estar em conformidade com a norma pertinente (IEC 60601-1, cuja norma brasileira equivalente é a NBR IEC60601-1).

Foi medida a impedância corporal total, com a configuração de eletrodos tetrapolar, posicionados de forma a deixar 5 cm de espaço livre entre os eletrodos de corrente e de tensão. Cuidados foram observados em relação ao posicionamento dos eletrodos e para a não interferência na mensuração elétrica. O equipamento mede a bioimpedância em cada frequência e a decompõe nos parâmetros Reatância Capacitiva (X_c) e Resistência (R) que são expressos em Ohms (Ω). A partir desses parâmetros é calculado o ângulo de fase (α) em graus pela expressão: $\alpha = [\text{arco-tangente}(X_c/R)] \times 180 / \pi$. O

equipamento foi acoplado a um computador portátil para a transferência dos dados em tempo real e armazenamento para análise posterior.

A mensuração da bioimpedância foi realizada durante o período de sono das crianças, com as mesmas deitadas sobre um colchonete. Para que pernas e coxas, assim como braços e tronco, não entrassem em contato, foram utilizados separadores de E.V.A. do tipo utilizado em exercícios físicos.

5.3 Análise estatística

A análise descritiva da população de estudo foi realizada por meio de tabelas de frequência e de médias e desvios-padrão. Foram descritas as características demográficas e os valores absolutos e z-score das variáveis antropométricas: peso, estatura/comprimento, IMC, P/I, E/I, P/E, CB, CMB e DCT. As variáveis de bioimpedância monofrequencial foram descritas por meio de média, desvio-padrão e intervalos de confiança.

Para o grupo de referência foram selecionadas as crianças com scores Z de Peso/Estatura dentro dos limites de -2 a +2. Foram então calculados os escores Z dos parâmetros de bioimpedância (Resistência e Reatância) em relação a idade, que foram utilizados para construir as elipses de tolerância de referência. O uso do escore Z permitiu unir os vetores das crianças de diferentes faixas etárias num único grupo.

As elipses de confiança e de tolerância dos escores Z de bioimpedância foram construídas no plano RXc, para o grupo de referência. Foram utilizadas elipses de 50%, 75% e 95%.

A relação entre as variáveis de bioimpedância monofrequencial e os indicadores antropométricos foi avaliada por meio do coeficiente de correlação cruzada.

Adicionalmente, as elipses de tolerância de referência foram avaliadas quanto a sua capacidade de classificar a obesidade. Os valores individuais das crianças obesas foram registrados sobre as elipses de tolerância. Foi então analisado em que região estes vetores se situaram, em relação aos quadrantes do gráfico e as elipses de tolerância (Figura 10). Para tal foram calculados os percentuais de vetores no interior das elipses de tolerância de 50%, 75% e 95%. O *software* utilizado para análise foi o R a partir do ambiente *R Studio*.

Os dados do grupo de referência foram reclassificados em grupos de idades alinhados a dois outros estudos pediátricos ^{17,177} que usaram metodologia semelhante para que fosse possível realizar comparações dos vetores de impedância médios por faixa etária com as elipses de confiança de 95%. Uma vez que esses estudos usaram o aparelho de bioimpedância modelo BioScan BL-960141 e o aparelho BIA-101 (RJL- Systems/ Akern), testamos a concordância entre estes dispositivos e o sistema Xitron Hydra ajustado em 50kHz em um subgrupo de 32 indivíduos. Não houve diferença significativa entre os instrumentos. Os dados foram analisados no BIVA *software* 2002 e no *software* R-studio *version* 3.4.

5.4 Questões éticas

O presente estudo foi avaliado e aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa do Instituto Nacional de Saúde da Mulher e da Criança e do

Adolescente Fernandes Figueira, sob o código de registro CAAE 0063.0.0080000-02; CONEP 7378; CEP 001148; Parecer 479/2003 e CAAE 18760719.0.0000.5269.

6. Resultados

Este capítulo compreende dois artigos desenvolvidos na tese.

- Artigo 1. Associação dos vetores de bioimpedância elétrica com a classificação nutricional de crianças multiétnicas brasileiras de maior vulnerabilidade social, que foi submetido a Revista Clinical Nutrition Espen na data de 17 de abril de 2020.
- Artigo 2. Valores normais do vetor de impedância bioelétrica em lactentes e crianças menores de 3 anos em situação de vulnerabilidade social.

Artigo 1.

Associação dos vetores de bioimpedância elétrica com a classificação nutricional de crianças multiétnicas brasileiras de maior vulnerabilidade social

Taisa Lisboa Montagner Gomes ^{a,*}, Maria Virginia Marques Peixoto ^b, Zina Maria Almeida de Azevedo ^c, Vania Matos Fonseca ^d, Eloane Gonçalves Ramos ^d.

^a Departamento de Ensino e Pesquisa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, Brasil.

^b Laboratório de Métodos Analíticos, Departamento de Pesquisa, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

^c Unidade de Terapia Intensiva, Departamento de Pediatria, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

^d Unidade de Pesquisa Clínica, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

* Autor correspondente. Tel.:+ 5521 25541912. E-mail: taisalisboa@ifma.edu.br.

RESUMO

Introdução e objetivos

O monitoramento do crescimento e da composição corporal na infância é importante para detecção precoce de problemas de saúde e nutrição durante o desenvolvimento da criança. A análise do vetor de impedância bioelétrica

(BIVA) revelou sua eficácia como um indicador do estado nutricional. O objetivo do presente estudo foi mensurar os vetores de bioimpedância de uma amostra de crianças multiétnicas de uma cidade brasileira e avaliar a utilidade da BIVA para classificação do estado nutricional em um grupo de crianças com maior vulnerabilidade inclusive na presença de obesidade.

Métodos

Trata-se de um estudo transversal que analisou a impedância bioelétrica de uma amostra de 321 crianças de creches públicas, com idade entre 1 a 4 anos, usando o método gráfico RX_c (análise tetrapolar na frequência de 50 kHz). As elipses de tolerância de 95%, 75% e 50% foram plotadas por faixa etária. Foram calculados os escores Z dos parâmetros de bioimpedância ($X_c/H-Z$ e $R/H-Z$) em relação a idade, que foram utilizados para construir elipses de tolerância de referência de um único grupo, independente da faixa etária. Tais elipses foram avaliadas quanto a sua capacidade de reconhecer o padrão e classificar os desvios, utilizando vetores individuais de crianças obesas.

Resultados

Os vetores de impedância média apresentaram reatâncias progressivamente mais altas e resistências mais baixas a medida que a idade aumentou. No grupo das crianças obesas, os vetores individuais situados fora da elipse de tolerância de referência de 95% foram 12,5%, 18,75% e 11,1% dos casos para os critérios WHZ, WAZ e BAZ, respectivamente, todos acima dos 5% esperados.

Conclusão

Nosso estudo mostrou diferenças significativas nos vetores médios de bioimpedância de crianças de acordo com a idade. Também demonstramos que

a análise vetorial da bioimpedância reflete diferenças nos padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade. O uso das elipses de tolerância do gráfico da BIVA é promissor como ferramenta para o monitoramento do estado nutricional onde a mensuração do peso corporal é dificultado.

Palavras-chave: Bioimpedancia, Resistencia, Reatancia, Obesidade e Crianças

Abreviações: BIA, impedância bioelétrica; BIVA, bioelectrical impedance vector analysis; MUAC, mid-upper arm circumference; TS, triceps skinfold; H, height; BMI, body mass index; R, resistance; Xc, reactance; PA, phase angle; M, impedance vector module; P, peso; I, idade; WHZ, Z-score de peso para estatura; WAZ, Z-score de peso para idade; BAZ, Z-score do índice de massa corporal.

1. Introdução

A Análise por Impedância Bioelétrica (BIA) tornou-se um método popular para estimar a composição corporal durante as duas últimas décadas, pois é considerada rápida, segura, não invasiva e acessível (1). Os equipamentos de BIA estimam a água corporal total e outros compartimentos corporais a partir de equações de predição construídas por análise de regressão multivariada. Para tal, são utilizados como padrão-ouro métodos de referência de estimação da composição corporal, como densitometria e diluição de isótopos (2,3).

Entretanto, essas equações possuem o inconveniente de pressupor hidratação tecidual constante nos indivíduos (4), o que não ocorre durante o processo normal de crescimento da criança, assim como em vários acometimentos metabólicos que alteram o balanço hídrico, como nos casos de obesidade ou desnutrição extrema e desidratação ou em crianças sob

tratamento intensivo, (5,6). O erro padrão da estimação da água corporal total por esse método varia de 0,5Kg a 2,0Kg e os da massa magra e massa gorda de 1,5Kg a 3,0Kg, em crianças maiores de 3 anos (7). Tal variabilidade é inaceitável para uso clínico em crianças (8–10).

Uma alternativa para eliminar este viés é a avaliação da composição corporal diretamente a partir de dados brutos da bioimpedância elétrica de forma vetorial (BIVA) (11). Pelo método BIVA a resistência e reatância são componentes do vetor, impedância (Z), ou seja, a hipotenusa do triângulo retângulo formado por Z , R e X_c (em BIVA normalizado por altura). Se os vetores de bioimpedância de uma população normal são medidos, é possível construir regiões de tolerância, onde é esperado que o vetor de um novo indivíduo normal da mesma população se situe, com vários níveis de probabilidade, usualmente 50, 75 e 95%. A composição corporal de um indivíduo qualquer poderia então ser qualitativamente avaliada a partir da posição do seu vetor de bioimpedância sobre as regiões de tolerância (11,12).

Para a utilização desses gráficos na classificação do estado nutricional, portanto, os vetores de bioimpedância para a população de interesse tem que ser conhecidos (13). Alguns estudos estabeleceram tais vetores de referência para crianças de vários países e em todos os casos incluíram apenas a raça branca (7,13,14) ou então crianças brasileiras abaixo de três anos (15). No entanto, o Brasil é descrito como tendo características particulares de crescimento, desenvolvimento e composição corporais infantis resultantes do entrelaçamento da mistura racial, não existindo assim referências para crianças com 3 anos ou mais.

O objetivo do presente estudo foi mensurar os vetores de bioimpedância de uma amostra de crianças multiétnicas de uma cidade brasileira e avaliar a utilidade da BIVA para classificação do estado nutricional em um grupo de crianças onde a obesidade foi verificada pelos indicadores antropométricos.

2. Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo observacional transversal de crianças atendidas durante oito horas por dia em creches municipais localizadas em área de grande vulnerabilidade na periferia de favelas do Rio de Janeiro, cujos dados foram coletados de maio a dezembro de 2011. O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética Institucional (CAAE0032.0.008.000-09) e todos os pais ou responsáveis primários que aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de inclusão foram possuir de 1 a 4 anos de idade e frequentar as creches selecionadas na época da coleta de dados. Os critérios de exclusão foram febre ou doença aguda. Foram incluídas no estudo 321 crianças.

2.1 Mensurações

As medidas antropométricas e bioelétricas foram obtidas em uma visita pelo mesmo examinador treinado. O peso (P) das crianças foi medido em balança digital (modelo Personal), elas estavam descalças, sem roupa, no centro do equipamento, eretas, com os pés juntos e os braços estendidos ao longo do corpo. O comprimento foi medido em decúbito dorsal em crianças até 2 anos e a estatura (E) foi medida nas crianças acima dessa idade em um estadiômetro (precisão de 0,5 cm), com as crianças. A partir desses dados foram calculados os índices de massa corporal (IMC) e obtidos os índices:

peso/ idade (P/I), estatura/idade (E/ I), peso/ estatura (P/ E) e o índice de massa corporal/ idade (IMC/I). O estado nutricional foi classificado pela determinação do Z-score de Peso para Estatura (WHZ), tomando como referencial os limites recomendados pela *World Health Organization* (16).

A circunferência do braço (CB) foi avaliada com o auxílio de fita métrica oficial com graduação de 0,5 cm de largura, flexível e inelástica. A criança foi mantida com o braço flexionado em direção ao tórax formando um ângulo de 90°, para a determinação do ponto médio da distância entre o acrômio e o olecrano. A circunferência foi então medida, exatamente neste ponto, com o braço estendido ao longo do corpo.

Para a obtenção da dobra cutânea do tríceps (DCT) foi utilizado um adipômetro com pressão constante de 10g/mm² na superfície de contato. A medida foi realizada na face superior do braço, paralelamente ao eixo longitudinal, no ponto médio da distância entre o acrômio e o olecrano, destacando-se com o polegar e o indicador esquerdo a gordura subcutânea sobre o tríceps (a 1 cm do ponto marcado). Foram efetuadas três medidas consecutivas, sendo considerado o valor médio da leitura.

A circunferência muscular do braço (CMB) e a área muscular do braço (AMB) foram obtidas a partir dos valores de CB e DCT com a aplicação das fórmulas matemáticas: $CMB = CB - (PCT \times \pi)$ e $AMB = CMB^2 / 4 \pi$ (17).

A mensuração da bioimpedância foi realizada durante o período de sono das crianças após alimentação e banho, com as mesmas deitadas sobre um colchonete. Separadores de E.V.A. do tipo utilizado em exercícios físicos foram posicionados entre as pernas e entre os braços e o tronco, para que não entrassem em contato. A bioimpedância foi medida com o equipamento Hydra

4200 (Xitron Technologies, Estados Unidos) na frequência de 50 KHz, por meio de eletrodos metálicos adesivos posicionados nas extremidades dos membros inferior e superior ipsilaterais. O eletrodo interno do braço (sensor) foi colocado na superfície dorsal do punho e entre a ulna e o rádio. O eletrodo interno da perna foi colocado na parte anterior superfície do tornozelo entre as porções proeminentes dos ossos. Os eletrodos externos (fonte ou injetor) foram colocados na superfície dorsal da terceira falange proximal da mão e pé. Quando necessário, o eletrodo sensor foi movido proximalmente de forma a ficar 5 cm afastado do eletrodo injetor, para evitar a interação entre campos elétricos, que poderia levar a uma superestimação da impedância (15,18).

2.2 Análises Estatísticas

A análise descritiva da população de estudo foi realizada por meio de tabelas de frequência, médias e desvios-padrão. Todas as medidas foram verificadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk e apresentaram distribuição normal. Foram descritas as características demográficas, antropométricas e de bioimpedância.

Os dados foram divididos em grupo de referência ($WHZ \leq 2$) e de obesos ($WHZ > 2$). Para o grupo de referência, a bioimpedância foi analisada numa abordagem vetorial, pelo método gráfico RX_c (11). De acordo com o método, a bioimpedância foi representada por um vetor composto pela combinação do vetor horizontal de resistência (R), descrito no eixo X , e do vetor vertical de reatância (X_c), descrito no eixo Y , ambos expressos em Ohms. O vetor de bioimpedância $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$ e o ângulo de fase $PA = (\tan^{-1} X_c/R) \times 180/\pi$ foram derivados dessas medidas. Os vetores R e

Xc foram padronizados pela altura do indivíduo (H), resultando nos vetores R/H e Xc/H, expressos em Ohms/m.

Os vetores médios de bioimpedância e suas elipses de confiança de 95% foram plotados no plano RXc por faixa etária e por sexo. As elipses de confiança representam a distribuição amostral do vetor médio e podem ser usadas para comparações estatísticas entre grupos. Dois vetores médios são considerados significativamente diferentes se suas elipses de confiança de 95% não apresentam intersecção, o que equivale a um resultado estatisticamente significativo do teste T2 de Hotelling com significância de 5% (11).

A distribuição dos vetores de referência de bioimpedância individuais foi representada por elipses de tolerância de 50%, 75% e 95%, para cada faixa etária, que podem ser usadas como regiões de referência para classificação individual. Uma vez estabelecidas as elipses de referência, um novo indivíduo qualquer da mesma população pode ser classificado a partir da posição de seu vetor de bioimpedância em relação a estas elipses, semelhante a classificação nutricional por escores Z.

Foram então calculados os escores Z dos parâmetros de bioimpedância (Xc/H-Z e R/H-Z) em relação a idade, que foram utilizados para construir elipses de tolerância de referência das crianças como um todo, independente da faixa etária. Tais elipses foram avaliadas quanto a sua capacidade de classificar a obesidade, registrando sobre elas os vetores individuais das crianças obesas. Foi então analisado em que região estes vetores se situaram, em relação aos quadrantes do gráfico e às elipses de tolerância. A posição do vetor está associada com a estrutura dos tecidos moles. Vetores de obesos

tendem a se situar no quadrante inferior esquerdo dos eixos do gráfico (12). Foram calculados os percentuais de vetores que ficaram fora das elipses de tolerância de 50%, 75% e 95%.

Foram considerados outilires e excluídos valores de reatância maior que 90 e estatura/comprimento menor que 50 cm. Todas as análises foram realizadas no *R-sudio*.

3. Resultados

Foram analisadas 321 crianças sendo 162 meninas (50.47%) e 159 meninos (49.53%). A média de idade foi de 2.47 anos (DP: ± 0.85). As crianças foram classificadas de acordo com o estado nutricional em 257 eutroficas (80,06%), 48 com sobrepeso (14,96%) e 16 obesas (4,98%), de acordo com o critério de WHZ. A distribuição de étnica foi de 98 crianças brancas (30.6%), 202 de origem africana (62.9%) e 21 não declararam (6.5%).

O grupo de referência foi composto por 305 crianças que apresentaram WHZ entre -2 e +2, sendo divididas nas faixas de idade de 1 ano, 2 anos e 3 e 4 anos. Não houve diferença significativa na proporção dos sexos entre as faixas etárias ($X^2 = 3.77$; $p = 0.15$). Os dados antropométricos e as características bioelétricas do grupo de referência são mostrados na Tabela 1, todos os dados tiveram um baixo coeficiente de variação ($CV < 18\%$) e distribuição normal. Não houve diferença significativa do IMC entre os gêneros. O R, Xc, R/H e Xc/H foram menores nos meninos. A estatura, peso, MUAC, IMC, R, R/H, Xc e Xc/H foram significativamente diferentes entre os grupos etários.

Tabela.1. Características Antropométricas e Bioelétricas das crianças do grupo de referência. N = 305.

	Idade (anos)			Sexo	
	1	2	3 e 4	Feminino	Masculino
N	100 (32.8%)	118 (38.7%)	87 (28.5)	151 (49.5%)	154 (50.5%)
Estatura (cm)	81.1* (6.0)	91.4* (4.5)	98.6* (5.1)	89.0* (8.7)	91.1* (8.4)
Peso (Kg)	10.9* (1.7)	13.1* (1.6)	14.9* (2.0)	12.5* (2.3)	13.2* (2.4)
MUAC ^a	15.0* (1.5)	15.6* (1.9)	16.3* (1.3)	15.5 (1.7)	15.8 (1.7)
Pct ^a	8.1 (1.9)	8.6 (1.7)	8.5 (1.7)	8.7* (1.9)	8.2* (1.5)
Cmb ^a	12.4* (1.4)	12.9* (1.8)	13.6* (1.1)	12.7* (1.5)	13.3* (1.6)
IMC (kg/m ²)	16.5* (1.3)	15.6* (1.2)	15.3* (1.1)	15.8 (1.4)	15.8 (1.2)
WHZ	0.3* (0.9)	-0.1* (0.9)	-0.1* (0.9)	0.1 (0.9)	-0.1 (0.9)
WAZ	0.1 (1.1)	0.0 (0.9)	-0.2 (0.9)	0.1 (1.1)	-0.1 (0.9)
BAZ	0.3* (0.92)	-0.1* (0.90)	-0.2* (0.88)	0.1 (0.95)	0.00 (0.88)
R	683.1* (98.7)	743.3* (95.6)	778.1* (81.5)	754.5* (96.9)	712.9* (99.2)
Xc	48.8* (8.0)	59.0* (8.4)	66.5* (7.4)	59.2* (10.7)	56.4* (10.3)
R/H	846.0* (130.1)	815.0* (114.3)	792.0* (99.5)	852.7* (119.5)	784.8* (105.4)
Xc/H	60.3* (8.8)	64.5* (8.9)	67.6* (8.5)	66.4* (9.2)	61.7* (8.6)
PA	4.11* (0.5)	4.56* (0.6)	4.90* (0.5)	4.50 (0.7)	4.52 (0.6)
Z	684.7* (98.8)	745.7* (95.7)	781.0* (81.5)	756.9* (97.0)	715.2* (99.5)
r	0.63	0.65	0.60	0.41	0.57

Os valores são expressos como média (desvio-padrão). MUAC circunferência media de braço; Pct prega do tríceps; H estatura; IMC e índice de massa corporal; WHZ Z-score de peso para estatura; WAZ Z score de peso para idade; BAZ Z-score do índice de massa corporal; R resistência; X reatância; PA ângulo de fase; Z vetor de impedância; r coeficiente de correlação linear entre os componentes do vetor R e Xc. * p <0,05; ^a apenas 200 crianças analisadas.

O grupo de crianças obesas foi composto por 16 crianças, sendo 11 meninas e 5 meninos. A média de idade foi de 2.65 anos (DP: \pm 1.14). O valor

de z-score de peso para altura (WHZ), z-score de peso para idade (WAZ) e z-score de índice de massa corporal (BAZ) estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Escores Z dos indicadores antropométricos do grupo das crianças obesas (WHZ > 2). N=16.

	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
WHZ	2.86	2.48	2.02	6.47
WAZ	2.28	2.20	0.18	4.5
BAZ	2.89	2.55	2.05	6.37

WHZ Z-score de peso para estatura; WAZ Z score de peso para idade; BAZ Z score do índice de massa corporal.

Uma progressiva migração oposta do vetor de bioimpedância média foi observada em relação aos grupos etários crescentes: aumentando X_c/H e diminuindo R/H , no grupo de referência (Figura 1A). Não houve diferença significativa entre os vetores médios de bioimpedância entre os sexos, uma vez que suas elipses de confiança se sobrepuseram (Figura 1B).

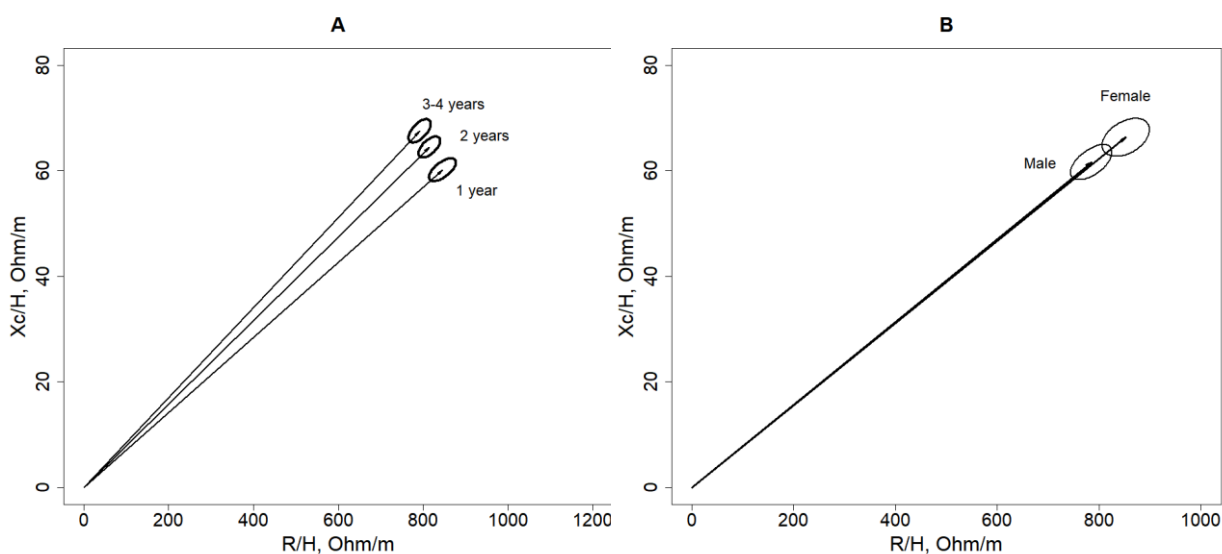


Figura.1 Vetores médios de bioimpedância (seta) com as elipses de confiança de 95% das crianças do grupo de referência, de acordo com a faixa etária (A) e sexo (B). R - resistência, X_c - reactância e H - altura. N=305.

As elipses de tolerância de referência de 50%, 75% e 95% para cada faixa etária são apresentadas na Figura 2. Elas representam a distribuição individual dos vetores de bioimpedância das crianças do grupo de referência.

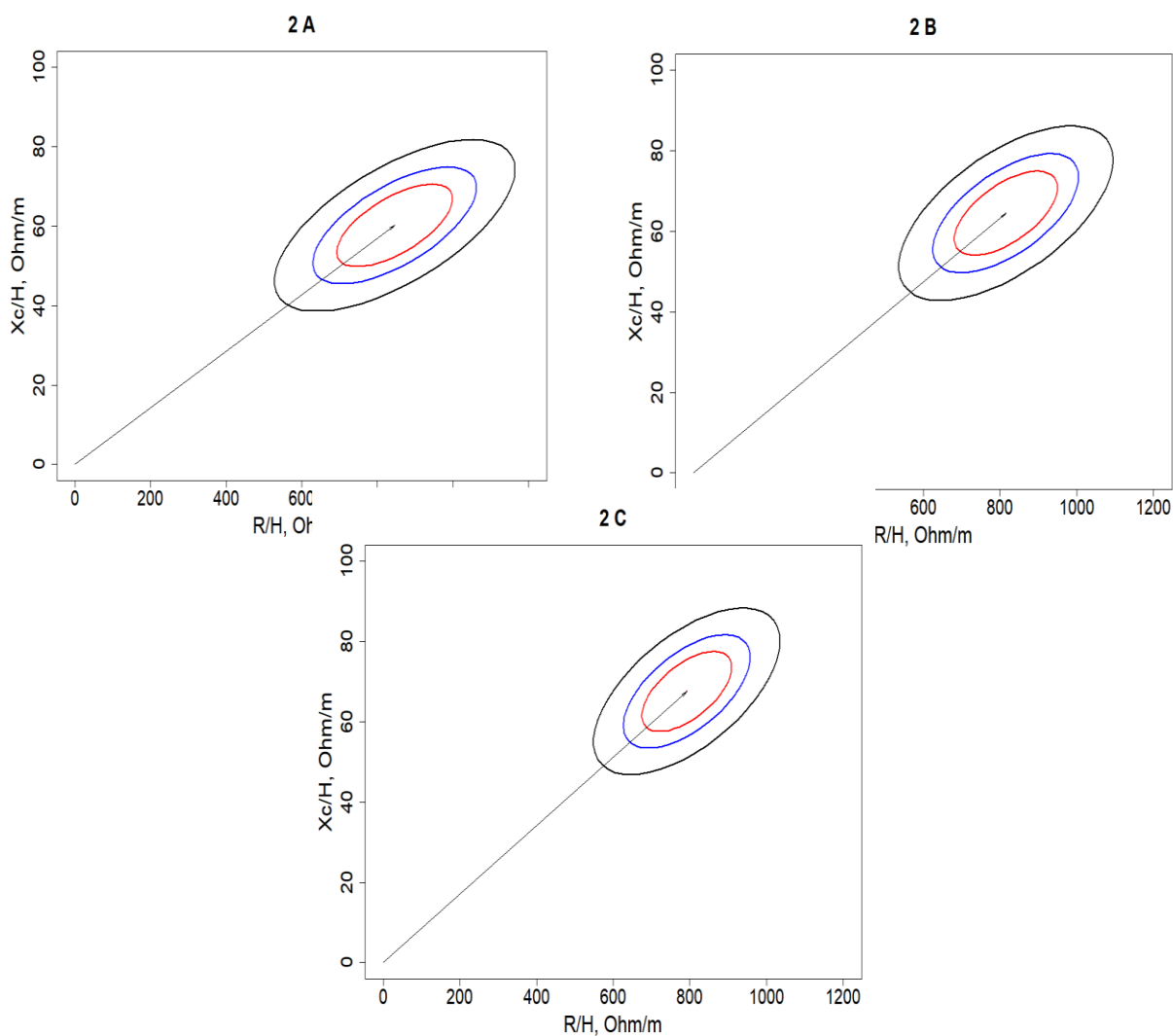


Figura.2 Vetores médios de bioimpedância e elipses de tolerância de referência de 50% (vermelho), 75% (azul) e 95% (preto) para faixa etária de 1 ano (A), 2 anos (B) e 3 e 4 anos (C). R - Resistência, Xc - Reatância e H - altura. N=305.

Foram classificadas como obesas 16 crianças pelo critério de WHZ > 2, 16 pelo critério de WAZ > 2 e 18 pelo critério de BAZ > 2. Na Figura 3 são apresentados os vetores individuais do escore Z de bioimpedância (R/H-Z e

Xc/H-Z) sobre as elipses de tolerância de referência, das três classificações. A maioria dos vetores individuais situava-se no quadrante inferior esquerdo para todos os critérios. Conforme a Figura 3, a proporção de vetores individuais situados fora da elipse de tolerância de 95% foi 12,5%, 18,75% e 11,1% dos classificados como obesos, para os critérios WHZ, WAZ e BAZ, respectivamente, todos acima dos 5% esperados. A proporção de vetores individuais situados fora da elipse de tolerância de 75% foi 25,0%, 43,75% e 44,44%. E fora da elipse de 50% foi 56,25%, 68,75% e 61,11%.

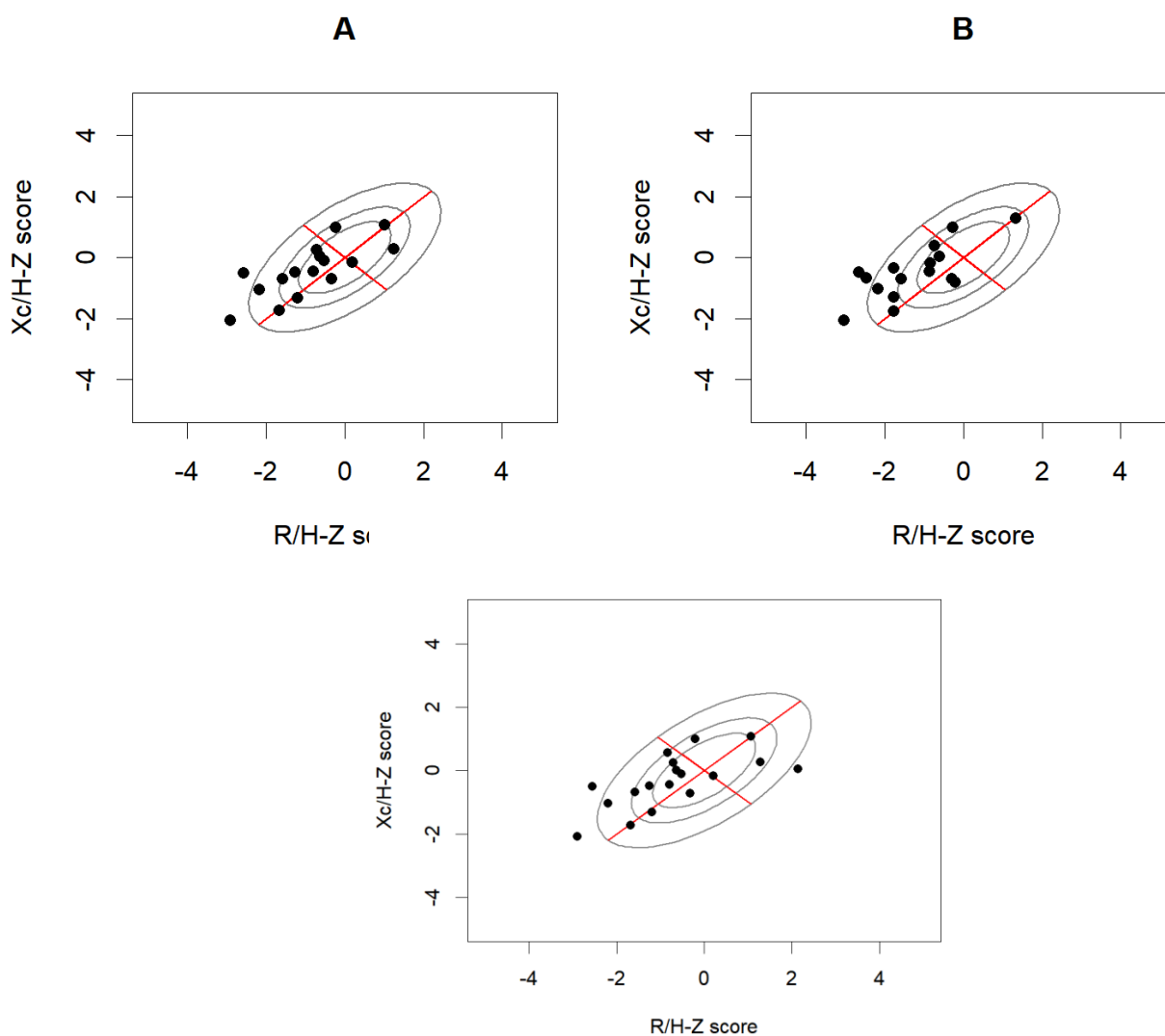


Figura.3 Escores Z dos vetores de bioimpedância (formados pelas componentes R/H-Z e Xc/H-Z) individuais das crianças obesas, com base na classificação nutricional estabelecida a partir

do escore Z de (A) WHZ, (B) WAZ e (C) BAZ. Os vetores individuais foram plotados sobre as elipses de tolerância de referência de 50%, 75% e 95%.

3. Discussão

Este estudo transversal descreveu a distribuição do vetor de bioimpedância em uma amostra de 321 crianças com até 4 anos de idade atendidas em creches municipais localizadas em área de grande vulnerabilidade na periferia de favelas do Rio de Janeiro. A utilidade da BIVA em um grupo de crianças com obesidade também foi investigada.

A prevalência de obesidade foi de 4.98%, de acordo com o critério de WHZ. Valor similar foi encontrado em crianças do norte e nordeste do Brasil (5,2%) (19) que também estão em região de grande vulnerabilidade e apresentam distribuição étnica mais predominante origem africana, assim como no presente estudo que teve 62,9 %. Este percentual de obesidade merece atenção, pois durante as duas últimas décadas, a prevalência da obesidade em crianças vem aumentando em todo o mundo, inclusive nos países em desenvolvimento, onde a taxa de aumento foi 30% superior à dos países desenvolvidos (20–22). Fato preocupante, pois demonstra que crianças em situação de vulnerabilidade são mais propensas a obesidade e sem verificação da presença dos fatores de risco provavelmente continuarão obesas até a fase adulta com complicações graves de saúde e um risco aumentado para o aparecimento prematuro de doenças, tais como hipertensão, dislipidemia e diabetes tipo 2 (23).

Foi observado uma diminuição de R/H e aumento de Xc/H em função do aumento da idade, a partir do gráfico de elipses de confiança por faixa etária (Figura 1A), fato também observado em estudo realizado entre crianças e

adolescentes espanhois (23). Este comportamento já havia sido relatado também para crianças brasileiras com até dois anos de idade (15).

Este padrão de um vetor de bioimpedância que migra para a esquerda e para cima com o aumento da idade, pode estar relacionado com o aumento de tecidos moles inerente ao processo de maturação (23,24). Uma explicação alternativa é que a migração do vetor também pode resultar simplesmente da mudança do IMC (25) e, no presente estudo, o IMC muda significativamente ao longo da idade.

Os vetores de bioimpedância das crianças obesas foram desenhados sobre as elipses de tolerância dos vetores do grupo de referência, ambos transformados em escores Z (Figura 3A). Como esperado, de acordo com estudos prévios realizados em crianças e adultos com sobrepeso ou obesidade (12,26–28), a maioria dos vetores individuais das crianças obesas estavam situados no quadrante inferior esquerdo, onde se espera que fiquem localizados sujeitos com excesso de adiposidade. A proporção de vetores individuais dos obesos situados fora da elipse de tolerância de 95% foi 12,5%, 18,75% e 11,1% dos casos, para os critérios WHZ, WAZ e BAZ, respectivamente, todos acima dos 5% esperados.

Esses achados são semelhantes aos encontrados em estudos realizados em adultos (29,30) e crianças acima de cinco anos (12), nos quais foi observada uma porcentagem de 19,8% de vetores individuais de obesos situados fora da elipse de tolerância de 95%. Entretanto, esses percentuais ainda são baixos. Caso a elipse de 95% fosse utilizada como critério, muitas crianças obesas seriam classificadas como falsos negativos. Este pode ser, na

verdade, um problema dos critérios de obesidade utilizados, pois o WHZ, WAZ e BAZ não diferenciam gordura de massa magra.

Entretanto, equipamentos que medem percentual de gordura possuem alto custo e são difíceis de transportar. Para utilizá-los seria obrigatório deslocar as crianças para centros de maior complexidade onde os equipamentos estivessem localizados. O presente resultado evidencia que este esforço permitiria relacionar a bioimpedância vetorial com a quantidade de gordura dessas crianças. Trabalhos subsequentes poderão mostrar o quanto a bioimpedância estará de fato relacionada com o conteúdo de gordura nessa população.

Elipses de tolerância para as diferentes faixas etárias também foram relatadas (Figura 2), que podem ser usadas para avaliar qualitativamente o vetor de bioimpedância de uma criança específica, sem a necessidade de calcular o escore Z para idade. De acordo com a posição do vetor de bioimpedância no gráfico, uma criança cujo vetor se encontrasse no setor mais à esquerda da elipse de tolerância seria classificada como obesa.

A eficiência da simples determinação do indicador WHZ ou da composição corporal a partir das equações do método de bioimpedância convencional já está estabelecida. Entretanto, há populações onde o conteúdo de água não está de acordo com os pressupostos para a utilização da análise por bioimpedância convencional, como obesidade mórbida, edema e desidratação (5,6). Os dados de bioimpedância bruta padronizados pela altura (R/H e Xc/H) podem utilizados diretamente, independentemente do peso corporal e sem a necessidade de aplicação de modelos preditivos (11), uma vez que a variabilidade da estimativa da composição corporal é alta, 0,5 a

2,0Kg para água corporal total e 1,5 a 3,0Kg para massa magra e massa gorda, em crianças maiores de 3 anos (7), e considerada inaceitável para uso clínico em crianças (8–10). Nesses casos, a classificação do estado nutricional a partir do gráfico da BIVA seria útil para crianças brasileiras entre 1 e 4 anos de idade.

Foram encontrados valores médios de R/H e Xc/H (Ω/m) diferentes, em termos absolutos, quando comparados a outros estudos realizados com crianças espanholas de 2 a 15 anos ($R/H=370,5$ e $Xc/H=39$) e recém-nascidos italianos ($R/H=874,8$ e $Xc/H=93,4$) (7,23). Tal resultado encontra-se em concordância com o estudo de Tanabe et al (15) que concluíram que não é válido usar valores de referência de bioimpedância estrangeira para crianças brasileiras, pois as mesmas sofrem influência da etnia, uma vez que a composição corporal de indivíduos de diferentes grupos étnicos pode variar substancialmente, mesmo para níveis comparáveis de IMC (31). Outro estudo realizado com adultos saudáveis de etnicidade diferente também encontrou diferença nos valores de bioimpedância, observou-se um deslocamento para a esquerda no comprimento médio do vetor, sendo os índios os mais longos e os polinésios os mais curtos (32). Portanto, como outros (15,25,32), o estudo reforça que as diferenças étnicas devem ser consideradas.

Embora os dados de referência para a BIVA de crianças pequenas sejam desejados há muito tempo, seu desenvolvimento ainda é uma tarefa complicada. Os pesquisadores têm que enfrentar a necessidade de validação com padrões ouro ou métodos de referência para composição corporal e a dificuldade de obtenção de medidas precisas. Uma limitação compartilhada com outros estudos pediátricos (15) foi a padronização do protocolo de medida

da bioimpedância, em que a bexiga cheia e o tempo de jejum podem alterar os resultados. Esse problema não pode ser controlado porque as crianças (principalmente a faixa etária abaixo de dois anos) não tem controle esfinteriano e não permanecem em jejum prolongado. Para minimizar essa limitação, todas as medidas foram realizadas de 0 a 2 horas após o banho e a alimentação das crianças, na hora do sono de acordo com a rotina da creche. Este é um protocolo de medida viável para estudos comunitários em crianças de creches que buscam métodos mais simples e amplamente utilizados. Outro possível viés deste estudo é a subestimação dos valores de X_c devido ao uso do equipamento Hydra 4200 (Xitron Technologies, Estados Unidos) na frequência única de 50kHz, o que foi verificado anteriormente em outros estudos com crianças brasileiras e indivíduos ativos (15,33). Essa crítica não invalida os dados do presente estudo, pois é possível construir equações de correção para comparar medidas de outros dispositivos.

Em conclusão, nosso estudo mostrou diferenças significativas nos vetores médios de bioimpedância de crianças de acordo com a idade. Também demonstramos que a análise vetorial da bioimpedância reflete diferenças nos padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade e o uso das elipses de tolerância do gráfico da BIVA é promissora como ferramenta para o monitoramento do estado nutricional onde o conteúdo de água não está de acordo com os pressupostos para a utilização da análise por bioimpedância convencional, como em crianças com obesidade mórbida.

Financiamentos

Este trabalho foi financiado pela FIOCRUZ e PDTSP-PCL07, FAPERJ

(processo E-2626 / 111.559 / 2008) e CNPq (processo nº 308489 / 2009-8).

Conflito de interesses

Os autores não apresentam conflitos de interesses.

Declaração de autoria

Taísa foi a responsável pela análise estatística, discussão dos resultados e redação do manuscrito. Eloane, Maria Virgínia e Zina participaram da concepção do estudo, coleta de dados, análise e discussão dos resultados. Vania forneceu consultas significativas e revisão crítica dos resultados e discussão. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.

Referências

1. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2004 Dec;23(6):1430–53.
2. Pietrobelli A, Andreoli A, Cervelli V, Carbonelli MG, Peroni DG, De Lorenzo A. Predicting fat-free mass in children using bioimpedance analysis. *Acta Diabetol*. 2003 Oct;40 Suppl 1:S212-215.
3. Wickramasinghe VP, Cleghorn GJ, Edmiston KA, Davies PSW. Impact of ethnicity upon body composition assessment in Sri Lankan Australian children. *J Paediatr Child Health*. 2005 Mar;41(3):101–6.

4. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005 May;8(3):311–7.
5. Heyward V. ASEP methods recommendation: Body composition assessment. *J Exerc Physiol*. 2001 Nov 1;4.
6. Rezende FAC, Rosado LEFPL, Priore SE, Franceschini S do CC. Aplicabilidade de equações na avaliação da composição corporal da população brasileira. *Rev Nutr*. 2006 Jun;19(3):357–67.
7. De Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L, et al. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif*. 2000 Jun;16(6):417–24.
8. Eisenkolbl J, Kartasurya M, Widhalm K. Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *Eur J Clin Nutr*. 2001 Jun;55(6):423–9.
9. Lee L-W, Liao Y-S, Lu H-K, Hsiao P-L, Chen Y-Y, Chi C-C, et al. Validation of two portable bioelectrical impedance analyses for the assessment of body composition in school-age children. *PloS One*. 2017;12(2):e0171568.
10. Azevedo ZMA, Moore DCBC, de Matos FAA, Fonseca VM, Peixoto MVM, Gaspar-Elsas MIC, et al. Bioelectrical impedance parameters in critically ill children: importance of reactance and resistance. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2013 Oct;32(5):824–9.

11. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int.* 1994 Aug;46(2):534–9.
12. de-Mateo-Silleras B, de-la-Cruz-Marcos S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, Redondo-Del-Río MP. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PLoS One.* 2019;14(1):e0211148.
13. Piccoli A, Fanos V, Peruzzi L, Schena S, Pizzini C, Borgione S, et al. Reference values of the bioelectrical impedance vector in neonates in the first week after birth. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 2002 May;18(5):383–7.
14. L'Abée C, Poorts-Borger PH, Gorter EHGM, Piccoli A, Stolk RP, Sauer PJJ. The bioelectrical impedance vector migration in healthy infants. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2010 Apr;29(2):222–6.
15. Tanabe RF, de Azevedo ZMA, Fonseca VM, Peixoto MVM, dos Anjos LA, Gaspar-Elsas MIC, et al. Distribution of bioelectrical impedance vector values in multi-ethnic infants and pre-school children. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2012 Feb;31(1):144–8.
16. WHO. WHO Child Growth Standards: Methods and development: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. 2006 [cited 2018 Aug 28]; Available from: http://www.who.int/childgrowth/standards/Technical_report.pdf?ua=1
17. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* 1981 Nov 1;34(11):2540–5.

18. Gartner A, Maire B, Delpeuch F, Sarda P, Dupuy RP, Rieu D. Importance of electrode position in bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1992 Dec;56(6):1067–8.
19. Pereira IF da S, Andrade L de MB, Spyrides MHC, Lyra C de O, Pereira IF da S, Andrade L de MB, et al. Estado nutricional de menores de 5 anos de idade no Brasil: evidências da polarização epidemiológica nutricional. *Ciênc Amp Saúde Coletiva.* 2017 Oct;22(10):3341–52.
20. Jardim JB, Souza IL de. Obesidade infantil no Brasil: uma revisão integrativa. *JMPHC J Manag Prim Health Care* ISSN 2179-6750. 2017 Aug 20;8(1):66–90.
21. WHO. WHO | Facts and figures on childhood obesity [Internet]. WHO. 2018 [cited 2018 Dec 25]. Available from: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/en/>
22. Redondo-Del-Rio MP, Camina-Martin MA, Marugan-de-Miguelsanz J-M, de-Mateo-Silleras B. Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population. *Am J Hum Biol Off J Hum Biol Counc.* 2017 Jul 8;29(4).
23. Redondo-Del-Río MP, Escribano-García C, Camina-Martín MA, Caserío-Carbonero S, Cancho-Candela R, de-Mateo-Silleras B. Bioelectrical impedance vector values in a Spanish healthy newborn population for nutritional assessment. *Am J Hum Biol Off J Hum Biol Counc.* 2019 May;31(3):e23244.
24. Fomon SJ, Nelson SE. Body composition of the male and female reference infants. *Annu Rev Nutr.* 2002;22:1–17.

25. Ward LC, Heitmann BL. Re: "Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis." *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif*. 2000 Apr;16(4):319–21.
26. Guida B, Pietrobelli A, Trio R, Laccetti R, Falconi C, Perrino NR, et al. Body mass index and bioelectrical vector distribution in 8-year-old children. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008 Feb 1;18(2):133–41.
27. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition*. 2002 Feb 1;18(2):153–67.
28. Vermeulen KM, Lopes MMD, Alves CX, Brito NJN, Almeida M das G, Leite-Lais L, et al. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Phase Angle on Different Oral Zinc Supplementation in Eutrophic Children: Randomized Triple-Blind Study. *Nutrients*. 2019 Jun;11(6):1215.
29. Nicoletti CF, Camelo JSJ, dos Santos JE, Marchini JS, Salgado WJ, Nonino. Bioelectrical impedance vector analysis in obese women before and after bariatric surgery: changes in body composition. *Bioelectrical Impedance Vector Anal Obese Women Bariatr Surg Chang Body Compos*. 2014;30(5):569–74.
30. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 1998 Feb;22(2):97–104.

31. Malina RM, Huang YC, Brown KH. Subcutaneous adipose tissue distribution in adolescent girls of four ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* 1995 Nov;19(11):793–7.
32. Ward LC, Heitmann BL, Craig P, Stroud D, Azinge EC, Jebb S, et al. Association between ethnicity, body mass index, and bioelectrical impedance. Implications for the population specificity of prediction equations. *Ann N Y Acad Sci.* 2000 May;904:199–202.
33. Silva AM, Matias CN, Nunes CL, Santos DA, Marini E, Lukaski HC, et al. Lack of agreement of in vivo raw bioimpedance measurements obtained from two single and multi-frequency bioelectrical impedance devices. *Eur J Clin Nutr.* 2019 Jul;73(7):1077–83.

Artigo 2.

Valores normais do vetor de impedância bioelétrica em lactentes e crianças menores de 3 anos em situação de vulnerabilidade social

Taisa Lisboa Montagner Gomes ^{a,*}, Maria Virginia Marques Peixoto ^b, Zina Maria Almeida de Azevedo ^c, Vania Matos Fonseca ^d, Saint Clair dos Santos Gomes Junior ^d, Eloane Gonçalves Ramos ^d

^a Departamento de Ensino e Pesquisa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, Brasil.

^b Laboratório de Métodos Analíticos, Departamento de Pesquisa, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

^c Unidade de Terapia Intensiva, Departamento de Pediatria, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

^d Unidade de Pesquisa Clínica, Instituto Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

* Autor correspondente. Tel.:+ 5521 25541912. E-mail: taisalisboa@ifma.edu.br.

RESUMO

Introdução e objetivos

A importância da avaliação do estado nutricional de crianças, em especial aquelas de idade inferior a 5 anos, ganhou reconhecimento na última década. A análise do vetor de impedância bioelétrica (BIVA) revelou sua eficácia como

um indicador do estado nutricional, embora sejam raros os estudos em lactentes e crianças sem doença abaixo dos 3 anos de idade. O objetivo do presente estudo foi descrever o conjunto de valores dos componentes da bioimpedância (resistência e reatância) monofrequencial e a distribuição do vetor de bioimpedância em uma amostra de crianças etnicamente diversas de 1 a 3 anos de idade em situação de vulnerabilidade social em uma cidade brasileira.

Métodos

Trata-se de um estudo transversal que analisou a impedância bioelétrica de uma amostra de 291 crianças com idade entre 1 a 3 anos, de creches públicas localizadas em área de grande vulnerabilidade social na periferia de favelas em uma cidade brasileira, usando o método gráfico RX_c (análise tetrapolar na frequência de 50 kHz). As elipses de tolerância de 95%, 75% e 50% foram plotadas por faixa etária.

Resultados

O vetor de impedância média migrou de forma consistente e estatisticamente diferente entre as faixas etárias. Os valores de X_c/H progressivamente mais altas e R/H mais baixas com o aumento da idade. O vetor de bioimpedância médio da presente amostra de crianças brasileiras foi diferente em relação às crianças de outras nacionalidades da mesma faixa etária.

Conclusão

Os resultados confirmaram a regularidade, a estabilidade e consistência de valores de referência do vetor de impedância corporal e a importância de sua

utilização na vigilância nutricional de crianças de 1 a 3 anos e destacam que os valores de referência de um determinado país não devem ser adotados acriticamente por outros, tendo em vista a diversidade étnica.

1.Introdução

A importância de estudar a composição corporal no contexto da avaliação do estado nutricional de crianças, em especial as que vivem em situação de vulnerabilidade social, ganhou reconhecimento na última década (1,2). Evidências mostram que crianças vivendo em favelas, sem condições adequadas de água e saneamento, apresentam maior probabilidade de sofrerem alterações no seu estado nutricional (2,3).

Neste contexto, o monitoramento do crescimento e da composição corporal é importante para detecção precoce de problemas de saúde e nutrição durante o desenvolvimento da criança. Entretanto, a medição precisa da composição corporal por métodos considerados de referência, como a tomografia computadorizada, a absorciometria de raios-X de energia dupla (DEXA), a ressonância magnética e a pletismografia por deslocamento de ar, não podem ser aplicados nas ações de vigilância nutricional populacional, pela dificuldade de acesso a estas tecnologias e pelo alto custo (4–7). A forma convencional de avaliar o estado nutricional durante esse período da vida tem sido por meio da utilização de medidas antropométricas e / ou índices derivados, como o índice de massa corporal (IMC). No entanto, embora a antropometria não seja invasiva e possa ser repetida em um curto período, ela tem um baixo nível de precisão (8,9). Outra limitação com o uso de gráficos de crescimento / percentil de peso e comprimento é que eles não refletem a

composição corporal. Da mesma forma, o IMC não reflete variações na composição corporal que dependem da fase de desenvolvimento do peso/estatura (8).

Diante dessas limitações, a análise de impedância bioelétrica (BIA) ganhou destaque e está sendo cada vez mais utilizada. A BIA é um método de medição rápida, reprodutível, não invasiva, de baixo custo e portátil que pode ser usado para avaliar a composição corporal de adultos e crianças (10). A técnica faz uma análise dos compartimentos corporais, massa magra e massa livre de gordura, que se baseia na medida da condução iônica elétrica do tecido mole (fluidos corporais), admitindo que os tecidos gordurosos e ósseos sejam maus condutores elétricos (11). A análise da BIA requer a aplicação de equações de predição para transformar as variáveis elétricas (resistência [R] e reatância [Xc]) em variáveis de composição corporal (água corporal, massa livre de gordura e massa gorda) e são aplicáveis somente nas populações específicas para as quais foram desenvolvidas (12,13). Além disto, essas equações pressupõe hidratação tecidual constante nos indivíduos (14), o que não ocorre durante o processo normal de crescimento da criança, assim como em vários acometimentos metabólicos que alteram o balanço hídrico, como nos casos de obesidade ou desnutrição extrema e desidratação ou em crianças sob tratamento intensivo (15,16).

A análise vetorial por bioimpedância (BIVA) é uma ferramenta criada para complementar e minimizar limitações metodológicas da bioimpedância, não necessitando de equações de regressão para mensurar a composição nutricional (17), permitindo avaliar o indivíduo por medidas diretas de impedância vetorial. Pelo método BIVA, os componentes da bioimpedância

(resistência e reatância) são padronizados pela altura do indivíduo e são representados como um vetor bivariado sobre um eixo de coordenadas referido como gráfico RXc (18). Isso permite que um vetor individual seja comparado com a distribuição de vetores da população de referência (elipses de tolerância) ou faça comparações entre vetores médios de grupo (elipses de confiança). Variações no estado de hidratação são refletidas nos deslocamentos do vetor ao longo do eixo maior das elipses de tolerância, enquanto os deslocamentos em relação ao eixo menor permitem que mudanças na massa celular corporal sejam avaliadas (18,19).

O presente estudo pretende descrever o conjunto de valores dos componentes da bioimpedância (resistência e reatância) monofrequencial e a distribuição do vetor de bioimpedância em uma amostra de crianças etnicamente diversas de 1 a 3 anos de idade em situação de vulnerabilidade social em uma cidade brasileira.

2. Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo transversal, realizado com crianças atendidas em creches municipais localizadas em área de grande vulnerabilidade social na periferia de favelas do Rio de Janeiro, cujos dados foram coletados de maio a dezembro de 2011. O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética Institucional (CAAE0032.0.008.000-09) e todos os pais ou responsáveis legais que aceitaram participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os critérios de inclusão foram: crianças de 1 a 3 anos de idade, sem problemas congênitos ou crônicos. Foram excluídas crianças que apresentavam febre ou doença aguda e aquelas com valores de Z de peso para idade ou altura para idade menores ou maiores que 2 em relação às curvas padrão de crescimento da Organização Mundial da Saúde (20).

2.1 Mensurações

A maioria das crianças de 1 a 3 anos nas creches públicas segue uma rotina no final das manhãs onde são banhadas, alimentadas e colocadas para dormir. Neste estudo o peso e a estatura ou comprimento foram medidos por examinadores devidamente treinados. Os lactentes e os pré-escolares foram pesados sem roupa em balanças digitais (Filizola modelos E15-2B e Personal, respectivamente) após o banho, onde em geral urinavam. O comprimento em decúbito dorsal foi medido em crianças até 2 anos e a estatura em crianças acima dessa idade em um estadiômetro (precisão 0,5cm). A partir desses dados foram calculados os índices de massa corporal (IMC) e obtidos os índices: peso/ idade (P/I), estatura/idade (E/I), peso/ estatura (P/ E) e o índice de massa corporal/ idade (IMC/I). O estado nutricional foi classificado pela determinação do Z-score de Peso para Estatura (WHZ), tomando como referencial os limites recomendados pela *World Health Organization* (20).

A mensuração da bioimpedância foi realizada após a alimentação, durante o sono, com as crianças deitadas sobre um colchonete. Objetos de espuma não condutores foram utilizados para que pernas e coxas, assim como braços e tronco, não entrassem em contato. A bioimpedância foi medida com o equipamento Hydra 4200 (Xitron Technologies, Estados Unidos) na frequência de 50 KHz, por meio de eletrodos metálicos adesivos posicionados nas

extremidades dos membros inferior e superior ipsilaterais. O eletrodo interno do braço (sensor) foi colocado na superfície dorsal do punho direito e entre a ulna e o rádio. O eletrodo interno da perna foi colocado na parte anterior superfície do tornozelo direito entre as porções proeminentes dos ossos. Os eletrodos externos (fonte ou injetor) foram colocados na superfície dorsal da terceira falange proximal da mão direita e pé direito. Quando necessário, o eletrodo sensor foi movido proximalmente de forma a ficar 5 cm afastado do eletrodo injetor, para evitar a interação entre campos elétricos, que poderia levar a uma superestimação da impedância (21).

2.2 Análises Estatísticas

A análise descritiva da população de estudo foi realizada por meio de tabelas de frequência, médias, desvios-padrão, e gráficos box-plot onde foram plotadas as medianas, intervalos interquartílicos. Foram descritas as características demográficas, antropométricas e de bioimpedância.

A bioimpedância foi analisada numa abordagem vetorial, pelo método gráfico RXc, os valores de R e Xc foram padronizados pela altura do indivíduo (H), resultando nos valores padronizados de R/H e Xc/H, expressos em Ohms/m (18). De acordo com o método, a bioimpedância foi representada por um vetor composto pela combinação do valor de resistência (R), descrito no eixo das abcissas (X), e do valor de reatância (Xc), descrito no eixo das coordenadas (Y), ambos expressos em Ohms. A impedância $Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$ e o ângulo de fase $PA = (\tan^{-1} Xc/R) \times 180/\pi$ foram derivados dessas medidas.

Os vetores médios de bioimpedância e suas elipses de confiança de 95% foram plotados no plano RXc por faixa etária, sexo e etnia. As elipses de confiança representam a distribuição amostral do vetor médio e podem ser

usadas para comparações estatísticas entre grupos. Dois vetores médios são considerados significativamente diferentes se suas elipses de confiança de 95% não apresentam intersecção, o que equivale a um resultado estatisticamente significativo do teste T2 de Hotelling com significância de 5% (18).

Os dados das crianças de 2 a 3 anos foram alinhados a dois outros estudos pediátricos (22,23) que usaram metodologia semelhante para que fosse possível realizar comparações dos valores médios de R e Xc padronizados pela altura e dos vetores de impedância médios com as elipses de confiança de 95%. Uma vez que esses estudos usaram o aparelho de bioimpedância modelo BioScan BL-960141 e o aparelho BIA-101 (RJL-Systems/ Akern), testamos a concordância entre estes dispositivos e o sistema Xitron Hydra ajustado em 50kHz em um subgrupo de 32 indivíduos. Não houve diferença significativa entre os instrumentos. Os dados foram analisados no BIVA *software* 2002 e no software R-studio *version* 3.4.

3. Resultados

De um total de 307 crianças 19 foram excluídas por apresentarem o valores de Z de peso para idade maiores que 2 em relação às curvas padrão de crescimento da Organização Mundial da Saúde (20), por tanto foram analisadas 291 crianças sendo 147 meninas (50.52%) e 144 meninos (49.48%). A média de idade foi de 2.38 anos (DP: ± 0.76). Não houve diferença estatisticamente significativa ($X^2 = 6.81$; $p = 0.15$) entre as proporções das faixas etárias que foram 16.5% até 12 meses, 17.8% entre 12 e 18 meses,

21.7% entre 18 e 24 meses, 18.9% entre 24 e 30 meses e 25.1% entre 30 e 36 meses. A distribuição étnica foi de 91 crianças brancas (31.3%), 182 de origem africanas (62.5%) e 18 não declararam (6.2%). A diferença entre os sexos nas faixas etárias ($X^2 = 4.80$; $p = 0.30$) e entre as etnias nas faixas etárias ($X^2 = 4.34$; $p = 0.36$) não foi estatisticamente significativa.

Os dados antropométricos e as características bioelétricas são mostrados na Tabela 1. Não houve diferença significativa do IMC entre os gêneros. Nos meninos a estatura foi maior e os valores de R, X_c , R/H e X_c/H foram significativamente menores. A estatura, peso, IMC, R, R/H, X_c e X_c/H foram significativamente diferentes entre os grupos etários. Os valores de R/H agrupados nas faixas etárias dos 12 até os 36 meses revelaram uma redução enquanto os valores X_c/H , vetor da bioimpedância e o ângulo de fase revelaram aumento, todos graduais e consistentes ao longo das faixas. A correlação linear (r) entre os valores de R/H e X_c/H nas faixas etárias variou de 0,55 a 0,74 e no sexo masculino (0,58) foi mais elevada do que no sexo feminino (0,41).

Tabela.1. Características antropométricas e bioelétricas das crianças de 1 a 3 anos. Rio de Janeiro, Brasil, 2011.

	Idade (meses)					Sexo	
	12	18	24	30	36	Feminino	Masculino
N	48 (16.5%)	52 (17.9%)	63 (21.7%)	55 (18.9%)	73 (25.1%)	147 (50.5%)	144 (49.5%)
Estatura (cm)	77.6* (4.3)	84.3* (5.6)	88.9* (3.8)	94.3* (3.5)	97.3* (4.1)	88.6* (8.5)	90.2* (7.7)
Peso (Kg)	10.1* (1.3)	11.6* (1.7)	12.6* (1.5)	13.7* (1.6)	14.4* (1.5)	12.4 (2.2)	12.9 (2.0)
IMC (kg/m ²)	16.7* (1.3)	16.3* (1.4)	15.8* (1.1)	15.4* (1.1)	15.2* (1.1)	15.8 (1.4)	15.8 (1.2)
WHZ	0.2* (0.9)	0.3* (0.9)	-0.1* (0.9)	-0.1* (0.9)	-0.2* (0.8)	0.1 (0.9)	-0.1 (0.9)
R	667.1* (99.9)	697.9* (96.2)	734.2* (98.2)	753.8* (92.4)	778.1* (81.5)	752.9* (97.4)	710.2* (101.5)
Xc	46.1* (7.3)	51.3* (7.6)	56.5* (8.3)	61.8* (7.6)	66.5* (7.4)	58.9* (10.6)	55.7* (10.2)
R/H	860.0* (123.0)	833.0* (136.0)	828.0* (121.0)	800.0* (105.0)	792.0* (99.5)	853.0* (119.9)	789.6* (106.6)
Xc/H	59.4* (8.3)	61.0* (9.3)	63.6* (9.3)	65.6* (8.3)	67.6* (8.5)	66.4* (9.3)	61.5* (8.7)
PA	4.0* (0.6)	4.2* (0.5)	4.4* (0.6)	4.7* (0.4)	4.9* (0.5)	4.5 (0.7)	4.5 (0.6)
Z	668.7* (99.9)	699.8* (96.3)	736.4* (98.2)	756.3* (92.5)	782.7* (86.3)	755.2* (97.6)	712.5* (101.8)
r	0.59	0.72	0.55	0.74	0.59	0.41	0.58

Os valores são expressos como média (desvio-padrão). H estatura; IMC e índice de massa corporal; WHZ Z-score de peso para estatura; R resistência; X reatância; PA ângulo de fase; Z impedância; r coeficiente de correlação linear entre os componentes do vetor R e Xc. * p <0,05

O aumento gradual e consistente da X_c/H e AF com a idade também pode ser observado quando são analisados os box plot com as respectivas medianas e intervalos interquartílicos. (Figura 1).

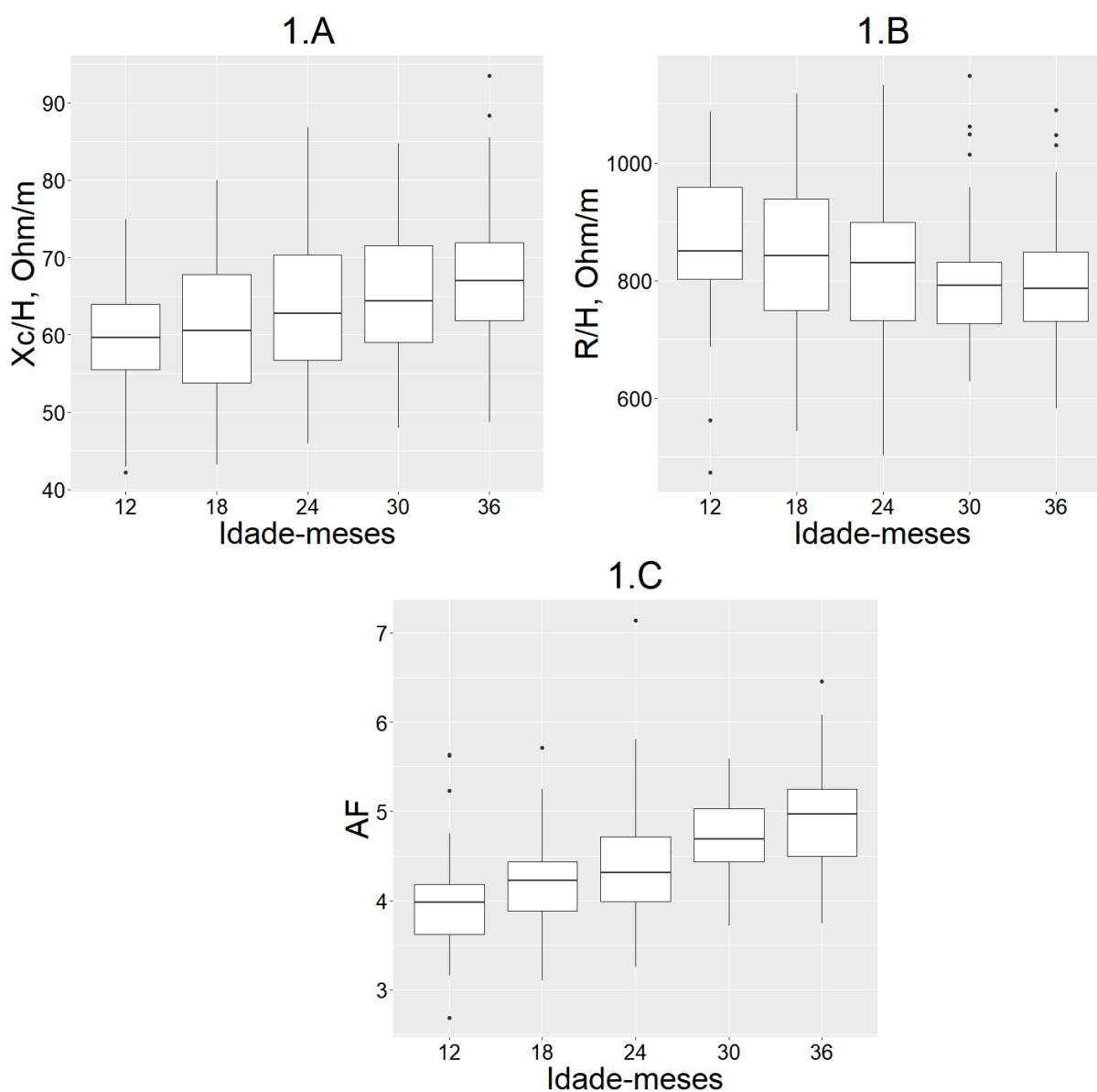


Figura.1 Gráfico de boxplot dos componentes da bioimpedância- Reatância (1.A), Resistência (1.B) padronizados pela altura (H) e Angulo de Fase (1.C). X_c – reatância, R - resistência e AF – angulo de fase.

Os gráficos dos vetores médios de bioimpedância não foi verificada diferença significativa entre os sexos (Figura 2A) e entre as etnias (Figura 2B), uma vez que suas elipses de confiança se sobrepuseram.

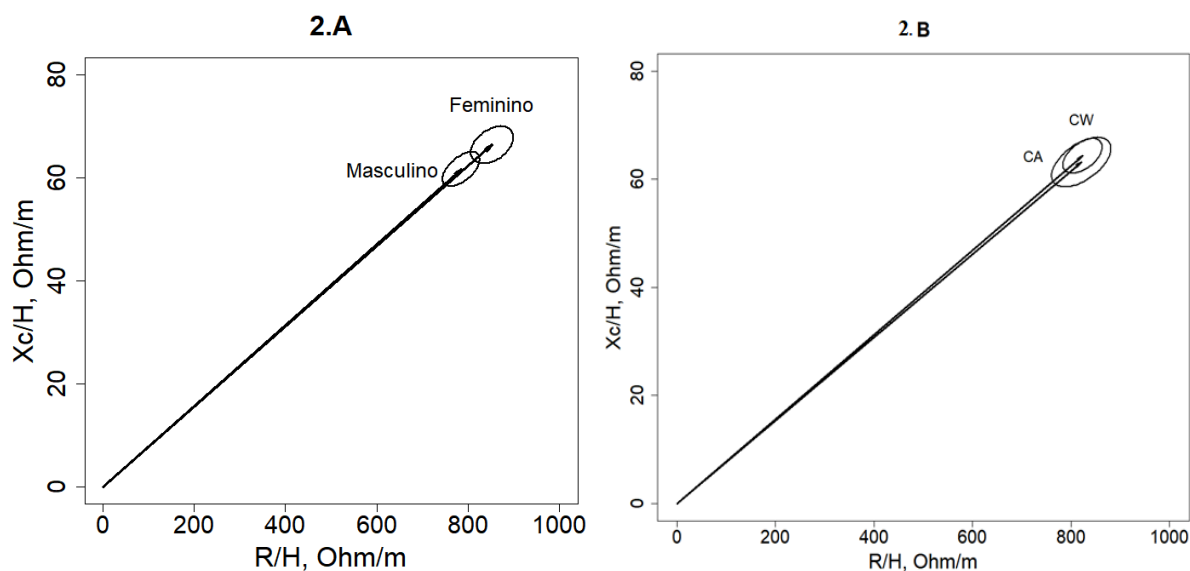


Figura.2 Vetores médios de bioimpedância (seta) com as elipses de confiança de 95% , de acordo com o sexo (A) e etnia (B), As elipses das crianças brancas são identificados com CW, as de origem africana CA. R - resistência, Xc - reactância e H - altura.

O vetor médio de bioimpedância com as respectivas elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% para cada faixa etária é apresentado na Figura 3. Elas representam a distribuição individual dos vetores de bioimpedância das crianças.

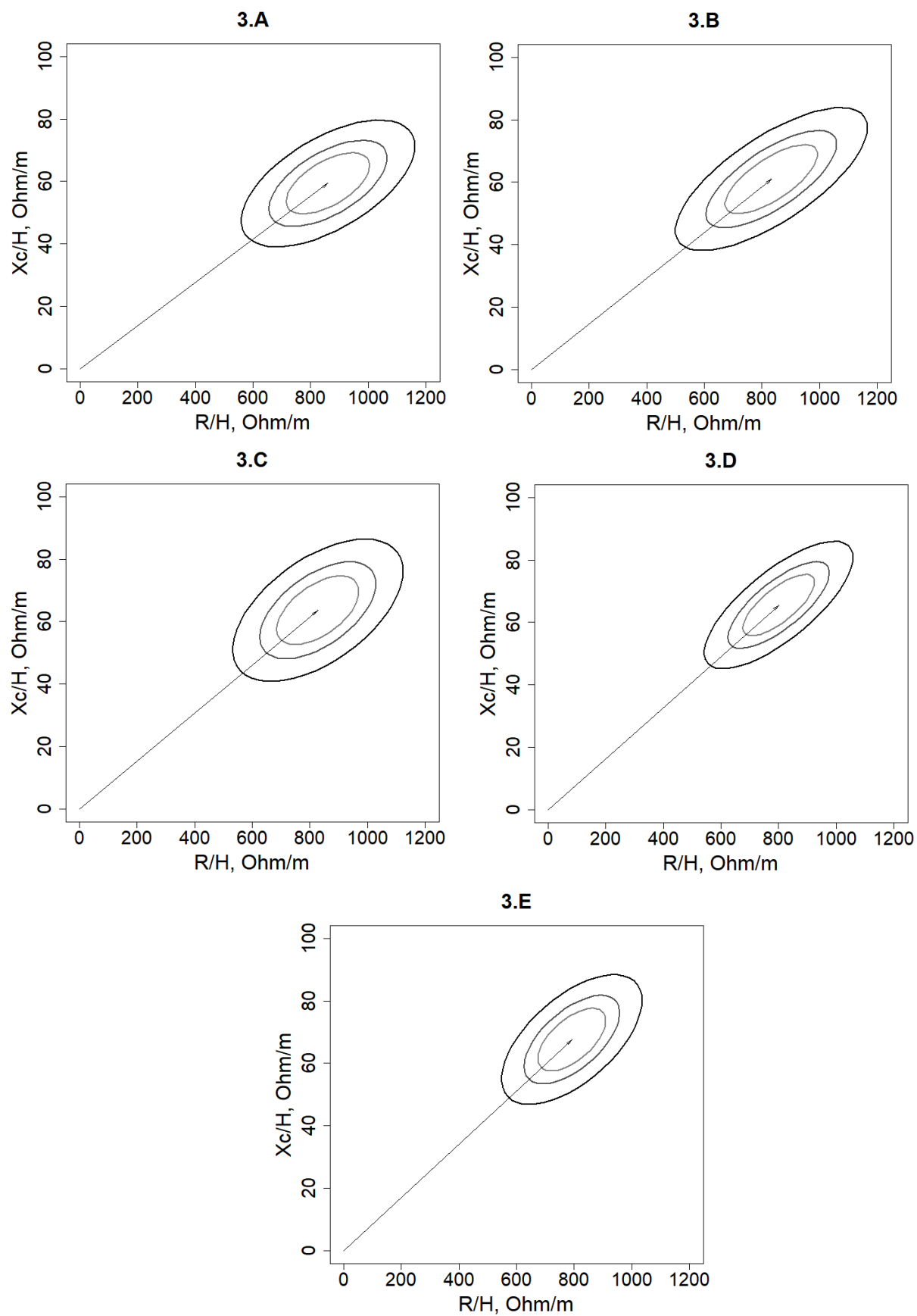


Figura.3 Vetores médios de bioimpedância e elipses de tolerância de 50% (menor), 75% e 95% (maior) para faixa etária de 12meses (3.A), 18meses (3.B), 24 meses (3.C), 30 meses (3.D) e 36 meses (3.E). R - Resistência, Xc - Reatância e H – altura.

Na figura 4 é possível visualizar os vetores de impedância médios para a faixa etária de 2 a 3 anos com as elipses de confiança de 95% das crianças brasileiras com os dados de dois outros estudos pediátricos, de crianças italianas e cubanas (22,23) que usaram metodologia semelhante para que fosse possível realizar comparações dos vetores de impedância médios por faixa etária com as elipses de confiança de 95%.

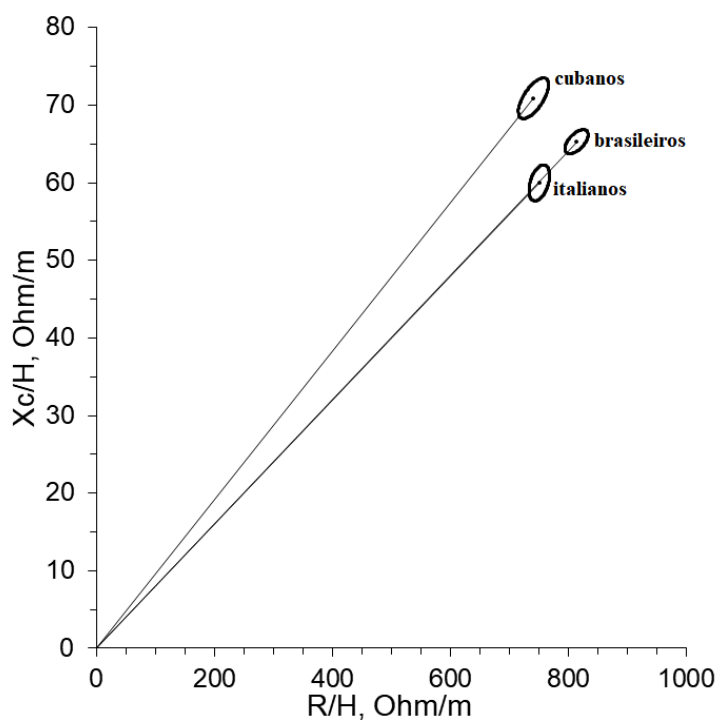


Figura.4 Comparação dos vetores de impedância médios com as elipses de confiança de 95% entre crianças brasileiras, cubanas e italianas na faixa etária de 2 a 3 anos.. R resistência, Xc reatância padronizadas pela H altura.

Tabela 2. Variáveis bioelétricas de crianças de 2 a 3 anos de diferentes nacionalidades.

Nacionalidade	Nº	R/H		Xc/H		R
		Média	SD	Média	SD	
Italianos	115	751	75	60	10	0.41
Cubanos	61	741.4	79.2	70.9	8.1	0.67
Brasileiros	191	814	110.7	65.3	8.7	0.59

R-Resistência e Xc-reatância padronizadas pela H-altura (ambas em ohms); r coeficiente de correlação linear entre os componentes do vetor; SD desvio padrão.

Discussão

No geral, o padrão de diminuição de R/H e o aumento de Xc/H com a idade encontrado no presente estudo é consistente com achados anteriores (24–26) sendo atribuído ao aumento de tecidos moles inerentes ao processo de maturação física (25). Por outro lado, os valores de R/H e Xc/H obtidos em nosso estudo são maiores quando comparado aos vetores de crianças italianas (22). Já a comparação com crianças cubanas (23) mostrou que os vetores do presente estudo tem maiores valores de R/H e menores valores de Xc/H na faixa etária de 2-3 anos. Essas comparações confirmaram as diferenças nos vetores de bioimpedância médios entre diferentes populações (figura 4), sugerindo que os valores de referência de um determinado país não devem ser adotados acriticamente por outros.

Outros estudos também encontraram achados semelhantes ao apontarem diferenças significativas entre populações saudáveis, como no caso da mexicana e da italiana, ambas documentadas (27), e ainda entre recém-nascidos brasileiros e italianos (28). Fato que pode ser explicado pela influência da etnia, uma vez que a composição corporal de indivíduos de

diferentes grupos étnicos pode variar substancialmente, mesmo para níveis de IMC comparáveis (29). Outro aspecto da influência da diversidade étnica é a diferença da densidade corporal que pode ter um impacto significativo na precisão da massa corporal magra estimada e da massa isenta de gordura (30). Estudo em afro-americanos apontou maior densidade corporal e maior massa corporal em comparação com caucasianos americanos (31). Swinburn et al. em 1999, descobriram que os polinésios na Nova Zelândia têm níveis mais altos de massa livre de gordura e menos gordura corporal do que os europeus em qualquer índice de massa corporal (32).

Na população infantil deste estudo não houve diferença estatisticamente significativa para nenhum dos parâmetros de bioimpedância entre as etnias, fato que pode ser justificado geneticamente pela miscigenação da população brasileira, onde os indicadores de aparência física como cor da pele, dos olhos e dos cabelos pode ter relativamente pouca relação com a ascendência de cada pessoa.

Houve uma relação direta entre o AF e a idade, tal resultado encontra-se em concordância com o estudo de Mattiello et al., (33) que concluíram que o AF aumenta progressivamente da infância até a adolescência, estabiliza na idade adulta e diminui progressivamente em idosos. É importante ressaltar que o AF tem relação direta com a massa celular (17).

As elipses de tolerância para as diferentes faixas etárias descritas no presente estudo (Figura 3), podem ser usadas para avaliar o vetor de bioimpedância de uma criança específica, sem a necessidade de calcular o escore Z para idade. Sendo validadas em populações onde o conteúdo de água não está de acordo com os pressupostos para a utilização da análise por

bioimpedância convencional, como obesidade mórbida, edema e desidratação (15,16). Os dados de bioimpedância bruta padronizados pela altura (R/H e Xc/H) podem ser utilizados diretamente, independentemente do peso corporal e sem a necessidade de aplicação de modelos preditivos (18), uma vez que a variabilidade da estimativa da composição corporal é alta, 0,5 a 2,0Kg para água corporal total e 1,5 a 3,0Kg para massa magra e massa gorda, em crianças maiores de 3 anos (22), e considerada inaceitável para uso em crianças (34–36). Nesses casos, a classificação do estado nutricional a partir do gráfico da BIVA contribuiria no conhecimento do perfil das crianças brasileiras entre 1 e 3 anos de idade. Trata-se da distribuição do vetor de bioimpedância em uma amostra de crianças que além de etnicamente diversa, onde, após a retirada de 16 crianças com valores de Z de peso para idade maiores que 2 em relação às curvas padrão de crescimento da Organização Mundial da Saúde (20), não foi verificada outras alterações dos parâmetros antropométricos. Estas crianças apesar da situação de vulnerabilidade social constituem um grupo de indivíduos onde ainda pouco se sabe desse aspecto, vive em favelas e comunidades pobres, que representam quase um terço da população mundial e mais de 60% das populações urbanas nos países menos desenvolvidos, incluindo centenas de milhões de crianças (3). A análise vetorial da impedância bioelétrica, tem se mostrado uma técnica muito útil na prática epidemiológica e clínica para monitorar mudanças no estado nutricional e composição corporal em adultos (10,37) e crianças (19,22,38). Os valores de resistência e reatância já foram também associados com indicadores de gravidade em crianças internadas em unidade de tratamento intensivo,

indicando que os valores de referência da R e Xc podem também ser úteis na avaliação dessa população (36).

A principal limitação deste estudo foi a padronização das medidas de bioimpedância, em que a bexiga cheia e o tempo em jejum podem alterar os resultados, limitação também compartilhada com outro estudo pediátrico (25). Isso não pode ser controlado, pois as crianças (especialmente na faixa etária abaixo de 2 anos) não apresentam controle esfinteriano e não podem permanecer em estado prolongado de jejum. Com o objetivo de minimizar essa limitação, todas as medidas foram realizadas no período da tarde, em períodos após banho das crianças e sua alimentação conforme rotina da creche, variando de 0 a 2 horas. É o primeiro estudo até o presente momento, que tenha descrito valores do vetor de bioimpedância elétrico para a população infantil saudável na faixa etária de 1 ano de idade.

Nossos resultados confirmam a importância da definição de valores de referência do vetor de impedância corporal segundo a idade, pois as comparações confirmam as diferenças nesses vetores médios entre diferentes populações sugerindo que os valores de referência de um determinado país não devem ser adotados acriticamente por outros.

Financiamentos

Este trabalho foi financiado pela FIOCRUZ e PDTSP-PCL07, FAPERJ (processo E-2626 / 111.559 / 2008) e CNPq (processo nº 308489 / 2009-8).

Conflito de interesses

Os autores não apresentam conflitos de interesses.

Declaração de autoria

Taísa foi a responsável pela análise estatística, discussão dos resultados e redação do manuscrito. Eloane, Maria Virginia e Zina participaram da concepção do estudo, coleta de dados, análise e discussão dos resultados. Vania e Saint Clair forneceram consultas significativas e revisão crítica dos resultados e discussão. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.

Referências

1. Wells JCK, Fewtrell MS. Is body composition important for paediatricians? *Arch Dis Child*. 2008 Feb;93(2):168–72.
2. Pedraza DF, Olinda RA de, Bezerra TA. Nutritional status of children residing in an area of social vulnerability: longitudinal study. *Saúde Em Debate*. 2020 Mar;44(124):130–40.
3. Unger A. Children's health in slum settings. *Arch Dis Child*. 2013 Oct;98(10):799–805.
4. Brodie D, Moscrip V, Hutcheon R. Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutr* Burbank Los Angel Cty Calif. 1998 Mar;14(3):296–310.
5. Sweeting HN. Measurement and definitions of obesity in childhood and adolescence: a field guide for the uninitiated. *Nutr J*. 2007 Oct 26;6:32.

6. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RNJ, Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics*. 2004 May;113(5):1285–90.
7. Wong WW, Hergenroeder AC, Stuff JE, Butte NF, Smith EO, Ellis KJ. Evaluating body fat in girls and female adolescents: advantages and disadvantages of dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr*. 2002 Aug;76(2):384–9.
8. Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, Sun SS, Chumlea WC, Pickoff A, et al. Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics*. 2006 Mar;117(3):e487-495.
9. Lingwood BE. Bioelectrical impedance analysis for assessment of fluid status and body composition in neonates--the good, the bad and the unknown. *Eur J Clin Nutr*. 2013 Jan;67 Suppl 1:S28-33.
10. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2004 Oct;23(5):1226–43.
11. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr*. 1992 Apr;11(2):199–209.
12. Heymsfield SB, Matthews D. Body composition: research and clinical advances--1993 A.S.P.E.N. research workshop. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1994 Apr;18(2):91–103.

13. Brantlov S, Ward LC, Jødal L, Rittig S, Lange A. Critical factors and their impact on bioelectrical impedance analysis in children: a review. *J Med Eng Technol.* 2017 Jan 2;41(1):22–35.
14. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005 May;8(3):311–7.
15. HEYWARD V. ASEP methods recommendation: Body composition assessment. *J Exerc Physiol.* 2001 Nov 1;4.
16. Rezende FAC, Rosado LEFPL, Priore SE, Franceschini S do CC. Aplicabilidade de equações na avaliação da composição corporal da população brasileira. *Rev Nutr.* 2006 Jun;19(3):357–67.
17. Oliveira Filho JM de, Bernardes PS, Serpa GHC, Siqueira GD de J, Noll M, Venâncio PEM, et al. Análise vetorial por bioimpedância em adolescentes obesos. *Rev Paul Pediatr.* 2020;38.
18. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int.* 1994 Aug;46(2):534–9.
19. de-Mateo-Silleras B, de-la-Cruz-Marcos S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, Redondo-Del-Río MP. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PloS One.* 2019;14(1):e0211148.

20. OMS. WHO Child Growth Standards: Methods and development: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. 2006 [cited 2018 Aug 28]; Available from: http://www.who.int/childgrowth/standards/Technical_report.pdf?ua=1
21. Gartner A, Maire B, Delpeuch F, Sarda P, Dupuy RP, Rieu D. Importance of electrode position in bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1992 Dec;56(6):1067–8.
22. De Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L, et al. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 2000 Jun;16(6):417–24.
23. Nescolarde L, Núñez A, Bogónez-Franco P, Lara A, Vaillant G, Morales R, et al. Reference values of the bioimpedance vector components in a Caribbean population. *E-SPEN J.* 2013 Aug;8(4):e141–4.
24. Redondo-Del-Rio MP, Camina-Martin MA, Marugan-de-Miguelsanz J-M, de-Mateo-Silleras B. Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population. *Am J Hum Biol Off J Hum Biol Counc.* 2017 Jul 8;29(4).
25. Tanabe RF, de Azevedo ZMA, Fonseca VM, Peixoto MVM, dos Anjos LA, Gaspar-Elsas MIC, et al. Distribution of bioelectrical impedance vector values in multi-ethnic infants and pre-school children. *Clin Nutr Edinb Scotl.* 2012 Feb;31(1):144–8.
26. Barufaldi LA, Conde WL, Schuch I, Duncan BB, Castro TG de. Bioelectrical impedance values among indigenous children and adolescents in

Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Panam Salud Publica Pan Am J Public Health*. 2011 Jul;30(1):39–45.

27. Espinosa-Cuevas M de los Á, Rivas-Rodríguez L, González-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatraste P, Correa-Rotter R. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Rev Investig Clínica*. 2007 Feb;59(1):15–24.

28. Margutti AVB, Monteiro JP, Camelo JS. Reference distribution of the bioelectrical impedance vector in healthy term newborns. *Br J Nutr*. 2010 Nov;104(10):1508–13.

29. Malina RM, Huang YC, Brown KH. Subcutaneous adipose tissue distribution in adolescent girls of four ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 1995 Nov;19(11):793–7.

30. Bera TK, Mohamadou Y, Lee K, Wi H, Oh TI, Woo EJ, et al. Electrical Impedance Spectroscopy for Electro-Mechanical Characterization of Conductive Fabrics. *Sensors*. 2014 Jun 2;14(6):9738–54.

31. Jakicic JM, Wing RR, Lang W. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: the effect of ethnicity. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 1998 Mar;22(3):243–9.

32. Swinburn BA, Ley SJ, Carmichael HE, Plank LD. Body size and composition in Polynesians. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 1999 Nov;23(11):1178–83.

33. Mattiello R, Amaral MA, Mundstock E, Ziegelmann PK. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2020 May;39(5):1411–7.
34. Eisenkolbl J, Kartasurya M, Widhalm K. Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *Eur J Clin Nutr*. 2001 Jun;55(6):423–9.
35. Lee L-W, Liao Y-S, Lu H-K, Hsiao P-L, Chen Y-Y, Chi C-C, et al. Validation of two portable bioelectrical impedance analyses for the assessment of body composition in school age children. *PloS One*. 2017;12(2):e0171568.
36. Azevedo ZMA, Moore DCBC, de Matos FAA, Fonseca VM, Peixoto MVM, Gaspar-Elsas MIC, et al. Bioelectrical impedance parameters in critically ill children: importance of reactance and resistance. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2013 Oct;32(5):824–9.
37. Bozzetto S, Piccoli A, Montini G. Bioelectrical impedance vector analysis to evaluate relative hydration status. *Pediatr Nephrol Berl Ger*. 2010 Feb;25(2):329–34.
38. L'Abée C, Poorts-Borger PH, Gorter EHGM, Piccoli A, Stolk RP, Sauer PJJ. The bioelectrical impedance vector migration in healthy infants. *Clin Nutr Edinb Scotl*. 2010 Apr;29(2):222–6.

7. Conclusões

Este trabalho descreveu os valores do vetor de impedância bioelétrica em crianças multiétnicas em situação de vulnerabilidade social com 1 a 4 anos de idade. A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- A prevalência de obesidade foi de 4,98%, de acordo com o critério de WHZ.
- A etnia mais representada foi a parda e preta (62,6%), não sendo constatado diferença estatisticamente significativa para nenhum dos parâmetros de bioimpedância entre as etnias.
- Ocorre migração vetorial ao longo das faixas etárias 1, 2, 3 a 4 anos, havendo diferenças significativas nos vetores médios de bioimpedancia de crianças de acordo com a idade.
- A análise vetorial da bioimpedância reflete diferenças nos padrões bioelétricos de crianças classificadas com obesidade. Desta forma o uso das elipses de tolerância do gráfico da BIVA é promissor como ferramenta para o monitoramento do estado nutricional onde a mensuração do peso corporal é dificultado.
- Os valores do vetor de bioimpedância elétrica corporal total da população estuda são distintos daqueles demonstrados em estudos internacionais, destacando a importância da construção de referência ao nível regional. Não é válido assumir valores de referência do vetor de bioimpedância dos estudos internacionais para as crianças brasileiras. A exemplo do que ocorreu na determinação dos padrões dos indicadores antropométricos da OMS, futuros trabalhos para a geração dos valores de referência internacionais de bioimpedância elétrica devem contemplar os diversos países.

8. Referências

1. Jardim JB, Souza IL de. Obesidade infantil no Brasil: uma revisão integrativa. JMPHC | Journal of Management & Primary Health Care | ISSN 2179-6750. 2017;8(1):66–90.
2. WHO. WHO | Facts and figures on childhood obesity. WHO. 2018 [accessed 2018 Dec 25]. <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/en/>
3. OMS. WHO | Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO. 2000 [accessed 2018 Sep 3]. http://www.who.int/entity/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/index.html
4. CDC. Progress in reducing obesity in young low-income children. Centers for Disease Control and Prevention. 2019 Nov 22 [accessed 2018 Dec 25]. <https://www.cdc.gov/obesity/data/obesity-among-WIC-enrolled-young-children.html>
5. Brodie D, Moscrip V, Hutcheon R. Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 1998;14(3):296–310.
6. Sweeting HN. Measurement and definitions of obesity in childhood and adolescence: a field guide for the uninitiated. Nutrition journal. 2007;6:32. doi:10.1186/1475-2891-6-32

7. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RNJ, Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics*. 2004;113(5):1285–1290.
8. Wong WW, Hergenroeder AC, Stuff JE, Butte NF, Smith EO, Ellis KJ. Evaluating body fat in girls and female adolescents: advantages and disadvantages of dual-energy X-ray absorptiometry. *The American journal of clinical nutrition*. 2002;76(2):384–389. doi:10.1093/ajcn/76.2.384
9. Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, Sun SS, Chumlea WC, Pickoff A, Czerwinski SA, Towne B, Siervogel RM. Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics*. 2006;117(3):e487-495. doi:10.1542/peds.2005-0572
10. Lingwood BE. Bioelectrical impedance analysis for assessment of fluid status and body composition in neonates--the good, the bad and the unknown. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2013;67 Suppl 1:S28-33. doi:10.1038/ejcn.2012.162
11. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior J-C, Pirlich M, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2004;23(5):1226–1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004
12. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition*. 1992;11(2):199–209.

13. Heymsfield SB, Matthews D. Body composition: research and clinical advances--1993 A.S.P.E.N. research workshop. JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition. 1994;18(2):91–103. doi:10.1177/014860719401800291
14. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care. 2005;8(3):311–317.
15. Heyward V. ASEP methods recommendation: Body composition assessment. J Exerc Physiol. 2001;4.
16. Rezende FAC, Rosado LEFPL, Priore SE, Franceschini S do CC. Aplicabilidade de equações na avaliação da composição corporal da população brasileira. Revista de Nutrição. 2006;19(3):357–367. doi:10.1590/S1415-52732006000300007
17. De Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L, Di Iorio B, Mignozzi M, Vienna A, Conti G, et al. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 2000;16(6):417–424.
18. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. Kidney international. 1994;46(2):534–539.
19. Piccoli A, Fanos V, Peruzzi L, Schena S, Pizzini C, Borgione S, Bertino E, Chiaffoni G, Coppo R, Tato L. Reference values of the bioelectrical impedance

vector in neonates in the first week after birth. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.). 2002;18(5):383–387.

20. L’Abee C, Poorts-Borger PH, Gorter EHGM, Piccoli A, Stolk RP, Sauer PJJ. The bioelectrical impedance vector migration in healthy infants. *Clinical nutrition* (Edinburgh, Scotland). 2010;29(2):222–226. doi:10.1016/j.clnu.2009.08.007

21. Tanabe RF, de Azevedo ZMA, Fonseca VM, Peixoto MVM, dos Anjos LA, Gaspar-Elsas MIC, Moore DCBC, Ramos EG. Distribution of bioelectrical impedance vector values in multi-ethnic infants and pre-school children. *Clinical nutrition* (Edinburgh, Scotland). 2012;31(1):144–148. doi:10.1016/j.clnu.2011.08.006

22. Bozzetto S, Piccoli A, Montini G. Bioelectrical impedance vector analysis to evaluate relative hydration status. *Pediatric Nephrology* (Berlin, Germany). 2010;25(2):329–334. doi:10.1007/s00467-009-1326-3

23. de-Mateo-Silleras B, de-la-Cruz-Marcos S, Alonso-Izquierdo L, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, Redondo-Del-Río MP. Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. *PloS One*. 2019;14(1):e0211148. doi:10.1371/journal.pone.0211148

24. Unger A. Children’s health in slum settings. *Archives of Disease in Childhood*. 2013;98(10):799–805. doi:10.1136/archdischild-2011-301621

25. Steven B. Heymsfield, Timothy G. Lohman, ZiMinan Wang, Scott B. Going. *Human body composition*. 2nd ed. Human Kinetics; 2005.

26. Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiological Reviews*. 2000;80(2):649–680. doi:10.1152/physrev.2000.80.2.649
27. Ellis KJ. Selected body composition methods can be used in field studies. *The Journal of Nutrition*. 2001;131(5):1589S–95S. doi:10.1093/jn/131.5.1589S
28. Behnke AR. Physiologic Studies Pertaining to Deep Sea Diving and Aviation, Especially in Relation to the Fat Content and Composition of the Body: The Harvey Lecture, March 19, 1942. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 1942;18(9):561–585.
29. Brožek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1963;110(1):113–140. doi:10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x
30. Heymsfield SB, Wang Z-M, Gallagher D, Pietrobelli A. Multicomponent Models of Body Composition: An Overview. In: Pierson RN, editor. *Quality of the Body Cell Mass*. New York, NY: Springer; 2000. p. 33–47. (Serono Symposia USA). doi:10.1007/978-1-4612-2090-9_3
31. Siri WE. BODY COMPOSITION FROM FLUID SPACES AND DENSITY: ANALYSIS OF METHODS. 1956 Mar 19 [accessed 2020 Feb 11]. <https://escholarship.org/uc/item/6mh9f4nf>
32. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology*. 1921;4(3):223–230. doi:10.1002/ajpa.1330040302

33. Kuriyan R. Body composition techniques. *The Indian Journal of Medical Research*. 2018;148(5):648–658. doi:10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
34. Ribeiro G, Lopes A. Análise da Composição corporal: evolução histórica do modelo anatômico de análise tecidual. *RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2017;11(68):620–625.
35. Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1992;56(1):19–28. doi:10.1093/ajcn/56.1.19
36. Chumlea WM, Guo SS. Assessment and prevalence of obesity: application of new methods to a major problem. *Endocrine*. 2000;13(2):135–142.
37. Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, Reo NV, Baumgartner RN, Garry PJ, Wang J, Pierson RN, Heymsfield SB, Siervogel RM. Total body water reference values and prediction equations for adults. *Kidney International*. 2001;59(6):2250–2258. doi:10.1046/j.1523-1755.2001.00741.x
38. Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, Cameron Chumlea Wm. Body Composition Methods: Comparisons and Interpretation. *Journal of diabetes science and technology (Online)*. 2008;2(6):1139–1146.
39. Harstad TW, Buschang PH, Little BB, Santos-Ramos R, Twickler D, Brown CE. Ultrasound anthropometric reliability. *Journal of clinical ultrasound: JCU*. 1994;22(9):531–534.

40. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 1991;11(5):277–288.
41. Sant’Anna M de SL, Priore SE, Franceschini S do CC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Revista Paulista de Pediatria*. 2009;27(3):315–321. doi:10.1590/S0103-05822009000300013
42. Guedes DP, Calabrese JC, Pirolli PM. Use of different segmental multi-frequency bioelectrical impedance devices for analysis of body composition in young adults: comparison with bioelectrical spectroscopy. *Nutricion Hospitalaria*. 2019;36(3):618–625. doi:10.20960/nh.2376
43. Mourão PJM, Gonçalves FJM. A Avaliação da Composição Corporal: A Medição de Pregas Adiposas como Técnica para a Avaliação da Composição Corporal. *Motricidade*. 2008;4(4):13–21.
44. Rezende F, Rosado L, Franceschini S, Rosado G, Ribeiro R, Bouzas Marins JC. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2007;57(4):327–334.
45. Bichteler A, Gershoff ET. Identification of Children’s BMI Trajectories and Prediction from Weight Gain in Infancy. *Obesity*. 2018;26(6):1050–1056. doi:10.1002/oby.22177
46. Martins C. *Composição corporal e função muscular*. Curitiba: Metha; 2008.

47. Phyllis B. Eveleth, J.M. Tanner. *Worldwide Variation in Human Growth*. Cambridge University Press; 1976.
48. MAC A. Antropometria: aspectos históricos e visão crítica. 1991:11–25.
49. OMS. The WHO Child Growth Standards. WHO. 2006 [accessed 2018 Sep 13]. <http://www.who.int/childgrowth/en/>
50. Elbel B, Tamura K, McDermott ZT, Wu E, Schwartz AE. Childhood Obesity and the Food Environment: A Population-Based Sample of Public School Children in New York City. *Obesity (Silver Spring, Md.)*. 2020;28(1):65–72. doi:10.1002/oby.22663
51. Pagidipati NJ, Zheng Y, Green JB, McGuire DK, Mentz RJ, Shah S, Aschner P, Delibasi T, Rodbard HW, Westerhout CM, et al. Association of obesity with cardiovascular outcomes in patients with type 2 diabetes and cardiovascular disease: Insights from TECOS. *American Heart Journal*. 2020;219:47–57. doi:10.1016/j.ahj.2019.09.016
52. Walker BB, Shashank A, Gasevic D, Schuurman N, Poirier P, Teo K, Rangarajan S, Yusuf S, Lear SA. The Local Food Environment and Obesity: Evidence from Three Cities. *Obesity (Silver Spring, Md.)*. 2020;28(1):40–45. doi:10.1002/oby.22614
53. Kac G, Sichieri R, Gigante D. *Epidemiologia Nutricional*. 20^o. Fiocruz e Atheneu; 2007.
54. Silva SM, Mura J. *Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia*. São Paulo: Roca; 2007.

55. Leone C. Avaliação da condição nutricional. 2º. Rio Janeiro: Distúrbios da nutrição; 1998.
56. OMS. WHO Child Growth Standards: Methods and development: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. 2006 [accessed 2018 Aug 28]. http://www.who.int/childgrowth/standards/Technical_report.pdf?ua=1
57. Duarte AC. Avaliação Nutricional: aspectos clínicos e laboratoriais. São Paulo: Atheneu; 2007.
58. Adolphe Quetelet. Physique sociale: ou, Essai sur le développement des facultés de l'homme. 1869.
59. Araujo Rodrigues Gabbardo R, Boscaini C. Risco nutricional em pacientes adultos e idosos de um hospital do sul do Brasil. Sci. med. 2014 [accessed 2018 Sep 13];24(2). <http://revistaseletronicas.pucrs.br/scientiamedica/ojs/index.php/scientiamedica/article/view/16325/11489>
60. da Silva RA, Araújo M de S, Messias Machado LM, Martens IBG, Lourenço Costa VV. PERFIL NUTRICIONAL DE ADULTOS ATENDIDOS EM UMA AÇÃO EDUCATIVA, EM BELÉM, PARÁ. Revista Universo & Extensão. 2014 [accessed 2018 Sep 13];1(1). http://www.revistaeletronica.ufpa.br/index.php/universo_extensao/article/view/405
61. Oliveira JR de, Frutuoso MFP, Gambardella AMD. Associação entre maturação sexual, excesso de peso e adiposidade central em crianças e

adolescentes de duas escolas de São Paulo. *Journal of Human Growth and Development*. 2014;24(2):201–207.

62. Chiquete E, Ruiz-Sandoval JL, Ochoa-Guzmán A, Sánchez-Orozco LV, Lara-Zaragoza EB, Basaldúa N, Ruiz-Madrigal B, Martínez-López É, Román S, Godínez-Gutiérrez SA, et al. The Quételet index revisited in children and adults. *Endocrinología y Nutrición*. 2014;61(2):87–92. doi:10.1016/j.endonu.2013.06.001

63. Ronque ERV, Guariglia DA, Cyrino ES, Carvalho FO, Avelar A, Arruda M de. Composição corporal em crianças de sete a 10 anos de idade, de alto nível socioeconômico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13(6):366–370. doi:10.1590/S1517-86922007000600002

64. OMS. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. WHO. 1995 [accessed 2018 Sep 14]. http://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/en/

65. de Onis M, Garza G, Onyango AW, Martorell R. WHO Child Growth Standards. *Acta Paediatrica*; 2006.

66. de Onis M, Garza C, Victora CG, Onyango AW, Frongillo EA, Martines J. The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food and Nutrition Bulletin*. 2004;25(1 Suppl):S15-26. doi:10.1177/15648265040251S103

67. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*. 2007;85(9):660–667.

68. Butte NF, Garza C, de Onis M. Evaluation of the feasibility of international growth standards for school-aged children and adolescents. *The Journal of Nutrition*. 2007;137(1):153–157. doi:10.1093/jn/137.1.153
69. Hamill PV, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF. NCHS growth curves for children birth-18 years. United States. *Vital and Health Statistics. Series 11, Data from the National Health Survey*. 1977;(165):i–iv, 1–74.
70. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, Wei R, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital and Health Statistics. Series 11, Data from the National Health Survey*. 2002;(246):1–190.
71. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240. doi:10.1136/bmj.320.7244.1240
72. OMS. WHO | Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. WHO. 2007 [accessed 2018 Aug 22]. http://www.who.int/childgrowth/publications/growthref_who_bull/en/
73. Sigulem DM, Devincenzi MU, Lessa AC. Diagnóstico do estado nutricional da criança e do adolescente. 2000:10.
74. Atzler E, Lehmann G. Über ein Neues Verfahren zur Darstellung der Herztätigkeit (Dielektrographie). 1932;5(6):636–80.

75. Nyboer J. Electrical impedance plethysmography; a physical and physiologic approach to peripheral vascular study. *Circulation*. 1950;2(6):811–821.
76. Thomasset MA. [Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained]. *Lyon Medical*. 1962;94:107–118.
77. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of applied physiology*. 1969;27(4):531–534. doi:10.1152/jappl.1969.27.4.531
78. Kanai H, Haeno M, Sakamoto K. Electrical measurement of fluid distribution in legs and arms. *Medical Progress Through Technology*. 1987;12(3–4):159–170.
79. Chumlea WC, Baumgartner RN. Bioelectric impedance methods for the estimation of body composition. *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal Canadien Des Sciences Du Sport*. 1990;15(3):172–179.
80. Wan CS, Ward LC, Halim J, Gow ML, Ho M, Briody JN, Leung K, Cowell CT, Garnett SP. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition, and change in adiposity, in overweight and obese adolescents: comparison with dual-energy x-ray absorptiometry. *BMC pediatrics*. 2014;14:249. doi:10.1186/1471-2431-14-249
81. American Society for Clinical Nutrition. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. Proceedings of a National Institutes of Health Technology Assessment Conference. Bethesda, Maryland, December 12-14,

1994. *The American journal of clinical nutrition*. 1996;64(3 Suppl):387S-532S.
doi:10.1093/ajcn/64.3.387S

82. Wu YT, Nielsen DH, Cassady SL, Cook JS, Janz KF, Hansen JR. Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescents. *Physical Therapy*. 1993;73(5):320–328.

83. Lazzer S, Bedogni G, Agosti F, De Col A, Mornati D, Sartorio A. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. *The British Journal of Nutrition*. 2008;100(4):918–924.
doi:10.1017/S0007114508922558

84. Baumgartner RN. *Electrical Impedance and Total Body Electrical Conductivity*. 1996.

85. Demura S, Sato S, Kitabayashi T. Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analyzers. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 2004;23(3):93–99.

86. Shafer KJ, Siders WA, Johnson LK, Lukaski HC. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*. 2009;25(1):25–32. doi:10.1016/j.nut.2008.07.004

87. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gomez J, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior J-C, Pirlich M, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical*

nutrition (Edinburgh, Scotland). 2004;23(6):1430–1453.

doi:10.1016/j.clnu.2004.09.012

88. Mouad M, Matias CN, Santos DA, Teixeira VH, Sardinha LB, Silva AM. VALIDAÇÃO DA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA POR MULTIFREQUÊNCIA EM ATLETAS - DOI: <http://dx.doi.org/10.18511/0103-1716/rbcm.v23n1p48-57>. Revista Brasileira de Ciência e Movimento. 2015;23(1):48–57.

89. Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. The American Journal of Clinical Nutrition. 1996;64(3 Suppl):489S-497S. doi:10.1093/ajcn/64.3.489S

90. Baker LE. Principles of the impedance technique. IEEE engineering in medicine and biology magazine: the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society. 1989;8(1):11–15. doi:10.1109/51.32398

91. Schwan HP, Kay CF. The conductivity of living tissues. Annals of the New York Academy of Sciences. 1957;65(6):1007–1013. doi:10.1111/j.1749-6632.1957.tb36701.x

92. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. The American Journal of Clinical Nutrition. 1988;48(1):16–23. doi:10.1093/ajcn/48.1.16

93. Tanabe RF. Valores de referência do vetor de bioimpedância elétrica corporal total em lactentes e pré-escolares. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 2010.

94. Silva MM da, Carvalho RSM de, Freitas MB de. Bioimpedância para avaliação da composição corporal: uma proposta didático-experimental para estudantes da área da saúde. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2019 [accessed 2020 Mar 3];41(2). http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-11172019000200415&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. doi:10.1590/1806-9126-rbef-2018-0271
95. David S. Holder. *Electrical Impedance Tomography. Methods, History and Applications*. Bristol; 2005.
96. Research I of M (US) C on MN, Carlson-Newberry SJ, Costello RB. *Bioelectrical Impedance: A History, Research Issues, and Recent Consensus*. National Academies Press (US); 1997. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233766/>
97. Fornazari E, Los N, Stevan Jr S. *Bioimpedância: Introdução e utilizações de técnicas de bioimpedância*. 2017.
98. Małecká-Massalska T, Mlak R, Smolen A, Morshed K. Bioelectrical impedance phase angle and subjective global assessment in detecting malnutrition among newly diagnosed head and neck cancer patients. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2016;273(5):1299–1305. doi:10.1007/s00405-015-3626-5
99. Genton L, Norman K, Spoerri A, Pichard C, Karsegard VL, Herrmann FR, Graf CE. *Bioimpedance-Derived Phase Angle and Mortality Among Older*

People. Rejuvenation Research. 2017;20(2):118–124.
doi:10.1089/rej.2016.1879

100. Genton L, Herrmann FR, Spörri A, Graf CE. Association of mortality and phase angle measured by different bioelectrical impedance analysis (BIA) devices. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2018;37(3):1066–1069.
doi:10.1016/j.clnu.2017.03.023

101. Kovarik M, Hronek M, Zadak Z. Clinically relevant determinants of body composition, function and nutritional status as mortality predictors in lung cancer patients. *Lung Cancer (Amsterdam, Netherlands)*. 2014;84(1):1–6.
doi:10.1016/j.lungcan.2014.01.020

102. Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal*. 2008;7:26. doi:10.1186/1475-2891-7-26

103. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior J-C, Pirlich M, et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2004;23(5):1226–1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004

104. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2005;82(1):49–52.
doi:10.1093/ajcn.82.1.49

105. Dasgupta R, Anoop S, Samuel P, Kurian ME, Inbakumari M, Finney G, Thomas N. Bioimpedance analysis with a novel predictive equation - A reliable

technique to estimate fat free mass in birth weight based cohorts of Asian Indian males. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. 2019;13(1):738–742. doi:10.1016/j.dsx.2018.11.070

106. Hughes JT, Maple-Brown LJ, Piers LS, Meerkin J, O’Dea K, Ward LC. Development of a single-frequency bioimpedance prediction equation for fat-free mass in an adult Indigenous Australian population. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2015;69(1):28–33. doi:10.1038/ejcn.2014.54

107. Koury JC, Ribeiro MA, Massarani FA, Vieira F, Marini E. Fat-free mass in adolescent athletes: Accuracy of bioimpedance equations and identification of new predictive equations. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*. 2019;60:59–65. doi:10.1016/j.nut.2018.09.029

108. Noori N, Wald R, Sharma Parpia A, Goldstein MB. Volume Estimates in Chronic Hemodialysis Patients by the Watson Equation and Bioimpedance Spectroscopy and the Impact on the Kt/Vurea calculation. *Canadian Journal of Kidney Health and Disease*. 2018;5:2054358117750156. doi:10.1177/2054358117750156

109. Reiter R, Iglseider B, Treschnitzer W, Alzner R, Mayr-Pirker B, Kreutzer M, Pirich C, Kässmann H, Dovjak P, Reiss J. Quantifying appendicular muscle mass in geriatric inpatients: Performance of different single frequency BIA equations in comparison to dual X-ray absorptiometry. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2019;80:98–103. doi:10.1016/j.archger.2018.10.010

110. Souza MTP, Singer P, Ozorio GA, Rosa VM, Alves MMF, Mendoza López RV, Waitzberg DL. Resting energy expenditure and body composition in

patients with head and neck cancer: An observational study leading to a new predictive equation. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*. 2018;51–52:60–65. doi:10.1016/j.nut.2017.12.006

111. Guo SS, Chumlea WC, Cockram DB. Use of statistical methods to estimate body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1996;64(3 Suppl):428S-435S. doi:10.1093/ajcn/64.3.428S

112. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1986;14:325–357.

113. Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Howell WH. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1996;64(3 Suppl):436S-448S. doi:10.1093/ajcn/64.3.436S

114. Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 1985;58(5):1565–1571. doi:10.1152/jappl.1985.58.5.1565

115. Berneis K, Keller U. Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2000;19(5):361–366. doi:10.1054/clnu.2000.0133

116. Malina RM, Huang YC, Brown KH. Subcutaneous adipose tissue distribution in adolescent girls of four ethnic groups. *International Journal of*

Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity. 1995;19(11):793–797.

117. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L, Maggiore Q. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1995;61(2):269–270. doi:10.1093/ajcn/61.2.269

118. Savino F, Grasso G, Cresi F, Oggero R, Silvestro L. Bioelectrical impedance vector distribution in the first year of life. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*. 2003;19(6):492–496.

119. Heitmann BL, Kondrup J, Engelhart M, Kristensen JH, Pødenphant J, Høie H, Andersen V. Changes in fat free mass in overweight patients with rheumatoid arthritis on a weight reducing regimen. A comparison of eight different body composition methods. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1994;18(12):812–819.

120. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition*. 2002;18(2):153–167. doi:10.1016/S0899-9007(01)00665-7

121. Espinosa-Cuevas M de los Á, Rivas-Rodríguez L, González-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatraste P, Correa-Rotter R. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Revista de investigación clínica*. 2007;59(1):15–24.

122. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, Cavagnini F. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1998;22(2):97–104.
123. Oliveira Filho JM de, Bernardes PS, Serpa GHC, Siqueira GD de J, Noll M, Venâncio PEM, Soares V, Oliveira Filho JM de, Bernardes PS, Serpa GHC, et al. Análise vetorial por bioimpedância em adolescentes obesos. *Revista Paulista de Pediatria*. 2020 [accessed 2020 Sep 28];38. doi:10.1590/1984-0462/2020/38/2019017
124. Castizo-Olier J, Carrasco-Marginet M, Roy A, Chaverri D, Iglesias X, Pérez-Chirinos C, Rodríguez F, Iruña A. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) and Body Mass Changes in an Ultra-Endurance Triathlon Event. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2018;17(4):571–579.
125. Girma T, Kæstel P, Mølgaard C, Ritz C, Andersen GS, Michaelsen KF, Friis H, Wells JC. Utility of bio-electrical impedance vector analysis for monitoring treatment of severe acute malnutrition in children. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2020 Jun 24. doi:10.1016/j.clnu.2020.06.012
126. Wang ZM, Deurenberg P, Guo SS, Pietrobelli A, Wang J, Pierson RN, Heymsfield SB. Six-compartment body composition model: inter-method comparisons of total body fat measurement. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1998;22(4):329–337.

127. Lundberg M, Dickinson A, Nikander P, Orell H, Mäkitie A. Low-phase angle in body composition measurements correlates with prolonged hospital stay in head and neck cancer patients. *Acta Oto-Laryngologica*. 2019 Mar 22:1–5. doi:10.1080/00016489.2019.1566779
128. Kuchnia AJ, Teigen LM, Cole AJ, Mulasi U, Gonzalez MC, Heymsfield SB, Vock DM, Earthman CP. Phase Angle and Impedance Ratio: Reference Cut-Points From the United States National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2004 From Bioimpedance Spectroscopy Data. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2017;41(8):1310–1315. doi:10.1177/0148607116670378
129. Bosy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer R-P, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition*. 2006;30(4):309–316. doi:10.1177/0148607106030004309
130. Cederholm T, Barazzoni R, Austin P, Ballmer P, Biolo G, Bischoff SC, Compher C, Correia I, Higashiguchi T, Holst M, et al. ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2017;36(1):49–64. doi:10.1016/j.clnu.2016.09.004
131. Hui D, Dev R, Pimental L, Park M, Cerana MA, Liu D, Bruera E. Association Between Multi-frequency Phase Angle and Survival in Patients With Advanced Cancer. *Journal of Pain and Symptom Management*. 2017;53(3):571–577. doi:10.1016/j.jpainsymman.2016.09.016

132. Schulz K-H, Patra S, Spielmann H, Klapdor S, Schlüter K, van Eckert S. Physical condition, nutritional status, fatigue, and quality of life in oncological out-patients. *SAGE open medicine*. 2017;5:2050312117743674. doi:10.1177/2050312117743674
133. Cichoż-Lach H, Michalak A. A Comprehensive Review of Bioelectrical Impedance Analysis and Other Methods in the Assessment of Nutritional Status in Patients with Liver Cirrhosis. *Gastroenterology Research and Practice*. 2017;2017:6765856. doi:10.1155/2017/6765856
134. Jun M-H, Kim S, Ku B, Cho J, Kim K, Yoo H-R, Kim JU. Glucose-independent segmental phase angles from multi-frequency bioimpedance analysis to discriminate diabetes mellitus. *Scientific Reports*. 2018;8(1):648. doi:10.1038/s41598-017-18913-7
135. Barrea L, Macchia PE, Di Somma C, Napolitano M, Balato A, Falco A, Savanelli MC, Balato N, Colao A, Savastano S. Bioelectrical phase angle and psoriasis: a novel association with psoriasis severity, quality of life and metabolic syndrome. *Journal of Translational Medicine*. 2016;14(1):130. doi:10.1186/s12967-016-0889-6
136. Girma T, Kæstel P, Workeneh N, Mølgaard C, Eaton S, Andersen GS, Michaelsen KF, Friis H, Wells JCK. Bioimpedance index for measurement of total body water in severely malnourished children: Assessing the effect of nutritional oedema. *Clinical Nutrition*. 2016;35(3):713–717. doi:10.1016/j.clnu.2015.05.002

137. Marino LV, Meyer R, Johnson M, Newell C, Johnstone C, Magee A, Sykes K, Wootton SA, Pappachan JV. Bioimpedance spectroscopy measurements of phase angle and height for age are predictive of outcome in children following surgery for congenital heart disease. *Clinical Nutrition*. 2018;37(4):1430–1436. doi:10.1016/j.clnu.2017.06.020
138. Więch P, Dąbrowski M, Bazaliński D, Sałacińska I, Korczowski B, Binkowska-Bury M. Bioelectrical Impedance Phase Angle as an Indicator of Malnutrition in Hospitalized Children with Diagnose Inflammatory Bowel Diseases-A Case Control Study. *Nutrients*. 2018;10(4). doi:10.3390/nu10040499
139. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, Adams RJ, Aekplakorn W, Afsana K, Aguilar-Salinas CA, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*. 2017;390(10113):2627–2642. doi:10.1016/S0140-6736(17)32129-3
140. Dias PC, Henriques P, Anjos LA dos, Burlandy L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*. 2017 [accessed 2020 Oct 24];33(7). http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-311X2017000705001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. doi:10.1590/0102-311x00006016

141. Kumar S, Kaufman T. Childhood obesity. *Panminerva Medica*. 2018;60(4):200–212. doi:10.23736/S0031-0808.18.03557-7
142. Liberali R, Kupek E, Assis MAA de. Dietary Patterns and Childhood Obesity Risk: A Systematic Review. *Childhood Obesity*. 2019;16(2):70–85. doi:10.1089/chi.2019.0059
143. Morales Camacho WJ, Molina Díaz JM, Plata Ortiz S, Plata Ortiz JE, Morales Camacho MA, Calderón BP. Childhood obesity: Aetiology, comorbidities, and treatment. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2019;35(8):e3203. doi:10.1002/dmrr.3203
144. Pham TTP, Matsushita Y, Dinh LTK, Do TV, Nguyen TTT, Bui AT, Nguyen AQ, Kajio H. Prevalence and associated factors of overweight and obesity among schoolchildren in Hanoi, Vietnam. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1478. doi:10.1186/s12889-019-7823-9
145. dos Santos NF, de Lira PIC, Tavares FC de LP, Leal V de S, Oliveira JS, Pessoa JT, Cabral PC, Costa EC. OVERWEIGHT IN ADOLESCENTS: FOOD INSECURITY AND MULTIFACTORIALITY IN SEMIARID REGIONS OF PERNAMBUCO. *Revista Paulista de Pediatria*. 2019 [accessed 2020 Oct 20];38. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6909229/>. doi:10.1590/1984-0462/2020/38/2018177
146. Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan A, McGowan CJ, Wallace C, Imamura F, Mozaffarian D, Swinburn B, Ezzati M. The obesity transition: stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2019;7(3):231–240. doi:10.1016/S2213-8587(19)30026-9

147. Pereira IF da S, Andrade L de MB, Spyrides MHC, Lyra C de O, Pereira IF da S, Andrade L de MB, Spyrides MHC, Lyra C de O. Estado nutricional de menores de 5 anos de idade no Brasil: evidências da polarização epidemiológica nutricional. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2017;22(10):3341–3352. doi:10.1590/1413-812320172210.25242016
148. Ferreira VA, Magalhães R. Obesidade no Brasil: tendências atuais. *REVISTA PORTUGUESA DE SAÚDE PÚBLICA*. 2006;24:13.
149. WHO. Global database on child health and malnutrition. UNICEF- WHO- The World Bank: Joint child malnutrition estimates - Levels and trends. Geneva: WHO; 2019.
150. Brasil. Estudo nacional de despesa familiar- ENDEF. Dados preliminares: consumo alimentar - antropometria. Rio de Janeiro: IBGE; 1978.
151. Brasil. Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição, PNSN, 1989. Brasília: INAN; 1990.
152. Brasil. Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF 2008-2009 : Despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
153. Ministério da Saúde. SISVAN-Relatórios do Estado nutricional dos indivíduos acompanhados por período, fase do ciclo da vida e índice. 2020. <https://sisaps.saude.gov.br/sisvan/relatoriopublico/estadonutricional>
154. Cunha LM da, Pantoja M de S, Portella MB, Furlaneto IP, Lima AVM. Impacto negativo da obesidade sobre a qualidade de vida de crianças. *RBONE*

- Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento. 2018;12(70):231–238.

155. Friedemann C, Heneghan C, Mahtani K, Thompson M, Perera R, Ward AM. Cardiovascular disease risk in healthy children and its association with body mass index: systematic review and meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2012;345:e4759. doi:10.1136/bmj.e4759

156. Sorof J, Daniels S. Obesity hypertension in children: a problem of epidemic proportions. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*. 2002;40(4):441–447. doi:10.1161/01.hyp.0000032940.33466.12

157. Viitasalo A, Schnurr TM, Pitkänen N, Hollensted M, Nielsen TRH, Pahkala K, Atalay M, Lind MV, Heikkinen S, Frithioff-Bøjsøe C, et al. Abdominal adiposity and cardiometabolic risk factors in children and adolescents: a Mendelian randomization analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2019;110(5):1079–1087. doi:10.1093/ajcn/nqz187

158. Costa PR de F, Santana MLP de, Leite L de O, Damascena NF, Nepomuceno CMM, Barreto JRP da S, Kinra S, Assis AMO. Anthropometric status and lipid profile among children and adolescents: Changes after 18-month follow-up. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2020;35:167–173. doi:10.1016/j.clnesp.2019.10.004

159. Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, Allen K, Lopes M, Savoye M, Morrison J, et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *The New England Journal of Medicine*. 2004;350(23):2362–2374. doi:10.1056/NEJMoa031049

160. Chinali M, de Simone G, Roman MJ, Lee ET, Best LG, Howard BV, Devereux RB. Impact of obesity on cardiac geometry and function in a population of adolescents: the Strong Heart Study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(11):2267–2273. doi:10.1016/j.jacc.2006.03.004
161. Crowley DI, Khoury PR, Urbina EM, Ippisch HM, Kimball TR. Cardiovascular impact of the pediatric obesity epidemic: higher left ventricular mass is related to higher body mass index. *The Journal of Pediatrics*. 2011;158(5):709-714.e1. doi:10.1016/j.jpeds.2010.10.016
162. Kelsey MM, Zaepfel A, Bjornstad P, Nadeau KJ. Age-related consequences of childhood obesity. *Gerontology*. 2014;60(3):222–228. doi:10.1159/000356023
163. Ludwig DS. Childhood Obesity — The Shape of Things to Come. *New England Journal of Medicine*. 2007;357(23):2325–2327. doi:10.1056/NEJMp0706538
164. Malindretos P, Doumpali E, Mouselimi M, Papamichail N, Doumpali C, Sianaba O, Orfanaki G, Sioulis A. Childhood and parental obesity in the poorest district of Greece. *Hippokratia*. 2009;13(1):46–49.
165. Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, Seidel KD, Dietz WH. Predicting Obesity in Young Adulthood from Childhood and Parental Obesity. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM199709253371301>. 2009 Aug 20 [accessed 2019 Mar 27]. https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJM199709253371301?url_ver=Z39.88-

2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dwww.ncbi.nlm.nih.

gov. doi:10.1056/NEJM199709253371301

166. Martos-Moreno GÁ, Martínez-Villanueva J, González-Leal R, Chowen JA, Argente J. Sex, puberty, and ethnicity have a strong influence on growth and metabolic comorbidities in children and adolescents with obesity: Report on 1300 patients (the Madrid Cohort). *Pediatric Obesity*. 2019;14(12):e12565. doi:10.1111/ijpo.12565

167. Shulman GI. Cellular mechanisms of insulin resistance. *The Journal of Clinical Investigation*. 2000;106(2):171–176. doi:10.1172/JCI10583

168. Freedman DS, Srinivasan SR, Burke GL, Shear CL, Smoak CG, Harsha DW, Webber LS, Berenson GS. Relation of body fat distribution to hyperinsulinemia in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1987;46(3):403–410. doi:10.1093/ajcn/46.3.403

169. Le Stunff C, Bougnères P. Early changes in postprandial insulin secretion, not in insulin sensitivity, characterize juvenile obesity. *Diabetes*. 1994;43(5):696–702. doi:10.2337/diab.43.5.696

170. Sinha R, Fisch G, Teague B, Tamborlane WV, Banyas B, Allen K, Savoye M, Rieger V, Taksali S, Barbetta G, et al. Prevalence of Impaired Glucose Tolerance among Children and Adolescents with Marked Obesity. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa012578>. 2009 Oct 7 [accessed 2020 Feb 9]. https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa012578?url_ver=Z39.88-

2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dwww.ncbi.nlm.nih.gov. doi:10.1056/NEJMoa012578

171. Yanovski JA. Pediatric obesity. An introduction. *Appetite*. 2015;93:3–12. doi:10.1016/j.appet.2015.03.028

172. Bawaked RA, Fernández-Barrés S, Navarrete-Muñoz EM, González-Palacios S, Guxens M, Irizar A, Lertxundi A, Sunyer J, Vioque J, Schröder H, et al. Impact of lifestyle behaviors in early childhood on obesity and cardiometabolic risk in children: Results from the Spanish INMA birth cohort study. *Pediatric Obesity*. 2020;15(3):e12590. doi:10.1111/ijpo.12590

173. Brito MH de, Silva LNO da, Santos JA, Nunes KKR, Santos TF. Riscos da obesidade infantil: intervenção educacional da equipe multidisciplinar do projeto DANT. *ANAIS DO CBMFC*. 2013;0(12):949.

174. Gong Z, Han Z, Zhang H, Zhang G. Weight Status and School Bullying Experiences in Urban China: The Difference Between Boys and Girls: *Journal of Interpersonal Violence*. 2019 Oct 4 [accessed 2020 Oct 20]. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0886260519880170?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed. doi:10.1177/0886260519880170

175. Lian Q, Su Q, Li R, Elgar FJ, Liu Z, Zheng D. The association between chronic bullying victimization with weight status and body self-image: a cross-national study in 39 countries. *PeerJ*. 2018;6:e4330. doi:10.7717/peerj.4330

176. Puhl RM, Latner JD. Stigma, obesity, and the health of the nation's children. *Psychological Bulletin*. 2007;133(4):557–580. doi:10.1037/0033-2909.133.4.557

177. Nescolarde L, Núñez A, Bogónez-Franco P, Lara A, Vaillant G, Morales R, Rosell-Ferrer J. Reference values of the bioimpedance vector components in a Caribbean population. *e-SPEN Journal*. 2013;8(4):e141–e144. doi:10.1016/j.clnme.2013.04.004

9. Anexos

9.1 Anexo 1- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

Parecer Consubstanciado de Projeto de Pesquisa

Título do Projeto: Validação de protocolos clínicos para evidenciar marcadores prognósticos para o paciente pediátrico crítico

Pesquisador Responsável Zina Maria Almeida de Azevedo

Data da Versão 20/09/2009 Cadastro 250076 Data do Parecer 03/11/2009

Grupo e Área Temática I.1 Genética Humana

Objetivos do Projeto

Sumário do Projeto

Itens Metodológicos e Éticos	Situação
Título	Adequado
Autores	Adequados
Local de Origem na Instituição	Adequado
Projeto elaborado por patrocinador	Não
Aprovação no país de origem	Não necessita
Local de Realização	Própria instituição
Outras instituições envolvidas	Não
Condições para realização	Adequadas

Comentários sobre os itens de Identificação

Introdução	Adequada
------------	----------

Comentários sobre a Introdução

Objetivos	Adequados
-----------	-----------

Comentários sobre os Objetivos

Pacientes e Métodos	Situação
Delimitação	Adequado
Tamanho de amostra	Total NÃO Local
Cálculo do tamanho da amostra	Adequado
Participantes pertencentes a grupos especiais	Menores de 18 anos
Seleção equitativa dos indivíduos participantes	Adequada
Critérios de inclusão e exclusão	Adequados
Relação risco-benefício	Adequada
Uso de placebo	Não utiliza
Período de suspensão de uso de drogas (wash out)	Não utiliza
Monitoramento da segurança e dados	Adequado
Avaliação dos dados	Adequada - quantitativa
Privacidade e confidencialidade	Adequada
Termo de Consentimento	Adequado
Adequação às Normas e Diretrizes	Sim

Comentários sobre os itens de Pacientes e Métodos

Cronograma	Adequado
Data de início prevista	
Data de término prevista	
Orçamento	Adequado
Fonte de financiamento externa	Não

APROVADO

Válido Até 31/12/2010

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
 INSTITUTO FERNANDES FIGUEIRA - IFF/FIOCRUZ
 Telefone: 2552-6491 / 2554-1700 r. 1730

Página 1-2
 Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
 INSTITUTO FERNANDES FIGUEIRA - IFF/FIOCRUZ

9.2 Anexo 2- Parecer Consubstanciado do CEP

INSTITUTO FERNANDES
FIGUEIRA - IFF/ FIOCRUZ - RJ/
MS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Valores brutos da espectroscopia por bioimpedância elétrica na avaliação nutricional

Pesquisador: Eloane Gonçalves Ramos

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 18760719.0.0000.5269

Instituição Proponente: Instituto Fernandes Figueira - IFF/ FIOCRUZ - RJ/ MS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.802.366

Apresentação do Projeto:

As informações referentes à "Apresentação do Projeto", foram obtidas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1390907 de 30/12/2019).

*A bioimpedância elétrica (BI) e, mais recentemente, a espectroscopia por bioimpedância (ESBI) vem sendo amplamente utilizadas como

estimadores da composição corporal, em particular da massa magra e da água corporal total, intra e extracelular. A BI mede os parâmetros

resistência e reatância numa frequência única, usualmente 50kHz. A ESBI mede esses mesmos parâmetros em várias frequências na faixa entre

5kHz a 1000kHz. A partir do método da regressão linear, desenvolveram-se equações para a estimação da composição corporal a partir da

resistência e reatância. Tais equações são baseadas no princípio de que a distribuição hídrica nos tecidos humanos é homogênea e igual em todos

os indivíduos de mesmo sexo e faixa etária. Obviamente, nas situações em que esse princípio não é válido, tais como obesidade, doentes críticos e

distúrbios de hidratação, o método não apresenta bom desempenho. Os valores brutos da BI, resistência e reatância, vem sendo investigados e

relacionados com o estado nutricional e condições clínicas de crianças. Por utilizar informações em várias frequências, espera-se que os valores

Endereço: RUI BARBOSA, 716

Bairro: FLAMENGO

CEP: 22.250-020

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2554-1730

Fax: (21)2552-8491

E-mail: cepiff@iff.fiocruz.br

**INSTITUTO FERNANDES
FIGUEIRA - IFF/ FIOCRUZ - RJ/
MS**



Continuação do Parecer: 3.802.368

brutos da ESBI apresentem um melhor desempenho. O presente estudo se propõe a investigar a utilidade dos parâmetros brutos da ESBI na avaliação nutricional de crianças. O estabelecimento de um indicador de estimação da composição corporal confiável e simples de ser calculado como a bioimpedância elétrica é promissor, uma vez que permitirá a identificação de crianças que estão em risco nutricional."

Objetivo da Pesquisa:

As informações referentes aos "Objetivos do Projeto", foram obtidas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1390907 de 30/12/2019). "Avaliar a relação entre os valores brutos da ESBI e estado nutricional de crianças.

Objetivo Secundário:

- Descrever a população de estudo quanto aos aspectos demográficos e antropométricos.
- Descrever os valores brutos de bioimpedância monofrequencial por sexo e faixa etária.
- Descrever os valores brutos de ESBI por sexo e faixa etária.
- Avaliar a relação entre os valores brutos de bioimpedância monofrequencial e estado nutricional.
- Avaliar a relação entre os valores brutos de ESBI e o estado nutricional.
- Comparar bioimpedância monofrequencial e ESBI na sua relação com o estado nutricional."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

As informações referentes aos riscos e benefícios da emenda foram obtidas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_XXXXX de xx/xx/xxxx data).

"Riscos:

Os riscos relacionados ao estudo são algum desconforto na pele ao medir a dobra cutânea do braço, podendo ficar vermelha. A pele também poderá ficar vermelha após a retirada do sensor de bioimpedância. Mas voltará ao normal depois de algumas horas. Para reduzir os riscos serão tomadas todas as precauções necessárias para proteger a segurança pessoal do seu filho (a) durante todas as fases do presente estudo. A pessoa que medirá as dobras cutâneas usará sempre unhas curtas terá cuidado para não apertar a pele mais do que necessário. Também os sensores de bioimpedância serão retirados com cuidado para diminuir o risco de vermelhidão.

Benefícios:

As informações obtidas neste estudo poderão ser úteis para no futuro melhorar o tratamento de crianças com problemas nutricionais graves e crianças com doenças graves que precisem ser

Endereço: RUI BARBOSA, 716	CEP: 22.250-020
Bairro: FLAMENGO	
UF: RJ	Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2554-1730	Fax: (21)2552-8491
	E-mail: cepiff@iff.fiocruz.br

**INSTITUTO FERNANDES
FIGUEIRA - IFF/ FIOCRUZ - RJ/
MS**



Continuação do Parecer: 3.802.366

internadas em UTI. Pois permitirão dar um suporte nutricional mais adequado durante o acompanhamento dessas crianças.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

reformulações adequadas

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

carta de autorização da(s) chefia(s) de setor(es)/serviço(s) - cartas de anuências pendentes anexadas.

- TCLE - a parte de riscos e benefícios foi reestruturada de forma adequada. Há um pequeno erro na terceira linha da 2ª página "Para medir das dobras cutâneas" que acredito que seja medida das dobras ou medir as dobras...

Recomendações:

ajustar o TCLE

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

não há pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1390907.pdf	30/12/2019 16:12:05		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetocerto3.pdf	30/12/2019 16:10:33	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Cronograma	Cronograma2020.pdf	16/12/2019 14:29:06	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclecerto.pdf	16/12/2019 13:12:35	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Outros	zinaassinado.pdf	16/12/2019 12:49:22	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Parecer Anterior	apv.pdf	09/08/2019 16:02:13	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declarpesquisadores.pdf	29/07/2019 21:20:00	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Outros	cadastro.pdf	17/07/2019	Taísa Lisboa	Aceito

Endereço: RUI BARBOSA, 716

Bairro: FLAMENGO

CEP: 22.250-020

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2554-1730

Fax: (21)2552-8491

E-mail: cepiff@iff.fiocruz.br

INSTITUTO FERNANDES
FIGUEIRA - IFF/ FIOCRUZ - RJ/
MS



Continuação do Parecer: 3.802.368

Outros	cadastro.pdf	10:04:26	Montagner Gomes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracaotom.pdf	17/07/2019 09:57:30	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Folha de Rosto	frosto.pdf	17/07/2019 09:55:46	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	17/07/2019 09:53:23	Taísa Lisboa Montagner Gomes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 16 de Janeiro de 2020

Assinado por:

Ana Maria Aranha Magalhães Costa
(Coordenador(a))

Endereço: RUI BARBOSA, 716

9.3 Anexo 3- Autorização da Prefeitura para realização da pesquisa na creches



PREFEITURA
DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
Secretaria Municipal de Educação
Rua Afonso Cavalcanti nº 455, 3º andar, sala 301 – Cidade Nova, CEP: 20211-901
Telefones: 2503-2478 / 2503-2479
sme@pcrj.rj.gov.br


AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Sr(a) Coordenador(a) da E/SUBE/ 2ªCRE

Autorizamos **VANIA DE MATOS FONSECA**, do INSTITUTO FERNANDES FIGUEIRA, a realizar a pesquisa “**ESPECTROSCOPIA POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA COMO MARCADOR PROGNÓSTICO PEDIÁTRICO**”, de acordo com o parecer às fls. 22 do processo 07003348/2010, na C.M. RONALDO GAZOLLA, da Rede Pública do Sistema Municipal de Ensino, com validade para 2010/2011.

A pesquisadora se compromete a respeitar a rotina da escola e a divulgar os resultados da pesquisa à Coordenadoria de Educação, conforme a Portaria E/DGED Nº 41/2009.

Rio de Janeiro, 29 de novembro de 2010


Maria Cristina Faber de Castro
11100518-4



PREFEITURA
DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
Secretaria Municipal de Educação
Rua Afonso Cavalcanti nº 455, 3º andar, sala 301 – Cidade Nova, CEP: 20211-901
Telefones: 2503-2478 / 2503-2479
sme@pcrj.rj.gov.br

AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Sr(a) Coordenador(a) da E/SUBE/ 3ºCRE

Autorizamos **VANIA DE MATOS FONSECA**, do INSTITUTO FERNANDES FIGUEIRA, a realizar a pesquisa “ESPECTROSCOPIA POR BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA COMO MARCADOR PROGNÓSTICO PEDIÁTRICO”, de acordo com o parecer às fls. 22 do processo 07003348/2010, nas C.M. EMANUEL, ODETINHA VIDAL e ZÉ PRETINHO, da Rede Pública do Sistema Municipal de Ensino, com validade para 2010/2011.

A pesquisadora se compromete a respeitar a rotina da escola e a divulgar os resultados da pesquisa à Coordenadoria de Educação, conforme a Portaria E/DGED Nº 41/2009.

Rio de Janeiro, 29 de novembro de 2010


Maria Cristina Faber de Castro
11100818-4