**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE PUERICULTURA E PEDIATRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE**

Roseli Borges Donegá Toffano

**ANÁLISE VETORIAL DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA E ÂNGULO DE FASE EM
LACTENTES DE 30 A 90 DIAS DE IDADE A TERMO, ADEQUADOS PARA A
IDADE GESTACIONAL**

Ribeirão Preto

2011

ROSELI BORGES DONEGÁ TOFFANO

**ANÁLISE VETORIAL DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA E ÂNGULO DE FASE EM
LACTENTES DE 30 A 90 DIAS DE IDADE A TERMO, ADEQUADOS PARA A
IDADE GESTACIONAL**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade
de São Paulo, Departamento de
Puericultura e Pediatria, como
parte das exigências para
obtenção do título de mestre em
saúde da criança e do
adolescente.

Orientadora: Profa. Dra. Jacqueline Pontes Monteiro

Ribeirão Preto

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Toffano, Roseli Borges Donegá

Análise vetorial de impedância bioelétrica e ângulo de fase em lactentes de 30 a 90 dias de idade a termo, adequados para a idade gestacional, Ribeirão Preto, 2011.

85 p.: il.; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Saúde da criança e do adolescente.

Orientadora: Monteiro, Jacqueline Pontes.

1. Impedância bioelétrica. 2. Análise vetorial.
3. Ângulo de fase. 4. Lactentes. 5. Composição corporal.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Roseli Borges Donegá Toffano

Análise vetorial de impedância bioelétrica e ângulo de fase em lactentes de 30 a 90 dias de idade a termo, adequados para a idade gestacional

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente do Departamento de Puericultura e Pediatria da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre.

Área de Concentração: Saúde da Criança e do Adolescente

Aprovada em: ____/____/____

Banca examinadora

Presidente/Orientadora Prof. Dra. Jacqueline Pontes Monteiro

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP-USP)

Assinatura_____

Prof. Dr. Luiz Antonio Del Ciampo

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP – USP)

Assinatura: _____

Prof. Dr. Rosane Pilot Pessa Ribeiro

Instituição: Escola de Enfermagem Ribeirão Preto- (EERP – USP)

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a meu marido Robson que me compreendeu e, me acolheu durante todos os momentos de tristezas e alegrias, sem medir esforços para realização dos meus sonhos, que me ajudou a escolher os caminhos corretos, sempre lembrando-me de que devemos lutar pelo que queremos.

A ele devo a profissional e pessoa que me tornei, sou extremamente feliz e tenho muito orgulho por chamá-lo de meu esposo.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antônio e Terezinha, pelo carinho, apoio, segurança e incentivo em todos os momentos, já que me ensinaram a fazer as melhores escolhas e, me mostraram que a honestidade, o respeito e a humildade são essenciais.

A vocês, exemplo de garra, coragem e esperança, a quem tenho a honra de chamá-los de pai e mãe.

DEDICATÓRIA

Em especial, à minha orientadora, Prof. Dra. Jacqueline, por sua confiança, credibilidade e, pelo mútuo aprendizado de vida, durante nossa convivência, no campo profissional e particular.

A você, muito obrigada, por me fazer crescer como pessoa e profissionalmente, sempre me orientando com muita paciência, sabedoria e competência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha força eterna, onde eu sempre encontrei respostas para muitos dos meus problemas. Agradeço também por ter colocado em minha vida pessoas muito especiais.

Aos pais da minha orientadora Prof. Dra. Jacqueline Pontes Monteiro, pois sem eles não poderia conhecer um exemplo de pessoa, figura de grande importância que me orientou em todos os momentos e me auxiliou desde o início do desenvolvimento deste trabalho. Obrigada.

À Banca do Exame de Qualificação: Professor Doutor Luiz Antonio e Professor Doutor Anderson pela contribuição ao trabalho.

Aos Professores Doutor Luiz Antonio Del Ciampo e a Rosane Pilot Pessa Ribeiro pela receptividade e pelos comentários e sugestões feitos para a plena realização desta dissertação.

Aos meus filhos, pela paciência, dedicação, compreensão e por me fazerem sorrir quando o que eu queria era chorar, por tudo isso e muito mais amo vocês para sempre.

Às amigas Cristina, Lidiane, Virgínia, Marina, Maria Olímpia, Roberta e Mariana pela amizade, por todo apoio demonstrado e pelo incentivo nos momentos necessários, quando eu tinha alguma dificuldade eram vocês que me ouviam e aconselhavam sempre.

À amiga Ana Vitória pelo auxílio durante a análise de dados.

Em especial a minha querida amiga Rosário Unamuno que esteve sempre presente nas horas mais difíceis dessa minha trajetória. Obrigada por sua amizade, pelo seu apoio e incentivo em todos os momentos.

Aos funcionários do Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato, pela amizade e imprescindível ajuda durante a etapa de coleta de dados.

À equipe da secretaria da pediatria pela amizade e cooperação na realização deste trabalho.

À professora de português Maria do Socorro Senne pela revisão gramatical e ortográfica do texto.

À bibliotecária Márcia pelas correções bibliográficas.

Aos docentes do Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato, pelo consentimento à realização desta pesquisa.

Aos lactentes que participaram da pesquisa e a seus pais, que, por meio de sua colaboração, tornaram possível a realização deste trabalho.

RESUMO

Toffano, R. B. D. Análise vetorial de impedância bioelétrica e ângulo de fase em lactentes de 30 a 90 dias de idade a termo, adequados para a idade gestacional [dissertação]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2011.

Devido às dificuldades encontradas excessivas variabilidades de água no organismo do lactente, considera-se a análise vetorial de impedância bioelétrica (BIVA) um método propício para avaliação da composição corporal. Trata-se de um método que não faz nenhuma pressuposição sobre valores da composição corporal, podendo ser controlado por seus próprios valores, independente de equações ou modelos. Os objetivos deste estudo foram descrever valores de referência e criar curvas de BIVA para lactentes saudáveis de 30 a 90 dias de vida e descrever valores de normalidade de ângulo de fase em lactentes a termo, saudáveis e adequados para a idade gestacional de 30 a 90 dias de idade, além de comparar os dados de BIVA entre os sexos e entre os existentes na literatura para neonatos e lactentes jovens, com os obtidos neste estudo. Este estudo descritivo transversal avaliou 150 lactentes do Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato de Ribeirão Preto – SP - Brasil. Foram coletados dos lactentes os dados antropométricos e a impedância bioelétrica (aparelho de monofrequência RJL System® modelo Quantum II – 800 μ A e 50 KHz). Usando distribuição bivariável normal de resistência e reatância por comprimento (R/H e Xc/H) do lactente, respectivamente, foram calculados e assim confeccionados os gráficos RXc com os intervalos de tolerância de 95, 75, 50% do valor vetorial da impedância por meio do BIVA Software 2002. Foram avaliados 150 lactentes (48,6% do sexo feminino), nascidos a termo, adequados para idade gestacional e em aleitamento materno exclusivo. A idade média foi 56,4 ($\pm$ 23,1) dias. O peso médio encontrado foi de 5038,5g ($\pm$ 902,4), sendo maior no sexo masculino ($p = 0,001$). Quanto ao comprimento corporal, a média foi 56,0 cm ($\pm$ 0,03), sendo maior no sexo masculino ($p = 0,001$). As médias de R ($\pm$ DP) foram 521,2 ($\pm$ 52,1); 519,4 ($\pm$ 53,4) e 523,0 ($\pm$ 51,1) Ω , e para Xc foram 39,2 ($\pm$ 5,3); 38,6 ($\pm$ 5,5) e 39,7 ($\pm$ 4,9) Ω , respectivamente para todos os lactentes, e separados por sexo (meninos e meninas), não havendo diferença entre os sexos ($p = 0,6$) e ($p = 0,1$). Em relação ao ângulo de fase, encontrou-se o valor de normalidade de 4,3° ($\pm$ 0,7°) para todos os lactentes, 4,3° ($\pm$ 0,6°) para os do sexo masculino e 4,4° ($\pm$ 0,5°) para os do sexo feminino, não havendo diferença estatisticamente significativa ($p = 0,3$). Para a análise vetorial de lactentes de 30 a 90 dias de idade, devem ser utilizados os valores de referência específicos para esta faixa etária e sexo, pois estes se apresentaram diferentes dos descritos na literatura. Com o modelo de estudo BIVA torna-se possível a comparação direta do vetor medido na criança pequena ou com necessidade de cuidados especiais com os intervalos de tolerância de referência de lactentes saudáveis, permitindo uma avaliação qualitativa da composição corporal e sem erro de predição das fórmulas. Com os valores de ângulo de fase caracterizados no presente estudo para lactentes brasileiros saudáveis, de 30 a 90 dias de idade, dados de pacientes críticos podem ser comparados, sendo útil durante a internação e acompanhamento de pacientes graves.

Palavras-chave: impedância bioelétrica, análise vetorial, ângulo de fase, lactentes, composição corporal.

ABSTRACT

Toffano RBD. Bioelectrical impedance vector analysis and phase angle of term infants, appropriate-for-gestational age [dissertation]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2011.

Bioelectrical impedance vectorial analysis (BIVA) can be considered a favorable method for evaluation of the body composition, due to the difficulties in the early life and excessive variability of the amount of water in the organism of the infants. It is a method that doesn't make any presumption on values of the body composition, which can be controlled by their own values, with no need for validation based on gold standards, not depending on equations or models. The aims of the study are to establish reference values creating BIVA curves, and to establish reference values for phase angle in term infants, healthy and appropriate-for-gestational age (AGA), from 30 to 90 days of life. This study still intend to compare the data of BIVA between genders, among newborns and young infants, presented in the literature, and the ones obtained in this study. This transversal cohort study assessed healthy infants of a Community Centre for Social Medicine Vila Lobato, located in Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. Data of infants, anthropometry and bioelectrical impedance were collected (single-frequency – RJL System ® model Quantum II – 800 μ A and 50 KHz). Using bivariate normal distribution of R/H and Xc/H (resistance and reactance for infants length, respectively), graphs RXc with the 95, 75 and 50% tolerance intervals of the vectorial value of the impedance, were made through BIVA Software 2002. 150 infants were studied (48,6% girls), term, AGA, exclusively breastfed. The average age was 56,4 ($\pm$ 23,1) days, average weight was 5038,5g, higher in girls (p = 0,001), and the average length was 56,0 cm ($\pm$ 0,03), higher in girls (p = 0,001). The values of R ($\pm$ SD) were 521,2 ($\pm$ 52,1); 519,4 ($\pm$ 53,4) and 523,0 ($\pm$ 51,1) Ω and for Xc were 39,2 ($\pm$ 5,3); 38,6 ($\pm$ 5,5) e 39,7 ($\pm$ 4,9) Ω , respectively for all the infants, and boys and girls, with no difference between the genders (p = 0,6) and (p = 0,1). Regarding to the phase angle, we found normal value of 4,3° ($\pm$ 0,7°) for all the infants, 4,3° ($\pm$ 0,6°) for male and 4,4° ($\pm$ 0,5°) for female, without statistical difference (p = 0,36). For Bioelectrical Impedance Vector analysis of infants from 30 to 90 days of life, it would be interesting to use specific reference values for this age group and gender. BIVA model makes possible the direct comparison of the measured vector of the small children; still makes it possible for children needing special care, using the tolerance reference values of healthy infants. This comparison allows us a qualitative assessment of the body composition, with no need of equations. With the values of phase angle characterized in the present study for healthy Brazilian infants, from 30 to 90 days of life, critical patients data can be compared, being useful during the hospitalization due to severe illness.

Key words: bioelectrical impedance analysis, impedance vector phase angle, reference values, infants, body composition analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes modelos de avaliação da composição corporal para crianças.....	25
Figura 2 - Modelo gráfico RXc, contendo a elipse do intervalo de confiança.....	34
Figura 3 - Modelo gráfico RXc, contendo as elipses dos intervalos de tolerância de 95%, 75% 50% do valor vetorial da impedância.....	34
Figura 4 - Método gráfico RXc.....	35
Figura 5 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade.....	53
Figura 6 - Gráfico do z score da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade.....	54
Figura 7 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% dos lactentes do sexo masculino entre 30 e 90 dias de idade.....	55
Figura 8 - Gráfico do z score da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% de lactentes do sexo masculino entre 30 e 90 dias de idade.....	56
Figura 9 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% dos lactentes do sexo feminino entre 30 e 90 dias de idade.....	57
Figura 10 - Gráfico do z score da impedância com as elipses de tolerância de 50, 75 e 90% dos lactentes do sexo feminino entre 30 e 90 dias de idade.....	58
Figura 11 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de 95% de confiança dos lactentes estudados por sexo.....	59

Figura 12 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de 95% de confiança de crianças saudáveis.....	60
--	----

Figura 13 - Gráfico do vetor da impedância com as elipses de 95% de confiança de crianças saudáveis.....	61
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos lactentes por tipo de parto.....	46
Tabela 2 - Distribuição da classificação econômica das famílias dos lactentes – Critério Brasil	47
Tabela 3 - Distribuição da escolaridade materna dos lactentes.....	48
Tabela 4 - Distribuição da escolaridade paterna dos lactentes.....	48
Tabela 5 - Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão da idade gestacional, peso e comprimento de todos os lactentes e por sexo.....	49
Tabela 6 - Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão da idade gestacional, peso e comprimento no dia da realização de impedância bioelétrica de todos os lactentes e por sexo.....	50
Tabela 7 - Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão da Resistência (R), Resistência corrigida pelo comprimento corporal (R/H), Reactância (Xc) e Reactância corrigida pelo comprimento corporal (Xc/H) de corpo total de todos os lactentes e por sexo	51
Tabela 8 - Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão do Ângulo de fase dos lactentes e por sexo.....	51
Tabela 9 - Distribuição das características dos lactentes estudados e por sexo, e comparação destas com dados de crianças de 0 a 3,9 meses (Savino et al., 2003) e de crianças com 2 meses de idade (L'Abée et al., 2010), disponíveis na literatura. Os dados são expressos em média $\pm$ desvio-padrão.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Água Corporal Total
AEC	Água Extracelular
AF	Ângulo de Fase
BIA	Impedância Bioelétrica
BIVA	Análise Vetorial de Impedância Bioelétrica
C	Comprimento
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
DEXA	Dual-Energy X-Ray Absorptiometry
E/I	Estatura para Idade
GIG	Grande para Idade Gestacional
H	Estatura
IMC	Índice de Massa Corpórea
IP	Índice Ponderal
MCG	Massa Corporal Gorda
MLG	Massa Livre de Gordura
NCHS	National Center For Health Statistics
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Peso
PDA	Plestimografia por Deslocamento de Ar
P/E	Peso para Estatura
P/I	Peso para Idade
PC	Perímetro Cefálico
PIG	Pequeno para Idade Gestacional

R	Resistência
R/H	Resistência Corrigida pelo Comprimento Corporal
RCIU	Restrição do Crescimento Intra-uterino
RN	Recém-nascido
SEP	Subnutrição Energético-Proteica
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TOBEC	Total Body Electrical Conductivity
Xc	Reactância
Xc/H	Reactância Corrigida pelo Comprimento Corporal
Xc/H	Relação entre Reactância e Comprimento Corporal

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. Plestimografia por deslocamento de ar.....	26
1.2 Absorção de fótons por raios X duplos (DEXA – Dual - Energy X – Ray Absorptiometry).....	26
1.3 Condutividade Elétrica Corporal Total (TOBEC – Total Body Electrical Conductivity).....	27
1.4 Isótopos Estáveis.....	27
1.5 Impedância Bioelétrica.....	28
1.5.1 Análise Vetorial de Impedância Bioelétrica.....	32
1.5.1.1 Método Gráfico RXc.....	33
1.5.1.2 Ângulo de Fase.....	35
1.6 Importância Potencial da BIVA no Cuidado de Lactente.....	36
2. HIPÓTESE.....	38
3. OBJETIVOS.....	39
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	40
4.1 Casuística.....	40
4.1.1 Local de pesquisa e população de estudo.....	40
4.1.2 Delineamento da pesquisa.....	41
4.1.3 Questões éticas.....	43
4.1.4 Análise estatística.....	43
4.2 Métodos.....	43
4.2.1 Composição corporal e antropometria.....	44
5. RESULTADOS.....	46
5.1 População estudada.....	46
6. DISCUSSÃO.....	62

7. CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICES.....	79
ANEXO A.....	85

1. INTRODUÇÃO

A avaliação do crescimento permite conhecer a saúde, o estado nutricional de crianças (Sigulem et al., 2000) e identificar os distúrbios nutricionais, possibilitando uma intervenção adequada de forma a auxiliar na recuperação e manutenção do estado de saúde do indivíduo ou de uma comunidade (Mello, 2002). Para realizar uma boa avaliação nutricional utilizam-se a história clínica, parâmetros antropométricos, bioquímicos, composição corpórea e curvas de crescimento intrauterino e pós-natal. Dentre os parâmetros antropométricos destacam-se peso, comprimento, perímetros cefálico e braquial e dobras cutâneas segundo a idade e o sexo (Falcão; Cardoso, 2001).

A antropometria é definida como a ciência que se baseia na mensuração sistemática e análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano (ossos, músculos e tecido adiposo). Medidas corporais de peso, estatura e pregas cutâneas são coletadas com o propósito de verificar o crescimento e a distribuição da gordura corporal para serem comparadas com dados de referência (World Health Organization (WHO), 1995).

Os métodos antropométricos existentes apresentam suas limitações para realizar a avaliação nutricional, tanto para a criança saudável como para a portadora de doença crônica e, assim, deve-se levar em consideração qual método é capaz de melhor detectar o problema nutricional da população em estudo e/ou aqueles para os quais os pesquisadores tenham maior treinamento técnico (Sigulem et al., 2000). É importante considerar também os custos para sua utilização, o nível de habilidade pessoal requerido para aplicá-los adequadamente, o tempo necessário para executá-los, a receptividade por parte da população estudada, os possíveis riscos para a saúde, devendo ser de preferência pouco invasivos, simples e rápidos.

Devido à importância da influência que o estado nutricional exerce sobre o crescimento, os organismos internacionais de saúde, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), e nacionais, como o Ministério da Saúde (MS) e a Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP), preconizam o acompanhamento do crescimento como atividade de rotina na atenção à criança (World Health Organization (WHO), 1978, 1995).

Crescimento é o aumento do tamanho corporal e, portanto, ele cessa com o término do aumento da estatura (crescimento linear). De modo mais amplo, pode-se dizer que o crescimento do ser humano é um processo dinâmico e contínuo que ocorre desde a concepção até o final da vida, considerando-se os fenômenos de substituição e regeneração de tecidos e

órgãos, e é considerado como um dos melhores indicadores de saúde da criança (Ministério da Saúde, 2002).

Atualmente se aceita que o crescimento e o desenvolvimento da criança são condicionados pela herança genética (transmitida pelos pais, não pelo grupo étnico), mas que são fortemente influenciados pelo ambiente, não apenas fisicamente (clima e altitude), mas também socialmente, principalmente no que se refere às doenças e à nutrição (Zeferino et al., 2003).

O crescimento das crianças durante os dois primeiros anos de vida é caracterizado por rápidas transformações e necessidades nutricionais específicas, quando reflete mais a influência do meio ambiente materno (útero) que as influências genéticas e do meio ambiente externo (Barros et al., 1996).

O crescimento intrauterino fetal está ligado diretamente à oferta de oxigênio e nutrientes e é influenciado por fatores genéticos, que são mais importantes no início da gestação; além disso, a nutrição materna periconceptual também pode influenciar a qualidade do crescimento fetal (Brock, 2006; Gluckman, 1997). O conhecimento dos distúrbios que ocorrem no crescimento intrauterino (situações de restrição ou aceleração de crescimento fetal) e de suas causas permitiu relacioná-los a problemas de saúde futuros. Para detectar precocemente tais alterações, julga-se de fundamental importância a classificação da criança quanto à adequação nutricional.

O termo restrição de crescimento intrauterino (RCIU) é muito utilizado para esta classificação, indicando que a criança pequena para idade gestacional poderia ter sido maior, caso não houvesse fatores maternos ou fetais que prejudicassem o seu crescimento (Lubchenco et al., 1966). A definição de RCIU é dada em função do peso e da idade gestacional (IG) e refere-se à criança que se encontra abaixo do percentil 10 para sua IG, e é, portanto, considerada pequena para idade gestacional (PIG) (Lee et al., 2003). Com isso, passou a entender melhor a diferença entre criança com baixo peso ao nascer (devido a RCIU) e ter nascido prematura (definido exclusivamente pela idade gestacional).

Em se tratando do crescimento de crianças pré-termo e/ou com baixo peso para idade gestacional, é indicado utilizar curvas de crescimento fetal ou intrauterino, pelo menos até 24 meses de idade, quando então o pré-termo alcança valores similares aos nascidos a termo (Sigulem et al., 2000).

Curvas de crescimento intrauterino são expressões gráficas de valores de medidas antropométricas de uma população de referência (Soares, 2003). A importância da construção dessas curvas está relacionada à identificação das crianças que ao nascer apresentem desvio de

crescimento, tanto para mais como para menos, cuja condição predispõe à maior morbimortalidade em curto, médio e longo prazos.

A primeira curva de crescimento intrauterino e uma das mais conhecidas foi publicada por Lubchenco et al. (1966), e descreve uma população de 5.635 recém-nascidos americanos. Posteriormente surgiram as curvas canadenses de Usher e McLean (1969), a curva americana de Williams et al. (1982), e mais recentemente, a curva de Alexander et al. (1996), que se destaca pela inclusão de crianças com idade gestacional de 20 a 44 semanas. Atualmente é considerada a mais adequada para a avaliação de crescimento de crianças pré-termo.

Para a população brasileira, também existem curvas de crescimento intrauterino. Ramos (1983), em São Paulo, construiu uma curva utilizando dados de 1.852 nascidos vivos e únicos (entre 1979 e 1982), com idade gestacional entre 31 e 42 semanas, excluindo recém-nascidos com doenças que modificassem o crescimento intrauterino. Alguns anos depois foi apresentada a curva de Brenelli e Martins Filho (1992) de Campinas, que consideraram dados de nascidos vivos (abril de 1986 a dezembro de 1987) e únicos, com peso de nascimento igual ou maior que 500 gramas. Para esse estudo foram excluídos os portadores de malformações, filhos de mãe diabética, com síndrome hipertensiva na gravidez, com outras doenças crônicas e idade gestacional menor que 29 semanas.

Em 1995, Margotto publicou curvas construídas com dados de 4.413 nascidos vivos e únicos, com peso de nascimento igual ou maior que 500 gramas e idades gestacionais entre 29 e 44 semanas, nascidos entre julho de 1989 e março de 1991, no Paraná. Foram excluídas crianças que apresentaram fatores interferentes no crescimento fetal. Tavares (1998), no Rio de Janeiro, considerou 1.031 nascidos vivos e únicos do Serviço de Neonatologia da Maternidade do Hospital Universitário Antônio Pedro da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense de abril de 1992 a setembro de 1993 e também foram excluídos os neonatos portadores de alguma doença que alterasse o crescimento intrauterino.

Pela diversidade existente na literatura, Cruz et al. (2006), realizaram uma análise crítica de curvas de crescimento intrauterino comparando diversos pesos nas diferentes idades gestacionais, em populações distintas e discutiram sua real capacidade em aferir o crescimento de recém-nascidos. Foram selecionadas seis curvas de crescimento intrauterino que preencheram os critérios de inclusão, sendo duas americanas (Lubchenco et al., 1966; Alexander et al., 1996) e quatro brasileiras (Ramos, 1983; Brenelli; Martins Filho, 1992; Tavares, 1998; Margotto, 2001). A comparação das curvas, pelos percentis escolhidos, mostra que elas não são superponíveis e que as americanas, principalmente a de Alexander et al. (1996), apresentam parâmetros bem mais elevados que as brasileiras (Williams, 1975).

Para o acompanhamento do crescimento pós-natal, utilizam-se também curvas de crescimento de referência para classificar uma criança ou um conjunto de crianças como apresentando crescimento satisfatório ou insatisfatório.

A primeira curva de crescimento que obteve indicação para uso internacional foi desenvolvida pelo National Center for Health Statistics, 1997 (NCHS) e normalizada pelo Center for Disease Control and Prevention, 1978 (CDC), quando ficou conhecida como curva NCHS/OMS ou NCHS/CDC/OMS (Kuczmarski et al., 2002). Essa curva foi internacionalmente utilizada como referência para crianças e adolescentes de zero a 18 anos de idade. Entretanto, várias questões foram levantadas como: a amostra abordou crianças brancas de classe média; a alimentação predominante das crianças era com fórmulas lácteas, o peso e altura foram medidos apenas ao nascer, um, três, seis, nove, 12, 18 e 24 meses de idade, prejudicando o ajuste preciso das curvas (Kuczmarski et al., 2002).

O modelo estatístico utilizado na época é considerado atualmente obsoleto e inadequado. Com isso, no ano de 2000, o CDC publicou novas curvas de crescimento utilizando dados da curva de 1977. Foi introduzida a curva do Índice de Massa Corporal (IMC) para indivíduos de dois a 20 anos. O rigor metodológico ficou prejudicado para crianças com faixa etária menor. Mesmo assim, esta curva é recomendada pela OMS para o uso internacional (Kuczmarski et al., 2002).

Em 2006 a OMS empenhou-se em um estudo denominado Multicentre Growth Reference Study - MGRS (WHO Multicentre Growth Reference Study, 2006a, 2006b), que foi implantado entre 1997 e 2003, envolvendo regiões de todo o globo (Brasil, Gana, Índia, Noruega, Omã e Estados Unidos) (WHO Multicentre Growth Reference Study, 2006a, 2006b). As novas curvas tiveram como objetivo avaliar crianças cujas condições socio-econômicas, nutricionais e educacionais propiciassem que todo o seu potencial genético de crescimento fosse atingido. Além disso, as crianças amamentadas no seio cujas mães não eram fumantes foram consideradas como os verdadeiros padrões de normalidade (WHO Multicentre Growth Reference Study, 2006a, 2006b). Foi feito um estudo longitudinal, entre o nascimento e 24 meses de idade (visitas ao nascimento; 1, 2, 4, 6 semanas; mensais até um ano de idade e bimestrais até dois anos de idade), junto com um estudo transversal incluindo crianças entre 18 e 71 meses de idade (De Onis et al., 2004).

Contudo, existem outras medidas mais utilizadas que podem determinar a massa corporal, expressa pelo peso, o comprimento ou estatura, a composição corporal e as reservas de energia e proteínas, estimadas pelos principais tecidos moles superficiais: a gordura subcutânea e a massa muscular (Jelliffe, 1968).

O peso expressa a dimensão global da composição corporal (Yajnik et al., 2003), porém tem suas limitações, pois mede todos os compartimentos corporais juntamente, não especificando qual deles está alterado, sendo assim não é uma medida ideal para avaliar o crescimento. Dessa forma um valor de peso adequado não significa necessariamente um crescimento adequado, uma vez que outros fatores também podem refletir-se como a retenção de líquidos ou o depósito de gordura (Roje et al., 2004).

Apesar de não ser ideal, o peso é o parâmetro mais utilizado na avaliação nutricional; por ser confiável, relativamente fácil de ser aferido e está intimamente relacionado ao crescimento infantil. (Delgado et al., 2000; Ellis et al., 2010). Sabe-se que essa variável pode ser prejudicado por alguns fatores como o edema e a presença de malformações, com aumento ou redução das dimensões de partes do corpo, que podem afetar de forma relevante o peso da criança, independentemente dos aspectos nutricionais (Falcão; Cardoso, 2001). Além disso, a acurácia da medida pode ser prejudicada por equipamentos ligados ao corpo da criança, dificultando as interpretações de suas variações e os cálculos dos aportes protéico, energético e hídrico (Delgado et al., 2000). Dessa forma, a medida de peso isolada pode ser de pouco valor na avaliação do estado nutricional, principalmente em crianças gravemente enfermas.

A medida antropométrica utilizada para avaliar o crescimento infantil é a estatura ou comprimento (C). Nos lactentes a medida acurada deste parâmetro é mais difícil de ser obtida, pois exige técnica refinada e instrumental apropriado com extremidade cefálica fixa e podálica móvel. O posicionamento corporal é de fundamental importância, o que, torna necessária a ajuda de dois indivíduos: um que segure a cabeça do lactente e outro que posicione as pernas completamente estendidas na craveira ou antropômetro, instrumento que mede o comprimento de crianças até dois anos de idade. O uso dessa técnica isoladamente também não proporciona a informação máxima sobre o estado nutricional investigado, o que, por muitas vezes, torna difícil o seu uso em um indivíduo ou população em crescimento.

O perímetro cefálico (PC) é a medida mais importante para avaliar o crescimento da cabeça/cérebro de crianças nos primeiros três anos de vida (Zemel et al., 1997). Esse não é somente o período de maior crescimento, mas constitui o período em que o crescimento cerebral se completa quase que totalmente (83,6% no 1º ano de vida) (Macchiaverni; Barros, 1998), justificando, assim, a necessidade desta medição. Até os seis meses de idade, o PC tem relação direta com o tamanho do encéfalo, e o seu aumento proporcional indica crescimento adequado e melhor prognóstico neurológico. Espera-se crescimento de 1 cm por semana sendo, a primeira medida, normalmente realizada entre 6 e 12 horas de vida e necessitando de confirmação, 48 a 72 horas após, devido à acomodação dos ossos do crânio (Falcão, 2000). A

medida deve ser realizada com uma fita métrica de material não extensível e metálico, passada ao redor da cabeça observando os pontos de referência: glabella e occipício (Macchiaverni; Barros, 1998). Essa medida antropométrica é a menos afetada por uma nutrição inadequada e é a primeira a aumentar quando se atinge uma oferta proteico-calórica ideal (Falcão, 2000).

Além dos parâmetros antropométricos simples, as medidas combinadas ou relações antropométricas, que utilizam a comparação de medidas, permitem estipular a proporção de crescimento, são muito úteis para descrever a composição e a proporcionalidade corpórea e são mais acuradas que medidas isoladas para identificar a morbidade perinatal (Cardoso; Falcão, 2007).

Com os valores de peso e comprimento ou estatura corporais podem ser calculados três índices antropométricos: peso/idade (P/I), estatura/idade (E/I) e peso/estatura (P/E) (Victora et al., 1998). A vantagem desses referenciais de crescimento é que podem ser utilizados para identificar situações de emergência relacionadas à nutrição e alimentação; e como avaliação individual pode auxiliar no monitoramento e promoção do crescimento, na identificação do período adequado para introduzir a alimentação complementar ao leite materno, na avaliação da performance da lactação e também no diagnóstico da falta ou excesso de crescimento (Garza; De Onis, 1999).

A classificação do estado nutricional, elaborado por Gomes, modificado por Bengoa, em 1970 (Bezerra et al., 2005), utiliza o índice P/I e sexo em crianças de três meses a dois anos, mas não permite diferenciar entre subnutrição aguda e crônica. A classificação de Waterlow, outro índice recomendado pela OMS, combina P/E e E/I e permite identificar a gravidade e o tipo de subnutrição (Waterlow et al., 1977; Bezerra et al., 2005) e é preconizada para crianças de dois a dez anos de idade, porém não se aplica em lactentes. Outro índice que vigora até hoje para avaliação nutricional é a classificação da OMS, que pode ser empregada em crianças independente da idade e utiliza o P/E e E/I para identificar a subnutrição energético-proteica (SEP) moderada e grave a partir do escore z (Sigulem et al., 2000). Porém esta classificação é inadequada para ser utilizada em assistência primária, pois identifica apenas as formas moderadas e graves de subnutrição, o que impediria uma intervenção mais precoce junto às crianças com formas leves ou em risco nutricional.

Assim, no primeiro trimestre de vida, é recomendável considerar, para avaliação do estado nutricional, o aspecto clínico, vitalidade, movimentação, número de micções, evacuações e sono. Nessa fase, coloca-se como norma o ganho de peso médio de aproximadamente 25 a 30g/dia. Caso haja ganho de peso menor ou igual a 20g/dia, estabelece-se a situação de risco nutricional (Sigulem et al., 2000).

O índice de massa corporal (IMC) ou índice de Quetelet, que relaciona o peso com o quadrado do comprimento, é um importante marcador de obesidade e é utilizado rotineiramente na classificação de sobrepeso e obesidade na infância e adolescência (Brock; Falcão, 2008). Este índice pode ser empregado em indivíduos de zero a 18 anos e adultos (Karlberg et al., 2003).

A curva de IMC amplamente utilizada para lactentes é a da OMS (2006) (WHO Multicentre Growth Reference Study, 2006a, 2006b), que inclui crianças de zero a cinco anos de idade. Esta foi desenvolvida para substituir a referência internacional do NCHS – CDC 2000 (Kuczmarski et al., 2002). Recentemente, os autores Brock et al., (2008) disponibilizaram uma curva de percentis de IMC de recém-nascidos em diferentes idades gestacionais (29 a 42 semanas) para ambos os sexos.

O uso do IMC como indicador de adiposidade para lactentes hospitalizados é limitado, pois um baixo valor de IMC não indicará perda de gordura corporal, mas de massa magra (Sant’Anna et al., 2009). Portanto, outros métodos devem ser utilizados em crianças internadas em terapia intensiva para avaliar a sua composição corporal.

Os métodos para avaliação da composição corporal permitem caracterizar os diferentes compartimentos. O modelo clássico mais usado é o que divide o peso corporal em dois compartimentos: massa gorda (MG) e massa livre de gordura (MLG). Entretanto, modelos mais avançados de múltiplos compartimentos dividem a MLG em vários componentes (Figura 1) (Ellis, 2007).

Figura 1 - Diferentes modelos de avaliação da composição corporal para crianças.
Fonte: ELLIS, 2007.

O modelo de dois compartimentos, no qual se baseiam muitos métodos de composição corporal, assume que, assim como na gordura corporal, todos os elementos que compõem a MLG (predominantemente água, proteínas e minerais) encontram-se nas mesmas proporções para todos os indivíduos (Kamimura et al., 2004). Apesar de ser simples e o mais utilizado, não é considerado o método mais correto na infância, dado que, nessa faixa etária, a composição da MLG varia com a idade e o sexo (Ellis, 2010).

Os modelos mais avançados de múltiplos compartimentos dividem a massa livre de gordura em seus vários componentes. Estes variam de um agrupamento baseado em moléculas simples a aquelas de função metabólica e estrutura anatômica (Ellis, 2007).

O modelo nutricional divide a MLG em vários compartimentos, como água, proteínas e minerais. Para o modelo metabólico, a MLG é definida em termos de seus tecidos metabolicamente ativos, chamados de massa celular corporal (MCC), água e sólidos (consistindo principalmente de osso) extracelulares, e no modelo anatômico, como o nome diz, divide o corpo pelo papel funcional dos tecidos (Ellis, 2007).

A maioria desses métodos não permite medir a gordura corporal diretamente, tornando-se necessário estimar a MG por meio de cálculos matemáticos, subtraindo a MLG do peso corporal do indivíduo que está sendo avaliado.

Existem diversos métodos para avaliação da composição corporal que são baseados em medidas de volume e densidade corporal, medida mineral óssea e de água corporal:

- Pletismografia por deslocamento de ar;
- Absorção de fótons por raios X duplos;
- Condutividade Elétrica Corporal Total;
- Isótopos Estáveis;
- Impedância Bioelétrica (Análise Vetorial de Impedância Bioelétrica, Método Gráfico BIVA e Ângulo de Fase).

1.1. Pletismografia por deslocamento de ar (PDA)

A pletismografia por deslocamento de ar (PDA) mede o volume de ar deslocado pelo corpo dentro de uma câmara fechada denominada pletismógrafo (Fields et al., 2002). O BOD PAD é um pletismógrafo indicado para adultos e crianças a partir de cinco anos de idade. Para avaliar crianças com seis meses de idade existe o PEA POD, porém este se limita a um peso máximo até o percentil 95, e não existe instrumento para avaliar lactentes com intervalos de seis meses a cinco anos (Ellis, 2007).

As vantagens desse método são a portabilidade, uso rápido e fácil, depende menos da cooperação do avaliado e menor duração (três a cinco minutos contra 30 a 60 minutos da pesagem hidrostática) (Ellis, 2007). Demerath et al. (2002) mostrou que a pletismografia pode ser utilizada para avaliar a composição corporal em crianças, em substituição à pesagem hidrostática e à hidrometria por ser menos invasiva e depender em menor escala da cooperação do avaliado. O método PDA é promissor para o monitoramento rotineiro de mudanças na composição corporal na primeira infância e até mesmo para pré-termos saudáveis e lactentes a termo (Ellis, 2007).

1.2 Absorção de fótons por raios X duplos (DEXA - *Dual-Energy X-Ray Absorptiometry*)

Essa técnica utiliza um aparelho que emite dois feixes de raios X de uma fonte que os converte em picos fotoelétricos de baixa e alta energia que atravessam o corpo (Testolin et al., 2000). A atenuação desses raios provocada pelos diferentes tecidos do indivíduo é então medida pelo escâner do aparelho que realiza movimentos seriados emitindo fótons a cada um centímetro. Nessa técnica o indivíduo permanece em posição supina sobre a superfície do

aparelho e em repouso absoluto (Gotfredsen et al., 1986). É baseada em um modelo de dois compartimentos: tecidos moles e ósseos. Contudo, permite inferir a composição corporal relativa a três componentes: MLG, MG e mineral óssea (Laskey; Phil, 1996), podendo ser aplicada em intervenções clínicas com exposição mínima de radiação em crianças. Esse método é não invasivo, considerado seguro e confiável e que tem se revelado como referência para análise de composição corporal.

Porém, trata-se de método de custo elevado e que requer tempo para a realização do avaliado. Sua aplicação em crianças pode estar dificultada pela necessidade de imobilização e pelo fato de que a criança pode se mover durante a avaliação, portanto, será necessário realizar a avaliação no momento em que esta criança estiver dormindo, ou segurada firmemente e embrulhada em uma fralda (Ellis, 2007). Além disso, a acurácia dos resultados, especialmente para crianças, tem sido questionada (Koo et al., 2004).

1.3. Condutividade Elétrica Corporal Total (TOBEC - *Total Body Electrical Conductivity*)

TOBEC é um método baseado em propriedades elétricas dos tecidos livres de gorduras. Foi desenvolvido para medir a composição corporal, por meio da condutividade elétrica do corpo que é envolvido por um cilindro eletromagnético. A medida é baseada na mudança de energia do cilindro com a passagem do corpo pelo campo magnético (Lohman, 1992).

Para se efetuar a medição, a criança é despida e envolvida em papel para garantir que os membros permaneçam completamente estendidos e paralelos ao eixo principal do corpo e para restringir os movimentos (Bruin et al., 1995; Butte et al., 1999). A criança é depois colocada na posição supina na plataforma do equipamento que desliza para o interior de um cilindro. Em aproximadamente 10 segundos, são realizadas 10 leituras de condutividade, as quais estimam a massa magra do corpo (Cochran et al., 1986; Butte et al., 1999).

É um método confiável, rápido, não invasivo e independe do grau de hidratação da MLG. Serve para crianças e adultos, porém, apresenta como limitações a elevada sensibilidade do aparelho a variações da temperatura ambiente e da temperatura do corpo.

1.4. Isótopos estáveis

O método da diluição de isótopos é o mais simples e utilizado para medir a água corporal total (ACT) em crianças. Assim, se a água do corpo pode ser mensurada e a relação da água

corporal total com a MLG é conhecida, a MG pode então ser calculada. Esse método mede a ACT com o uso de isótopos estáveis de deutério (D_2O) ou oxigênio 18 ($H_2^{18}O$) (Sant'Anna et al., 2009). Uma pequena quantidade de água marcada com deutério ou ^{18}O , ambos não radioativos, é administrada oralmente para a criança. Amostras de urina e saliva são coletadas antes da dose oral e por várias horas, após a dose, e são analisadas pelo método de Espectrometria de Massa por Razão Isotópica de Gases.

Essa abordagem é razoavelmente consistente para adultos saudáveis porque a hidratação dos tecidos magros é relativamente constante para essas idades. No entanto, para lactentes e crianças, a hidratação da MLG não é constante, diminui imediatamente após o nascimento e continua mostrando declínios ao longo da infância, sendo assim, crianças doentes podem ter flutuações irregulares na água corporal. Por esse motivo, os resultados obtidos com os diversos métodos baseados em medidas diretas e indiretas de água corporal, juntamente com o uso do modelo de dois compartimentos, devem ser interpretados com alguma cautela (Ellis, 2007).

Essa técnica é de grande relevância e precisão, embora a complexidade somada ao custo financeiro, a limite como uso de rotina.

1.5. Impedância Bioelétrica (BIA)

Impedância é a oposição ao fluxo de corrente elétrica alternada empregada sobre um corpo. Luigi Galvani (1797) foi o pioneiro em relação aos conceitos de eletrofisiologia. Em 1888, Vigouros, publicou a primeira referência sobre impedância (literatura médica), identificou doenças com baixa impedância, tais como febre, astenia, epilepsia e outras com alta impedância, como bócio (Piccolino, 1997), mas somente em 1940 correlacionaram-se a impedância com o compartimento hídrico do tecido humano (Schoeller, 1996).

Thomasset (1962) desenvolveu o primeiro método com dois eletrodos, sendo cada um inserido na via subcutânea por meio de agulhas. Em 1965, Thomasset sugeriu que o corpo humano poderia ser considerado uma combinação de resistores e capacitores alinhados de forma paralela e seriada e, posteriormente, mostrou uma correlação significativa entre o volume de água extracelular obtido pelo método de diluição com brometo e a impedância com frequência mínima (1kHz) de corrente alternada, em indivíduos normais e pacientes edemaciados (Pupim et al., 2000). Hoffer et al. (1969) e Nyboer (1970), utilizaram outro método com quatro eletrodos-superfície (Jenin et al., 1975). Contudo, em 1986, a impedância foi realmente validada por Kushner e Schoeller (1986), por meio da correlação dos resultados obtidos com método padronizado (diluição de óxido de deutério) (Pupim et al., 2000).

A base racional do método é que somente a água pode conduzir eletricidade no corpo (Tang et al., 1997), sendo o tecido gorduroso e o ósseo maus condutores. Portanto, impedância é a medida de condução elétrica iônica dos tecidos moles (Kushner, 1992).

A BIA baseia-se no princípio de que a impedância de um condutor está relacionada ao seu comprimento, à área seccional e à frequência da corrente elétrica aplicada sobre ele. Um cilindro contendo fluido no seu interior é um modelo prático para explicar a impedância. Se uma corrente elétrica alternada é aplicada ao cilindro, o conteúdo (fluidos) vai contrapor-se a essa corrente, o que será medido como resistência (Nyboer, 1970).

Sabendo-se o comprimento e o diâmetro do cilindro, a resistência refletirá o volume do conteúdo deste cilindro. O corpo humano assemelha-se a cilindros conectados em série, com um comprimento definido (estatura) e um diâmetro constante. Os componentes do corpo humano apresentam diferentes propriedades de condutividade. A massa magra corporal, composta por fluidos intracelulares e eletrólitos, apresenta maior condutividade que a massa de gordura corporal. (Hoffer et al., 1969; Kushner; Schoeller, 1986).

A BIA mede parâmetros elétricos (resistência e a reactância), que são convertidos em volume estimado baseado em princípios do volume condutor (Ferreira; Souza, 2004). Para um sinal de frequência constante, a impedância elétrica do condutor (expressa em Ω - Ohm) é proporcional à impedância específica ($\Omega.m$) multiplicada pelo comprimento (m) e dividida pela área de um corte transversal (m^2) do condutor. A estatura do indivíduo (H) é usada como medida do comprimento do condutor humano (Kushner, 1992).

Em qualquer dada frequência e configuração, a impedância de um simples sistema geométrico é uma função do comprimento condutor e da área do corte transversal. A teoria elétrica sugere que a corrente na mais alta frequência passa pelos fluidos extra e intracelular e então provê um índice de ACT (Tang et al., 1997).

A reactância e a resistência são medidas em diferentes frequências, porém a BIA de frequência única (50 kHz) é a mais utilizada. A bioimpedância de frequência única permite estimar a quantidade de água corporal total (ACT) e a MLG em crianças e adultos, mas não permite inferir acerca das quantidades de água intra e extracelular (Baumgartner, 1996; Kyle, 2004a).

A BIA de múltipla frequência utiliza o modelo de regressão linear e inclui impedâncias de diferentes frequências (0, 1, 5, 50, 100, 200, 500, até 1300 kHz), para avaliar massa livre de gordura, água corporal total, intracelular e extracelular e é mais precisa em indivíduos gravemente doentes (Kyle et al., 2004a). Essa técnica é sensível a alterações da quantidade

de água intracelular e, por esse motivo, não é indicada para estimar quantidade de MLG corporal na presença de alteração do estado de hidratação.

A bioimpedância segmentada estima a composição corporal pela passagem de corrente na parte superior do corpo ou na parte inferior. Essa técnica foi desenvolvida para superar incoerências entre resistência (R) e massa corporal do tronco e é mais indicada para avaliar alterações e distribuição de líquidos corporais em pacientes cirúrgicos com ascite, insuficiência renal, e também para avaliar o acúmulo de líquidos pulmonar, abdominal e na região do tronco. Os eletrodos são colocados mão a mão ou pé a pé respectivamente e a corrente elétrica passa ao longo de todo o corpo e determina impedância dos diferentes tecidos corporais, fornecendo assim, uma estimativa da quantidade de ACT (Demura et al., 2004; Dittamar, 2004).

No entanto, os valores de impedância encontrados na BIA de frequência fixa de 50 KHz são muito similares aos produzidos nas de multifrequências (Kyle e tal., 2004a). Sua aplicação em Pediatria, bem como na obesidade e na subnutrição, revela-se viável, embora demandando, algumas vezes, equações ajustadas para a população-alvo (Davies et al., 1993). No estudo realizado por Tang et al. (1997), a melhor medida de resistência foi a obtida pela frequência fixa de 50KHz, embora tenha havido pequena diferença quando comparada com a de multifrequência de 500 KHz. Não foi tecnicamente possível predizer a água corporal total usando os valores de resistência obtidos na frequência maior que 50 KHz (500, 250 e 100 KHz).

O corpo oferece, portanto, dois tipos de “R” para corrente elétrica: capacitância Xc (reactância) e resistência R (resistência). As membranas celulares respondem pela capacitância e os líquidos extra e intracelulares, pela resistência. A impedância é o termo usado para descrever a combinação entre resistência e reactância (Kyle et al., 2004a).

A reactância reflete elementos capacitores do corpo como as membranas celulares, estando diretamente relacionada à integridade das membranas e altos valores refletem uma membrana celular saudável (Scheltinga et al., 1991).

Portanto, a resistência é a oposição ao fluxo de uma corrente elétrica por meio de soluções iônicas do meio intra e extracelular, representado pela parte real de Z (impedância). A reactância é a capacitância produzida pelas membranas celulares e interfaces teciduais representada pela parte imaginária de Z (impedância) (Piccoli et al., 2002). Portanto, o valor da impedância pode ser expresso pela seguinte equação:

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

As membranas celulares agem como pequenos capacitores e, portanto, oferecem uma resistência reativa (reactância) à passagem de corrente (Tang et al., 1997). A medida da resistência é convertida em uma massa livre de gordura estimada e usada no modelo de dois compartimentos para calcular a MG (Ellis, 2007). A corrente elétrica utilizada pela BIA pode ser emitida em frequência simples ou por multifrequência (Kyle et al., 2004a).

Segundo Kyle (2004a), o uso desse método tem aumentado por ser seguro, não invasivo, de baixo custo e fácil de transportar, o que faz com que seja utilizado em diversas situações, como: diferentes idades, pesos corporais e estados de saúde. As maiores restrições ao método referem-se à sua aplicabilidade em casos com acentuados aumentos dos espaços hídricos tais como edemas, quando o método pode ser pouco preciso em sua análise.

Para realizar a avaliação, o local de aplicação deve ser higienizado com álcool para a retirada do excesso de gordura da pele e, em seguida, dois eletrodos aderentes são colocados no pé e na mão. O sujeito deve ser colocado em posição supina, com os membros superiores sem tocar o corpo e sem os membros inferiores se tocando entre si. Por meio de um sistema tetrapolar, eletrodos-sensoriais (proximais) serão posicionados sobre a superfície dorsal do punho e do tornozelo e eletrodos-fonte (distais) na base das articulações metacarpofalângicas da mão e metatarsofalângicas do pé, todos no hemicorpo, tal como referido por Kyle (2004b). Uma corrente elétrica é aplicada ao paciente por meio de eletrodos distais (dedos) e a queda de voltagem detectada nos eletrodos proximais, gera a impedância. Assim, resistência e reactância são medidas conforme a corrente atravessa os diferentes compartimentos do corpo. A corrente com elevada frequência atravessa o espaço intracelular e a com baixa frequência, o espaço extracelular.

Isoladamente, os valores fornecidos pelas medidas de resistência e reactância, que caracterizam a BIA, não permitem a avaliação direta da ACT, dos compartimentos da MG e da MLG. Assim, há necessidade de mais estudos de correlação e regressão entre os valores de BIA e padrões-ouro, como a diluição de isótopos estáveis (deutério e água duplamente marcada com deutério e oxigênio 18). Tais estudos geram equações de regressão, linear ou não, que validam a BIA como método de avaliação de composição corporal de dois compartimentos (Loftin et al., 2007). Para estimar com exatidão os compartimentos corporais, é necessário que as equações preditivas de BIA sejam validadas para uma população de estudo de acordo com a idade, o sexo e etnia. Porém, essas equações podem não ser totalmente acuradas em lactentes e em situações de balanço hídrico positivo.

Para análise da água corporal total, extra e intracelular, as equações convencionais da BIA não são suficientemente precisas quando há alteração do estado de hidratação. A alteração eletrolítica exerce influência na BIA. Além disso, não permite avaliar com precisão a água corporal total e extracelular quando há alterações agudas da quantidade de líquido corporal (De Palo et al., 2000). Portanto, fatores como ingestão de alimentos, exercício físico intenso realizado antes do teste, retenção hídrica, certos períodos do ciclo menstrual e menopausa devem ser avaliados, se for o caso. Sabe-se, também, que a temperatura ambiente do corpo, a obesidade e o desequilíbrio dos fluidos e eletrólitos dos compartimentos corporais podem prejudicar a acurácia do teste (Dehghan; Merchant, 2008).

Portanto, o desenvolvimento das equações de regressão para BIA, específicas para diferentes populações doentes (adultos e crianças), é crucial e irá aumentar a acurácia e a confiabilidade desta técnica, podendo ser utilizada como método útil de monitorização do estado nutricional em longo prazo, terapia nutricional e detecção precoce de perdas de massa magra e de gordura corporal (Pupim et al., 2000).

A avaliação da água corporal total (ACT) representa uma tarefa desafiadora em crianças, especialmente quando a alteração da distribuição de fluidos está presente (síndrome nefrótica, desidratação, insuficiência renal crônica) durante os primeiros meses de vida, quando acúmulo de líquido pode ser interpretado como crescimento rápido. Do ponto de vista clínico, o edema não é geralmente detectável até que o volume do líquido intersticial apresente um aumento cerca de 30% acima do normal, por outro lado, desidratação grave pode ser visível com o mínimo de sinais clínicos (Bozzetto et al., 2010). Dessa forma é necessário que as suposições equacionais para BIA convencional sejam superadas.

1.5.1. Análise Vetorial de Impedância Bioelétrica

A análise vetorial de impedância bioelétrica (BIVA) permite avaliar o paciente por medidas diretas de impedância vetorial sem conhecimento anterior do peso corporal (Piccoli et al., 2002), não depende de equações ou modelos, pois somente é afetada pelo erro de medidas da impedância e por variáveis biológicas dos indivíduos. Sua análise pode ser alterada de acordo com a variabilidade biológica do indivíduo. Na BIVA, resistência (R) e reactância (Xc), corrigidas pela estatura (H), são ponteadas como pontos vetoriais no plano R-Xc, formando um gráfico (Kyle et al., 2004a).

A relação entre reactância e resistência reflete diferentes propriedades elétricas dos tecidos que são afetados em diversos caminhos por doenças, estado nutricional e hidratação

(Kyle et al., 2004a). Quando os dados do indivíduo analisado são ponteados em gráfico, após serem corrigidos para estatura, diferentes condições aparecem para formar grupos distintos, como proposto por Piccoli et al., em 1994.

A impedância corporal, representada pela impedância vetorial Z , é a combinação R e X_c por meio dos tecidos. O arco tangente de X_c/R é chamado de ângulo de fase (a diferença de fase entre voltagem e corrente, determinada pelo componente reativo de Z) (De Palo et al., 2000).

A necessidade da BIA convencional pode ser superada usando a BIVA, que utiliza o enredo de medidas diretas dos componentes do vetor R e X_c do indivíduo analisado (gráfico RX_c) (Piccoli et al., 1994).

A BIVA pode contribuir no monitoramento do balanço de fluidos, bem como nas alterações da água corporal extra e intracelular que, em última instância, têm repercussões tanto nutricionais, quanto clínicas. Porém, são poucos os estudos que apresentem gráficos da BIVA em lactentes na faixa etária dos 30 aos 90 meses.

1.5.1.1. Método gráfico RX_c

O gráfico RX_c é confeccionado a partir das medidas diretas vetoriais da BIVA (R e X_c) do indivíduo avaliado. Essas medidas de impedância (R e X_c) são padronizadas pelo comprimento dos lactentes e são ponteadas como bivariáveis vetoriais com seus intervalos de confiança e tolerância, que são elipses no plano RX_c (Piccoli et al., 1994).

O método do gráfico RX_c é baseado na análise da distribuição bivariável da impedância vetorial em uma população saudável. De acordo com esse método, as medidas de impedância são padronizadas pelo comprimento do lactente, portanto expressos ambos R/H e X_c/H em Ω/m (Piccoli et al., 1994).

A combinação dessas bivariáveis vetoriais no plano gráfico RX_c gera elipses (Guida et al., 2008). Na Figura 2, podem-se observar o modelo gráfico RX_c com intervalos de confiança. Na Figura 3, podem-se observar os intervalos de tolerância de 95, 75 e 50% do valor vetorial da impedância (ou seja, as elipses contendo os valores vetoriais e as probabilidades de 95, 75 e 50%).

Figura 2_ Modelo gráfico RXc das elipses de 95% de confiança.
Fonte: Piccoli et al., 2002.

Figura 3_ Modelo gráfico RXc das elipses de tolerância 50%, 75% e 95%.
Fonte: Piccoli et al, 2002.

O intervalo de tolerância da distribuição normal é elipsoide (perfil da concentração da equação centrada no valor vetorial) que reduz para hipersfera quando o coeficiente de correlação entre as duas variáveis é zero. As elipses de predição ou probabilidade são consideradas no gráfico RXc, como mediano, o terceiro quartil e o percentil 95, permitindo assim uma classificação mais detalhada da posição do vetor. O intervalo de confiança, como o de tolerância, torna-se menor com o aumento do tamanho amostral. Mas, em uma população muito grande, enquanto o intervalo de confiança converge para o parâmetro vetorial (como o valor do ponto vetorial), o intervalo de tolerância converge para o intervalo correspondente à quantidade dentro da população que está na porcentagem cujo intervalo de tolerância está relacionado. Se um deslocamento do vetor parear com o outro vetor, então a correlação entre as duas variáveis é zero e não indica uma diferença estatisticamente significativa na posição do vetor ($p < 0,05$). É esperado que de 5% a 25% das observações estejam fora das elipses de 75% a 95% respectivamente (Piccoli et al., 1994).

Conforme se observa na Figura 4, os deslocamentos de vetores da elipse de tolerância indicam mudanças na composição corporal.

Figura 4: Gráfico RXc: categoria de classificação corporal.
Fonte: Piccoli; Pastori, 2002.

Quando ocorre anasarca em um indivíduo, sem alteração na estrutura da massa tecidual, há uma migração do vetor vertical em direção ao quadrante inferior; ao contrário, quando um indivíduo apresenta desidratação ocorre uma amplificação do vetor vertical na direção do quadrante superior. Por outro lado, aumentos na estrutura de tecidos macios (ex. pacientes obesos ou atléticos) estão associados com uma migração do vetor horizontal em direção ao quadrante esquerdo, o que determina um aumento do ângulo de fase. Enquanto, em pacientes subnutridos e anoréticos, ocorrerá uma diminuição do ângulo de fase (Piccoli et al., 1997).

Para o cálculo dos intervalos de confiança e tolerância dos vetores e para a confecção do gráfico RXc, é necessário alimentar um programa denominado BIVA Software 2002 com dados do tamanho da amostra estudada (n), média e desvio-padrão da resistência corrigida pelo comprimento corporal (R/H), média e desvio-padrão da reactância corrigida pelo comprimento corporal (Xc/H) e coeficiente de correlação linear r entre R/H e Xc/H (Piccoli; Pastori, 2002).

1.5.1.2. Ângulo de fase

O ângulo de fase é um parâmetro obtido diretamente dos valores de R e Xc e que é a diferença de fase entre voltagem e corrente. Desta forma, modificações no espaço intercelular ou defeitos funcionais das membranas celulares podem resultar em mudanças no ângulo de fase (Barbosa-Silva et al., 2003).

O ângulo de fase (AF) é calculado pela fórmula do arco tangente X_c/R e expresso em graus (Mushnick et al., 2003; Kyle et al., 2004a). O AF reflete alterações na condutividade elétrica do corpo, indicando alterações na integridade de membranas celulares, assim como do espaço intercelular (Scheltinga et al., 1991; Barbosa-Silva et al., 1988). Valores de AF menores representam baixa X_c e alta R e podem ser associados à morte celular ou a alguma alteração na permeabilidade seletiva da membrana; valores mais altos representam alta X_c e baixa R , podendo associar-se à maior quantidade de membranas celulares intactas, ou seja, maior massa celular corpórea (Peters et al., 2006). Os valores do AF obtidos por meio da BIA podem estar relacionados ao prognóstico (morbidade e mortalidade) do indivíduo avaliado (Pupim et al., 2000).

O AF é usado em estudos para avaliar a composição corporal em diversas situações clínicas (Piccoli et al., 1996; Piccoli, 1998) e tem sido investigado como um instrumento de valor prognóstico, nutricional, de função de membrana celular ou indicador do estado nutricional (Azevedo et al., 2007). Esse parâmetro não depende de equações de regressão e pode ser utilizado em pacientes mesmo que o peso atual e a estatura não possam ser mensurados (Ellis et al., 1999; Barbosa-Silva et al., 2003).

Existem muitas pesquisas publicadas sobre o AF, mas não existem estudos com valores populacionais para lactentes de 30 a 90 dias na literatura brasileira.

1.6. Importância potencial da BIVA no cuidado de lactentes

A ingestão reduzida de fluidos pode causar desidratação, desequilíbrio eletrolítico e pode apresentar comprometimento cardiovascular, enquanto que o excesso do volume de líquido pode causar disfunção cardiorrespiratória e insuficiência renal (Roberts, 2005). O cuidado precoce com a hidratação de lactentes tem forte influência no desenvolvimento e sobrevivência de crianças, especificamente nos casos em que as mesmas são consideradas de risco (El-Dahr; Chevalier, 1990). Além disso, determinar o grau de hidratação de crianças ajuda no diagnóstico mais preciso do estado nutricional (Tang et al., 1997).

Na doença, a mudança do padrão corporal, como na obesidade, síndrome nefrótica, falência renal e caquexia, altera as predições da BIA convencional (Piccoli et al., 1997). Assim, as estimativas dos volumes corporais podem ser de grande ajuda para melhor cuidado do lactente, principalmente na análise de doenças em que a água intra e/ou extracelular podem ser modificadas (Ferreira; Souza, 2004).

A utilização de uma técnica que não depende do peso corporal, segura, não invasiva, que permite medições rápidas dos compartimentos corporais, pode contribuir para a melhora do estado clínico e nutricional do lactente.

2. HIPÓTESE

A análise vetorial de impedância bioelétrica de lactentes jovens apresenta vetores (intervalos de tolerância) diferentes dos existentes na literatura para lactentes de 30 a 90 dias de idade.

3. OBJETIVOS

- Descrever valores de referência e construir curvas de análise vetorial de impedância bioelétrica para lactentes saudáveis de 30 a 90 dias de idade.
- Descrever valores de referência de ângulo de fase em lactentes saudáveis de 30 a 90 dias de idade.
- Comparar os dados de análise vetorial de impedância bioelétrica existentes na literatura para lactentes jovens com os dos obtidos neste estudo.
- Comparar os dados de resistência e reactância entre os sexos assim como as curvas de referência de análise vetorial de impedância bioelétrica.

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

4.1 Casuística

4.1.1 Local da pesquisa e população de estudo

A pesquisa foi realizada no Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato (CMSCVL), situado na cidade de Ribeirão Preto, localizada no nordeste do Estado de São Paulo, a 313 km da capital. O CMSCVL é considerado, dentro do Sistema Único de Saúde (SUS), como uma Unidade Materno-Infantil, ligada ao Hospital das Clínicas, à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP) e à Secretaria Municipal de Saúde do município de Ribeirão Preto.

O CMSCVL iniciou suas atividades em 1969, na região denominada Vila Lobato, que foi escolhida devido à sua proximidade ao *campus* da USP, por ser área de urbanização recente, com população aproximada de 2.500 habitantes e não possuía, até então, nenhum serviço de saúde (Daneluzzi, 2000).

Atualmente, o Programa de Atenção à Saúde do CMSCVL se desenvolve por meio do Programa de Atenção Primária à Saúde da Criança e do Adolescente, sob responsabilidade do Departamento de Puericultura e Pediatria da FMRP-USP e do Programa de Atenção Primária à Saúde da Mulher, sob responsabilidade do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da FMRP-USP (Daneluzzi, 2000). Além da assistência a crianças, adolescentes e mulheres em fase reprodutiva e no climatério, são desenvolvidas também atividades de ensino e pesquisa nesse serviço.

A promoção da saúde da criança e do adolescente desenvolvida no CMSCVL tem como meta prioritária o seguimento longitudinal, desde o nascimento até o final da adolescência, realizada por meio de atendimento ambulatorial, visitas domiciliares e participação nos grupos de socialização (Daneluzzi, 2000).

No seguimento ambulatorial, os lactentes podem ser atendidos segundo cinco tipos de consulta, a saber:

- Caso novo: é o primeiro atendimento da criança ou do adolescente no Programa do Centro Médico;
- Retorno-rotina: são consultas agendadas mensalmente no primeiro semestre, tendo como base a data de nascimento;

- Retorno-médico: são consultas realizadas a pedido do médico que atendeu em consulta de rotina ou atendimento fora de dia, de acordo com seu interesse em acompanhar o caso mais de perto ou em decorrência das condições clínicas do paciente;
- Atendimento fora-de-dia: são atendimentos ambulatoriais não agendados, realizados quando a mãe, familiares ou professores julgarem necessário;
- Triagem: é o atendimento médico ambulatorial de lactentes que não estejam matriculados nos programas oferecidos pelo Centro Médico, cujas famílias residam na área de atuação e estejam dentro da faixa etária (Daneluzzi, 2000).

A coleta de dados para o estudo foi realizada entre fevereiro de 2009 e maio de 2010, sendo que nesse período 197 lactentes foram atendidos pela equipe médica do CMSCVL. Do número total de lactentes atendidos, 150 participaram do estudo entre 30 e 90 dias de idade de ambos os sexos. Foi definida a amostra por conveniência.

A pesquisa avaliou lactentes saudáveis com idade entre 30 e 90 dias, de ambos os sexos, amamentados exclusivamente ao seio materno e considerados adequados para idade gestacional ao nascimento. A seleção para o estudo foi realizada de acordo com o protocolo de atendimento no CMSCVL (caso novo e retorno), sendo atendidos todos os lactentes, cujas mães concordassem, por escrito, em participar da pesquisa.

Após a consulta com a equipe médica, todos os lactentes atendidos foram encaminhados para a coleta de dados, quando a pesquisadora conversava com seus pais ou responsáveis e assim obtinha dados de nascimento, da gestação, de amamentação, verificando se estes preenchiam os critérios de inclusão no estudo. Os lactentes foram avaliados pelo mesmo pesquisador e operador uma única vez, e a coleta de dados foi realizada três vezes na semana, nos dias específicos para atendimento de lactentes. Após a verificação dos critérios de inclusão e o interesse de participação voluntária pelos pais ou responsáveis pelo lactente, a pesquisadora realizava a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e assim, após a assinatura do termo, este lactente era autorizado a participar do estudo.

4.1.2 Delineamento da pesquisa

Trata-se de um estudo tipo corte transversal, observacional, comparativo e descritivo.

Os critérios de inclusão dos lactentes foram:

- Do sexo masculino e feminino;
- Com idade entre 30 e 90 dias;

- Cujo pai ou mãe, aceitasse que os seus filhos participassem do estudo (assinaram o TCLE) (Apêndice A);
- Matriculados no serviço;
- Considerados nascidos adequados para idade gestacional;
- Em aleitamento materno exclusivo (de acordo com a OMS, 1992);
- Com o ganho de peso adequado (25-30g/dia);
- Nascidos a termo;
- Cujas mães receberam atendimento pré-natal considerado adequado (mínimo seis consultas, de acordo com a OMS);
- Cujas mães não apresentavam hipertensão e diabetes durante a gestação;
- Cujo pai ou mãe responderam aos questionários a respeito da avaliação socioeconômica da família e a escolaridade dos pais (Apêndice B);
- Ausência de restrições ambientais, econômicas ou de saúde, limitadoras do crescimento (de acordo com a OMS, 2006).

Os critérios de não inclusão dos lactentes foram:

- Pré ou pós-termo;
- Pequenos (PIG) ou grandes (GIG) para idade gestacional;
- Portadores de doenças que pudessem interferir direta ou indiretamente na composição corporal pela mudança do volume intra ou extracelular, tais como disfunção renal, falência congestiva, coronariana, sepse e desidratação, hidropsia fetal de qualquer causa ou portadores de alguma doença em tratamento que causasse macrossomia;
- Com uso de medicamentos que causassem retenção hídrica (corticoides);
- Portadores de mal-formações e/ou problemas genéticos que impedissem a avaliação adequada do peso, comprimento e bioimpedância elétrica;
- Portadores de infecções congênitas;
- Em situações de gemelaridade.

4.1.3 Questões éticas

O trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, PROCESSO HCRP n° 3604/2007 (Anexo A).

4.1.4 Análise estatística

Os dados foram analisados primeiramente por meio da estatística descritiva e com auxílio do programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 15®.

A população de estudo foi subdividida em três classes de idade: 1 mês, 2 meses e 3 meses. Os dados antropométricos e impedância bioelétrica estão sendo expressos por média e desvio padrão. Foi utilizado também o BIVA Software 2002 (Piccoli; Pastori, 2002), para a confecção do gráfico RXc (intervalo de tolerância dos vetores) e para o cálculo dos intervalos de confiança (comparação dos dados deste estudo com outros descritos na literatura).

No Software SPSS 15®, foram realizadas as comparações de todos os dados entre os sexos por meio do teste paramétrico para dois grupos independentes (Teste t Student), foram comparados também todos os dados de escolaridade paterna e materna, o tipo de parto e a distribuição dos lactentes estudados entre os sexos. O SPSS 15® também foi utilizado para o cálculo do coeficiente linear de correlação r (Pearson) para verificação da correlação entre R/H e Xc/H, assim como da significância destas correlações.

O teste T^2 de Hotelling (testa a igualdade dos vetores médios de duas populações multivariadas, apropriado para comparar duas populações representadas por amostras independentes) e a análise univariada (teste F) foram realizados pelo BIVA Software 2002 para análise dos intervalos de confiança, quando comparados grupos de sujeitos. O BIVA Software 2002 foi gentilmente cedido pelo autor Antônio Piccoli, da Universidade de Padova, Itália.

4.2 Métodos

A avaliação do estado nutricional dos lactentes foi baseada em dados de antropometria, impedância bioelétrica, ângulo de fase e gráfico BIVA. A adequação de idade gestacional foi feita com a utilização da curva de Alexander et al. (1996).

4.2.1 Composição corporal e antropometria

Para realização da antropometria, foram aferidos: peso e comprimento.

1) O peso e o comprimento de nascimento e atual do lactente; foram mensurados pelo mesmo operador.

2) Peso (Kg): avaliado em balança eletrônica (Fiziola Baby®), específica para idade, colocada em lugar plano, afastada da parede, a uma altura que permitiu boa visualização da escala, tarada antes de toda e qualquer pesagem, calibrada, com capacidade máxima de 15Kg e mínima de 125gramas, divisões de 5g e tara de 9kg. Os lactentes foram avaliados deitados e sem roupas.

3) O comprimento (cm) foi avaliado por meio de um estadiômetro horizontal de madeira (construído na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP), graduado em centímetros (100 cm), com uma escala de 0,1 cm, comprimento mínimo de 0,35 metros e fixo em uma superfície horizontal rígida. Para aferição, foram retirados do lactente todos os adereços da cabeça, os sapatos e as meias. O lactente foi colocado em posição anatômica supina, sobre a base do antropômetro. Com a cabeça posicionada junto ao anteparo fixo, o cursor do aparelho era colocado em contato com os pés da criança, e a medida era, então, registrada.

Após a aferição antropométrica foi realizada a impedância bioelétrica com o aparelho de monofrequência, RJL *Bioelectric Impedance Analyzer* (BIA 103-A Detroit, MI, USA); que emite uma corrente alternada de baixa frequência e alta voltagem (800 μ A e 50KHz), indolor e totalmente segura. O paciente assume decúbito dorsal, sendo colocados adesivos e dois eletrodos de superfície em locais previamente padronizados na mão e no pé, de acordo com a descrição da técnica. Um eletrodo proximal foi colocado na superfície dorsal do punho direito entre os ossos ulnar e rádio e um eletrodo distal colocado no terceiro metacarpo; um eletrodo proximal da perna colocado na superfície anterior do tornozelo direito entre as porções proeminentes dos ossos e um quarto eletrodo, colocado na superfície dorsal do terceiro metatarso.

Os dados da impedância bioelétrica (resistência e reactância) foram obtidos no momento em que o lactente estivesse, de preferência em sono calmo, parado naquele momento da medida, evitando contato entre os membros superiores e o tronco e entre os membros inferiores. Os valores de resistência e reactância foram aferidos três vezes em cada lactente, a fim de obter maior precisão. Foi utilizado o valor médio destas três aferições. O aparelho foi calibrado a cada 20 avaliações com o uso de um resistor de 500 Ω , providenciado pelo próprio fabricante.

O ângulo de fase foi obtido a partir da relação arco-tangente da reactância/resistência (X_c/R). Para expressar o resultado de radiano para graus ($^\circ$), multiplicou-se o resultado obtido por $180^\circ/\pi$ ou aproximadamente 57,297. Utilizou-se a fórmula matemática de Baumgatner et al. (1988) para o cálculo do ângulo de fase:

$$\hat{\text{Ângulo de fase}} = \frac{\text{Reactância}}{\text{Resistência}} \times \frac{180}{\pi}$$

De acordo com o método do gráfico RX_c , as medidas de impedância foram padronizadas pelo comprimento dos lactentes saudáveis e foram plotadas utilizando bivariável de distribuição normal de impedância vetorial expressos R/H e X_c/H em Ω/m (Piccoli et al., 1994).

Usando distribuição bivariável normal de R/H e X_c/H , foram calculados o intervalo de confiança 95% (elipses) e a média do vetor para todos os lactentes e separadamente por sexo, além do intervalo de tolerância de 95%, 75% e 50% do valor vetorial da impedância individual (elipses de probabilidade).

Na entrevista com a mãe, pai ou responsável pela criança, foi aplicado questionário para avaliação do nível socioeconômico (questionário e classificação padronizados pela Associação Nacional de Empresas de Pesquisa (ANEP, 2009) (Apêndice B), que enfatiza a função de estimar o poder de compra das pessoas e famílias urbanas, abandonando a pretensão de classificar a população em termos de “classes sociais”, dividindo as famílias em classe econômicas) e para avaliação da escolaridade dos pais (questionário constando a última série de estudo completada do pai e da mãe).

Todos os dados foram coletados pelo pesquisador e registrados em formulários (Apêndices C e D).

5. RESULTADOS

5.1 População estudada

Foram avaliados 150 lactentes com idade entre 30 e 90 dias. Os lactentes foram distribuídos no sexo masculino 73 (48,6%) e feminino, 77 (51,3%).

A análise descritiva dos partos das mães dos lactentes mostrou que a maioria nasceu de parto normal (65,3%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição dos lactentes de acordo com o tipo de parto.

Tipo de Parto	N	%
Vaginal	98*	65,3
Cesária	52	34,7
Total	150	100

*p < 0,05 (Teste Qui quadrado)

Em relação às mães dos lactentes, foram avaliados 82 lactentes filhos de mães brancas (54,7%), 68 de mães não brancas (45,3%). Quando perguntadas sobre o estado civil, 61 (40,7%) eram casadas, 48, destas mães (32%) relataram serem amasiadas, 27 (18%), separadas e 14 (9,3%), solteiras.

As famílias dos lactentes foram classificadas pelo Critério de Classificação Econômica Brasil conforme proposto pela ANEP (2009), sendo assim, foram distribuídas conforme as classes na Tabela 2. Verificou-se que a maioria se encontrava na classe C2, com renda familiar média de R\$ 962,00 (176% do salário mínimo vigente).

Tabela 2 - Distribuição da classificação econômica das famílias dos lactentes – Critério Brasil.

Classes	n	%	Renda Média Familiar (R\$ % SM) (Valor Bruto em R\$)
A1	0	0,0	11.480
A2	0	0,0	8.295
B1	4	2,6	4.754
B2	11	7,3	2.656
C1	19	12,7	1.459
C2	78	52,0	962
D	25	16,7	680
E	13	8,7	415
Total	150	100	

A escolaridade das mães dos lactentes foi analisada pelo Critério de Classificação Econômica Brasil conforme proposto pela ANEP (2009) (Tabela 3). Pode-se verificar que aproximadamente 50 % das mães haviam completado o Ensino Médio.

Tabela 3 - Distribuição da escolaridade materna dos lactentes.

Classes	Materna	
	n	%
Analfabeto/Até a 3ª série Fundamental/Até a 3ª série 1º Grau	7	4,7
Até a 4ª série Fundamental/Até a 4ª série 1º Grau	9	6,0
Fundamental completo/1º Grau completo	41	27,3
Médio completo/2º completo	75	50,0
Superior completo	18	12,0
Total	150	100,0

A escolaridade paterna dos lactentes também foi analisada pelo Critério de classificação Econômica Brasil conforme proposto pela ANEP (2009) (Tabela 4). Pode-se verificar que aproximadamente 46 % dos pais não tinham Ensino Médio completo.

Tabela 4 - Distribuição da escolaridade paterna dos lactentes.

Classes	Paterna	
	N	%
Analfabeto/Até a 3ª série Fundamental/Até a 3ª série 1º Grau	11	7,3
Até a 4ª série Fundamental/Até a 4ª série 1º Grau	25	16,7
Fundamental completo/1º Grau completo	69	46,0
Médio completo/2º completo	37	24,7
Superior completo	8	5,3
Total	150	100,0

Analisaram-se a idade das mães, o número de gestações (inclusive a atual), a paridade, o número de abortos, as semanas de gestação em que o pré-natal foi iniciado e o número de consultas de pré-natal realizadas. Dados são apresentados em média $\pm$ desvio-padrão (DP). A análise descritiva da idade média das mães foi 22 ($\pm$ 6,2) anos, sendo a idade máxima 39 anos e a mínima 16 anos. Quanto ao número de gestações, encontraram-se, em média, 2 ($\pm$ 1,5) gestações, com baixo índice de abortamento 0,2 ($\pm$ 0,5).

Em relação à assistência pré-natal, a média do número de consultas foi 8 ($\pm 2,0$) apresentando, em seus cartões de gestante, a primeira consulta na 12ª semana de gestação, em média.

A análise descritiva de idade gestacional, peso corporal e comprimento ao nascimento de todos os lactentes divididos por sexo está apresentada na Tabela 5. Pode-se observar que, apesar das médias da idade gestacional, do peso e do comprimento ao nascimento das meninas terem sido maiores que os dos meninos, não se encontrou diferença estatisticamente significativa.

Tabela 5 – Distribuição da média $\pm$ Desvio - padrão da idade gestacional, peso e comprimento ao nascimento dos lactentes de acordo com o sexo.

	Idade Gestacional (semanas)*	Peso (gramas)**	Comprimento (cm)***
Todos	39,3 $\pm$ 1,5	3200,9 $\pm$ 357,3	49,0 $\pm$ 0,02
Sexo Masculino	39,3 $\pm$ 1,5	3184,4 $\pm$ 345,2	49,0 $\pm$ 0,02
Sexo Feminino	39,4 $\pm$ 1,4	3216,6 $\pm$ 369,9	49,0 $\pm$ 0,02

*Sexo masculino *versus* feminino $p = 0,706$ (Teste t Student).

**Sexo masculino *versus* sexo feminino $p = 0,583$ (Teste t Student).

***Sexo masculino *versus* sexo feminino $p = 0,295$ (Teste t Student).

Verifica-se que a média de idade de todos os lactentes foi de 56,4 dias, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os sexos. O peso médio dos 150 lactentes (5038,5 gramas) apresentou diferença estatística entre os sexos ($p = 0,001$). Quanto ao comprimento corporal, a média foi de 56,0 centímetros, havendo diferença estatisticamente significativa entre os sexos ($p = 0,001$) (Tabela 6).

Tabela 6 - Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão da idade, peso e comprimento no dia da realização da impedância bioelétrica de todos os lactentes de acordo com o sexo.

	Idade (dias)	Peso atual (gramas)*	Comprimento atual (cm)**
Todos Lactentes	56,4 $\pm$ 23,1	5038,5 $\pm$ 902,4	56,0 $\pm$ 0,03
Sexo Masculino	55,8 $\pm$ 22,9	5279,5 $\pm$ 816,1	57,0 $\pm$ 0,03
Sexo Feminino	56,9 $\pm$ 23,44	4809,8 $\pm$ 925,6	55,6 $\pm$ 0,03

* Sexo masculino *versus* feminino, $p = 0,001$ (Teste t Student).

** Sexo masculino *versus* feminino, $p = 0,001$ (Teste t Student).

Na Tabela 7 verificam-se os valores encontrados da análise vetorial e impedância bioelétrica para os lactentes de 30 a 90 dias. Esses dados também foram analisados separadamente por sexo para verificar se há a necessidade de confeccionar e posteriormente utilizar gráficos RXc separados por sexo para esta faixa etária. Os dados da R, R/H e Xc não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os sexos. Quanto aos dados de Xc/H encontrou-se diferença estatisticamente significativa entre os sexos ($p < 0,05$; Teste t Student).

Tabela 7- Distribuição da média $\pm$ Desvio-padrão da Resistência (R), Resistência corrigida pelo comprimento (R/H), Reactância (Xc), Reactância corrigida pelo comprimento corporal (Xc/H) de acordo com o sexo.

	Resistência (R, Ω)	Resistência/ Comprimento (R/H, Ω/m)	Reactância (Xc, Ω)	Reactância/ Comprimento (Xc/H, Ω/m)
Todos Lactentes*	521,2 $\pm$ 52,1	927,1 $\pm$ 99,1	39,2 $\pm$ 5,3	69,6 $\pm$ 9,2
Sexo Masculino**	519,4 $\pm$ 53,4	911,3 $\pm$ 99,6	38,6 $\pm$ 5,5	67,6 $\pm$ 9,3
Sexo Feminino***	523,0 $\pm$ 51,1	942,1 $\pm$ 97,0	39,7 $\pm$ 4,9	71,5 $\pm$ 8,7
p	0,67	0,06	0,19	0,01

*Correlação linear entre médias de R/H e Xc/H de todos os lactentes ($r = 0,38$; $p < 0,01$).

** Correlação linear entre médias de R/H e Xc/H do sexo masculino ($r = 0,53$; $p < 0,01$).

***Correlação linear entre médias de R/H e Xc/H do sexo feminino ($r = 0,68$; $p < 0,01$).

*****Sexo masculino *versus* feminino, $p < 0,05$ (Teste t Student).

Na Tabela 8 encontram-se os valores calculados do ângulo de fase dos lactentes estudados, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os sexos ($p = 0,36$; Teste T Student).

Tabela 8 - Distribuições da média $\pm$ Desvio-padrão do Ângulo de Fase de acordo com o sexo.

	Ângulo de fase (graus)*
Todos lactentes	4,3 $\pm$ 0,7
Sexo masculino	4,3 $\pm$ 0,6
Sexo feminino	4,4 $\pm$ 0,5

*Sexo masculino *versus* sexo feminino $p = 0,36$ (Teste T Student)

Os valores antropométricos e as medidas da impedância biolétrica dos 150 lactentes, a comparação com os dados de Savino et al. (2003), de crianças de 0 a 3,9 meses de idade, e a comparação com os dados de L'Abée et al. (2010); que estudaram lactentes de dois meses de idade; estão descritos por sexo na Tabela 9.

Tabela 9: Distribuição das características dos lactentes estudados e por sexo, e comparação destas com dados de lactentes de 0 a 3,9 meses (SAVINO et al., 2003) e de lactentes de 2,0 meses (L'Abée et al., 2010), disponíveis na literatura. Os dados são expressos em média $\pm$ desvio-padrão.

	Presente Estudo			L'Abée et al. (2010)		Savino et al. (2003)	
	Todos	Sexo Masculino	Sexo Feminino	Todos	Todos	Sexo Masculino	Sexo Feminino
Lactentes (n)	150	73	77	113	58	38	20
Peso (g)	5038,5 $\pm$ 902,4	5279,5 $\pm$ 816,1*	4809,8 $\pm$ 925,6*	5402 $\pm$ 741	4961 $\pm$ 903,0	4993 $\pm$ 939,0	4902 $\pm$ 849,0
Comprimento (cm)	56,4 $\pm$ 0,03	57,0 $\pm$ 0,03	55,6 $\pm$ 0,03	58,7 $\pm$ 2,2	57,8 $\pm$ 3,6	57,8 $\pm$ 3,8	57,8 $\pm$ 3,5
IMC (Kg/m ²)	15,7 $\pm$ 1,5	16,1 $\pm$ 1,4	15,19 $\pm$ 1,6	15,6 $\pm$ 1,7	14,8 $\pm$ 1,6	14,8 $\pm$ 1,3	14,6 $\pm$ 2,1
R (Ω)	521,2 $\pm$ 52,1	519,4 $\pm$ 53,4*	523,0 $\pm$ 51,1*	—	466,0 $\pm$ 64,0	449,0 $\pm$ 54,0	496,0 $\pm$ 71,0
R/H (Ω /m)	927,10 $\pm$ 99,1	911,3 $\pm$ 99,6*	942,1 $\pm$ 97,0*	789,0 $\pm$ 97,0	808,0 $\pm$ 120,0	780,0 $\pm$ 102,0	861,0 $\pm$ 136,0
Xc (Ω)	39,2 $\pm$ 5,3	38,6 $\pm$ 5,5*	39,7 $\pm$ 4,9*	—	22,0 $\pm$ 12,0	18,8 $\pm$ 8,9	29,2 $\pm$ 15,1
Xc/H (Ω /m)	69,6 $\pm$ 9,2	67,6 $\pm$ 9,3*	71,5 $\pm$ 8,7*	63 $\pm$ 21	39,0 $\pm$ 22,0	32,0 $\pm$ 14,0	51,0 $\pm$ 28,0
Ângulo de fase	4,3 $\pm$ 0,7	4,3 $\pm$ 0,6*	4,4 $\pm$ 0,5*	—	2,5 $\pm$ 1,5	2,2 $\pm$ 1,4	3,1 $\pm$ 1,5
r	0,38	0,53	0,68	0,29	0,26	-0,42	0,56

*p<0,05 Comparação entre o presente estudo e o estudo de Savino et al., 2003.

IMC, Índice de Massa Corporal; R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento; r, Coeficiente de correlação linear entre as médias de R/H e Xc/H.

Com os valores apresentados pelo BIVA, foi possível confeccionar o gráfico RXc do BIVA Software 2002 (Piccoli; Pastori, 2002). Na Figura 5 está representado o gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 5_ Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

A Figura 6 traz o escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 6_ Gráfico do escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% de todos os lactentes entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

Na Figura 7, está representado o vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% do sexo masculino, entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 7_ Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos lactentes do sexo masculino, entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

A Figura 8 traz o escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% do sexo masculino, entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 8_ Gráfico do escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos lactentes do sexo masculino entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

Na Figura 9, está representado o vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% do sexo feminino, entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 9_ Gráfico do vetor da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos lactentes do sexo feminino, entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

A Figura 10 traz o escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% do sexo feminino entre 30 e 90 dias de idade.

Figura 10_ Gráfico do escore z da impedância com as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos lactentes do sexo feminino entre 30 e 90 dias de idade (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Xc/H, Reactância/Comprimento).

Com a utilização dos intervalos de confiança, é possível comparar grupos de indivíduos, e, portanto, compararam-se os resultados do estudo com os disponíveis na literatura na mesma faixa etária estudada (Figuras 11, 12 e 13).

Na Figura 11, estão dispostos os vetores da impedância com elipses de 95% de confiança foi caracterizada pela não sobreposição em relação ao sexo masculino e feminino. Entre esses, houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0082$; teste T^2 de Hotelling)

Figura 11_ Gráfico dos vetores da impedância com as elipses de 95% de confiança de lactentes estudados por sexo (R , Resistência; R/H , Resistência/Comprimento; X_c , Reactância; Reactância/Comprimento).

Na Figura 12, verifica-se que houve diferença estatisticamente significativa ($p= 0,0000$ teste T^2 de Hotelling) entre os vetores de todos os lactentes do presente estudo e os vetores de todas as crianças estudadas por Savino et al. (2003) e por L'Abée et al. (2010).

Figura 12_ Gráfico dos vetores da impedância com as elipses de 95% de confiança de lactentes saudáveis. R, Resistência; R/H , Resistência/Comprimento; Xc , Reactância; Xc/H , Reactância/Comprimento.

Realizando a análise dos intervalos de confiança apresentados na Figura 13, observa-se que os vetores de confiança caracterizaram a sobreposição das elipses de acordo com o sexo (masculino e feminino) com o vetor de todos os lactentes do presente estudo. Comparando o vetor do sexo masculino do presente estudo, entre os vetores de todas as crianças de 0 a 3,9 meses de idade estudados por Savino et al. (2003) e todos os lactentes de 2 meses de idade do estudo de L'Abée et al. (2010), houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0000$ teste T^2 de Hotelling). Entre o vetor do sexo feminino do presente estudo, com os vetores de todas as crianças de 0 a 3,9 meses de idade estudados por Savino et al. (2003) e todos os lactentes de 2 meses de idade do estudo de L'Abée et al. (2010), houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,0000$ teste T^2 de Hotelling).

Figura 13_ Gráfico dos vetores da impedância com as elipses de 95% de confiança de lactentes saudáveis (R, Resistência; R/H, Resistência/Comprimento; Xc, Reactância; Reactância/Comprimento).

6. DISCUSSÃO

Com esta pesquisa, obtiveram-se os intervalos de tolerância das elipses de referência para análise vetorial de impedância bioelétrica em lactentes de 30 a 90 dias de idade, atendidos no Centro Médico Social Comunitário Vila Lobato, na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo. Participaram do estudo 150 lactentes. A BIVA é um método qualitativo/-semi-quantitativo de avaliação de hidratação e tecidos corporais, apresenta utilidade clínica, podendo ser usada no monitoramento rotineiramente de variação do fluido corporal e estado nutricional de lactentes em boas condições e em situações que necessitem de cuidados especiais.

A necessidade de medir e conhecer a composição corporal em diversas populações, por diferentes razões, vem aumentando a demanda por métodos precisos para determinação dos componentes corporais. Especificamente em crianças, esse tema ganha importância devido às alterações dos compartimentos corporais. Desse modo, para que mais estudos sejam realizados, são necessários métodos que apresentem validade, baixos custos e facilidades operacionais para coleta de dados em estudos com lactentes. Nesse sentido, a BIA tem se mostrado um método útil para a estimativa de alterações da composição corporal (Poortmans et al., 2005). Nos lactentes, seu uso tem sido questionado devido a fatores que se relacionam com a metodologia, acurácia e exatidão dos resultados obtidos (Baumgartner, 1996).

A avaliação da composição corporal pelo método BIA é baseada em equações de regressão, desenvolvidas a partir de estudos de correlação e regressão entre os valores da BIA e padrões-ouro (isótopos estáveis, por exemplo). Essas equações usam os parâmetros R e Xc e outras variáveis como o peso, idade, sexo e estatura para estimar a água corporal, massa magra, massa celular corporal e gordura corporal. Para essas estimativas, o método se baseia em dois pressupostos: hidratação fixa dos tecidos (igual para todos os indivíduos analisados) e que o corpo humano se comporta como um cilindro que conduz a corrente elétrica homogeneamente.

A resistência é a oposição do fluxo elétrico pelos meios intra e extracelulares e está diretamente ligada ao nível de hidratação desses meios. A gordura corporal, a massa magra e a água corporal total são os principais responsáveis pela resistência no organismo (Kyle et al., 2004a). A reactância ou resistência capacitiva, pode ser entendida como indicador da quantidade de massa celular ou massa livre de gordura. Está relacionada com a estrutura e função das membranas celulares, podendo representar uma avaliação funcional, além de morfológica (Kyle et al., 2004a).

Em crianças menores de um ano, uma mudança de peso corporal é difícil de ser interpretada, pois esta pode representar mudanças no estado de hidratação ou nos tecidos adiposo ou muscular (Piccoli et al., 2002). Sabe-se que a infância é caracterizada por rápidas mudanças e grande variabilidade interindividual nos fluidos corporais. As estimativas de composição corporal, nos primeiros anos de vida, obtidas a partir da BIA poderão não ser precisas, uma vez que a resistência e, conseqüentemente, os valores da impedância poderão ser afetados por fatores que agem na distribuição de fluidos e na concentração de eletrólitos livres entre os compartimentos intra e extracelular (Baumgartner, 1996).

A BIA não permite precisamente a ACT e a AEC quando os compartimentos de água corporal estão sofrendo mudanças, como no caso de recém-nascidos e lactentes. Além disso, o nível médio de hidratação da MLG varia com a idade (recém-nascidos e lactentes 80%, crianças de 10 anos 75% e adultos saudáveis 73%) (Kyle et al., 2004a).

Sendo assim, no período da infância, não se pode considerar a hidratação dos tecidos musculares constantes (Barbosa-Silva; Barros, 2005), e assim julga-se o método convencional de avaliação da composição corporal pela BIA, inadequado. Além disso, a utilização de um valor fixo de hidratação de tecidos moles propaga erros na predição dos compartimentos corporais, como em métodos referenciais para validação das equações da BIA, tais como DEXA e diluição de isótopos estáveis, como o deutério (Roubenoff et al., 1993).

Na BIA convencional, após identificar os níveis de resistência e reactância do organismo à corrente elétrica, o analisador avalia a ACT e, assumindo uma hidratação constante, prediz a quantidade de MLG. Porém, se o indivíduo apresentar hiper-hidratação, o valor da MLG pode ser superestimado. Portanto, a alteração no estado de hidratação é a principal limitação desse método.

A BIA tem sido aplicada em crianças, e alguns trabalhos têm demonstrado o uso em lactentes (Tang et al., 1997). Contudo, em alguns estudos, resultados de composição corporal derivados de equações preditivas de BIA; mostraram não ser melhores do que simples medidas de peso e comprimento corporal (Ellis, 2007).

Devidos aos problemas encontrados com as equações preditivas de BIA, surgiram dois novos parâmetros que utilizam apenas os valores de R e Xc para avaliar o indivíduo.

A BIA foi utilizada para avaliar a resistência e a reactância dos lactentes. Alguns estudos têm sido realizados com o intuito de utilizar metodologias diferentes para avaliar os resultados da BIA em lactentes. Savino et al. (2003), realizaram um estudo com lactentes entre

0 e 3,9 meses de idade e L'Abée et al. (2010) avaliaram lactentes com 2 meses de idade, utilizando o método BIVA.

A divisão dos valores de resistência e reactância pelo comprimento corporal do indivíduo avaliado controla as diferenças de tamanho, do ponto de vista de crescimento linear, tanto de adultos como de crianças, permitindo comparações mais consistentes das medidas da impedância (Foster; Lukaski, 1996).

O vetor da BIA com o método gráfico RXc, permite uma avaliação de tecidos moles por padrões baseados na propriedade elétrica sem conhecimento anterior de peso corporal.

Com o método gráfico RXc, podem ser feitos três tipos de avaliação da impedância bioelétrica:

- Avaliação de um único vetor medido em um indivíduo pela primeira vez, pontando o vetor nas elipses de tolerância da referência.
- Avaliação de seguimento de impedância bioelétrica de um paciente, pontando nas elipses de tolerância de referência a linha de trajetória descrita pelas medidas sucessivas-/seriadas de impedância em um único paciente, sendo possível monitorar rotineiramente a variação do fluido corporal.
- Avaliação de grupos de sujeitos usando a bivariável da elipse de 95% de confiança dos vetores. Esta avaliação é muito útil para estudos de pesquisa clínica para identificar desordens na composição corporal.

Com a utilização do software BIVA (Piccoli; Pastori, 2002) cria-se o gráfico com os valores de resistência e reactância (corrigidos pelo comprimento corporal) de lactentes saudáveis, portanto, é possível monitorar e assim acompanhar o estado clínico de lactentes com necessidade de cuidados especiais, o que poderá auxiliar na avaliação do estado clínico, dependendo da sua localização nos quadrantes das elipses gráficas. Sendo assim, trajetórias diferentes indicam mudanças combinadas em hidratação e massa tecidual.

Em estudos de validação clínica em adultos, vetores que resultam fora da elipse de 76% de tolerância indicam impedância de tecidos anormais; que deve ser interpretada e classificada, seguindo as duas direções de maior e menor eixo das elipses de tolerância.

A hidratação corporal normal é representada pelo posicionamento do vetor, dentro da elipse de tolerância de 75% da etnia, sexo e idade específicos da população de referência. Desidratação está representada por alongamento e curva mais íngreme do vetor e a sobrecarga de fluidos está representada por vetor reduzido e inclinando para baixo da elipse de 75% de tolerância (fora do intervalo) (Kushner, 1992; Kushner et al., 1992; Foster; Lukaski, 1996; Heymsfield et al., 1996). Deslocamentos de vetores paralelos ao maior eixo das elipses de

tolerância indicam mudanças progressivas na hidratação do tecido (desidratação com vetores longos, fora do polo superior, e hiper-hidratação com edema aparente com vetores curtos, fora do mais baixo polo).

No presente estudo, foram apresentados valores de $R = 521,2 \pm 52,1 \, \Omega$ (média $\pm$ DP) e $X_c = 39,2 \pm 5,3 \, \Omega$. Os valores de R e X_c para o sexo masculino foram menores que os encontrados para o sexo feminino, sendo que, o deslocamento do vetor foi significativo. O peso corporal médio foi maior entre os lactentes do sexo masculino diferença estatisticamente significativa entre os sexos no valor médio do peso corporal.

Analisando esses resultados, e tomando como ponto de partida o peso corporal no momento de estudo, é possível inferir que os meninos estudados apresentaram maior peso por terem maior massa magra e com isso, mais água corporal total e, também, mais membranas celulares. Acredita-se que a porcentagem de gordura tenha sido similar entre os meninos e as meninas. Pelo fato de a gordura não ser considerada boa condutora elétrica, enquanto a água é boa condutora no corpo humano, a R em relação ao sexo masculino foi menor que do sexo feminino, além de também terem X_c menor pela quantidade de membrana celular (maior).

Segundo Piccoli et al. (2002), até essa publicação, nenhuma referência para BIVA de lactentes saudáveis estava disponível na literatura. Neste estudo, encontram-se apresentados os valores de referência de BIVA para lactentes com idade entre 30 e 90 dias de idade, variando estes valores nas diferentes faixas etárias (1, 2 e 3 meses de idade).

Comparando os resultados do presente estudo com outras pesquisas realizadas com lactentes italianos, pode-se destacar o estudo de Savino et al., 2003, que analisou 153 crianças no primeiro ano de idade, dividindo-as em três grupos, segundo a idade (A: 0 a 3,9 meses, B: 4 a 7,99 meses e C: 8 a 11,99 meses). Verificou-se o valor médio menor de R no grupo A, onde se encontram os lactentes compatíveis com a faixa etária do presente estudo ($466 \pm 64 \, \Omega$) e o valor médio de X_c , além disso, o número de crianças analisadas foi menor em relação ao presente estudo ($n = 58$). O grupo B apresentou valor de R de 511 ($\pm 86 \, \Omega$) e X_c de 28 ($\pm 12 \, \Omega$); e no grupo C valor de R de 508 ($\pm 78 \, \Omega$) e X_c de 34 ($\pm 11 \, \Omega$). Nota-se que esses valores foram aumentando progressivamente com a idade das crianças avaliadas, com exceção apenas da R , que se manteve semelhante nas crianças dos grupos B e C. Comparando esses dados com o deste estudo de lactentes saudáveis brasileiros entre 30 e 90 dias de idade, percebe-se que os três grupos apresentam valores médios de R e X_c menores.

Em 2010, L'Abée et al. publicaram um estudo com valores de referência de BIVA para 113 lactentes entre dois e 12 meses de idade, dividindo-as em três grupos, segundo a idade (primeiro grupo: 2 meses, segundo grupo A: 6 a 7 meses e segundo grupo B: 8 a 12 meses).

Portanto, o primeiro grupo representa exclusivamente lactentes com o mesmo período de vida do presente estudo, contudo, o número de crianças analisadas neste grupo foi menor ($n = 113$). O primeiro grupo apresentou o valor médio menor de R (463Ω) e X_c (37Ω), o segundo grupo (grupo A) apresentou o valor médio de R (424Ω) e X_c (40Ω); o segundo grupo (grupo B) apresentou o valor médio de R (406Ω) e X_c (43Ω). Comparando esses dados com os do presente estudo, percebe-se que os três grupos apresentaram menores valores médios de R e X_c .

Savino et al. (2008) publicaram outro estudo envolvendo 115 crianças italianas saudáveis, nascidas a termo com idade menor que 6 meses. Estas foram divididas em dois grupos, segundo o tipo de alimentação (leite materno ou fórmula). Para o primeiro grupo, o valor de R foi $445,4 \Omega$ e de X_c foi $34,1 \Omega$. As crianças que estavam recebendo fórmula apresentaram valor maior de R , contudo menor valor de X_c , porém as diferenças não foram estatisticamente significativas. Em relação ao presente estudo, os valores médios de R e X_c encontrados para a faixa etária estudada foram maiores. Além disso, o número de lactentes analisados no estudo desses autores; foi menor ($n = 115$).

Crianças e adolescentes italianas saudáveis de 2 a 15 anos foram avaliadas por De Palo et al. (2000) e assim foram obtidos os intervalos de BIVA para cada faixa etária. Dividindo estas crianças nos grupos por faixa etária e gênero (2 a 3 anos, 4 a 5 anos, 6 a 7 anos, 8 anos, 9 anos, 10 a 11 anos, 12 anos, 13 anos, 14 a 15 anos sexo masculino, 14 a 15 anos sexo feminino), os resultados não apresentaram um padrão crescente ou decrescente com o aumento da idade. Vale ressaltar que somente a partir dos 14 anos foi sugerida a análise vetorial com gráficos distintos para cada sexo. Por se tratar de um estudo com crianças em idade superior às avaliadas no presente estudo, os valores de R e X_c não foram semelhantes.

Existem outros estudos descritos na literatura que trazem valores de R e X_c na infância e adolescência, como os de Cordain et al. (1988), Danford, et al. (1992), Houtkooper et al. (1989), Houtkooper et al. (1992), Goran et al. (1993), entre outros. Contudo, esses autores estudaram crianças e adolescentes entre 4 e 19 anos de idade. Portanto, na faixa etária dos lactentes, apenas o que se tem disponível para a comparação são os publicados por Piccoli et al. (2002), Savino et al. (2003) e LÁbée et al. (2010).

O uso da impedância bioelétrica como um procedimento isolado para avaliação da composição corporal pelo método da análise vetorial (método gráfico RX_c) provou ser clinicamente útil em adultos em monitoramento de fluído corporal (Piccoli et al., 1994; Piccoli, 1998) e discriminador entre obesos e sujeitos com edema (Piccoli et al., 1998). Deve-se,

portanto, ser testada, posteriormente, a aplicabilidade clínica destes valores de referência para BIVA em lactentes, entre 30 e 90 dias de idade.

Devido aos diversos cuidados na infância, o monitoramento do balanço hídrico tem se tornado importante, pois essas crianças têm necessidades variadas de substituição de fluidos. Em crianças criticamente doentes é comum ocorrer uma perda excessiva hídrica e de eletrólitos devido à diarreia, vômitos, queimaduras, sepse, obstrução intestinal e outros. Além da ingestão hídrica reduzida que pode causar desidratação, desequilíbrio eletrolítico e hipertensão arterial. Por outro lado, uma ingestão excessiva de fluidos em crianças criticamente doentes pode causar disfunções cardiorrespiratórias, insuficiência renal e distúrbios na secreção e ação do hormônio antidiurético (ADH) (Roberts, 2005).

Alguns estudos correlacionam mudanças no peso corporal com a predição da água corporal total (Ferreira; Souza, 2004). Contudo, essa relação não pode detectar mudanças nos volumes intra e extracelular (El-Dahr; Chevalier, 1990).

Devido às alterações nos compartimentos corporais do lactente, é necessária uma atenção especial. Neste período de vida, o turnover de água é muito grande, o que o torna susceptível a distúrbios hidroeletrolíticos (Dung et al., 2007). Portanto, o conhecimento detalhado sobre sua composição corporal, durante o período pós-natal, pode ser importante para o cuidado nutricional, seu crescimento e desenvolvimento.

Uma alternativa para BIA convencional é o uso do parâmetro ângulo de fase, que é a diferença entre a voltagem e a corrente, podendo ser usado como indicador de massa celular corporal. Contudo, essa aproximação não tem sido completamente avaliada em crianças saudáveis e necessita, até o momento, de maior investigação para validação clínica (Piccoli et al., 2002).

O ângulo de fase pode ser interpretado como um indicador da integridade da membrana e distribuição hídrica entre os espaços intra e extracelular, podendo ser útil na avaliação de gravidade e prognóstico, pois reflete diferentes propriedades elétricas dos tecidos que são afetados por doenças, estado nutricional e hidratação. Tem sido correlacionado com o prognóstico em algumas situações, tais como infecção – HIV, hemodiálise, diálise peritoneal, doença renal crônica e cirrose hepática. Estudos sugerem que o ângulo de fase pode ser útil para determinar o aumentado risco de morbidade; valores baixos de ângulo de fase mostram serem relevantes no prognóstico (Kyle et al., 2004b).

Estudos mais recentes têm verificado que os valores de reactância e do ângulo de fase, derivados da bioimpedância elétrica, apresentam boa correlação com os índices de morbidade de pacientes críticos (Kamimura et al., 2004). Além disso, alguns autores detectaram reduzidos

índices de massa celular e ângulo de fase obtidos pela bioimpedância nos pacientes com sobrepeso e obesidade, sugerindo que os indivíduos submetidos à terapia crônica de hemodiálise podem estar em risco de desnutrição, apesar de apresentarem valores de índice de massa corporal acima do limite de normalidade (Guida et al., 2001).

O ângulo de fase não somente reflete a massa celular, mas também é um dos melhores indicadores da função da membrana celular, relacionada à razão entre AEC e AIC, embora seu significado biológico não tenha sido completamente compreendido (Barbosa-Silva et al., 2003).

Por definição, o ângulo de fase é positivamente associado com reactância e negativamente associado com a resistência, e sua variação indica alterações, ou na composição corporal ou na função da membrana celular (Azevedo et al., 2007), podendo ser usado como um indicador do estado nutricional em adultos e crianças em estado crítico, quando utilizados em combinação com outros métodos como dados antropométricos (IMC, circunferências, exames bioquímicos, escore *Pediatric Risk of Mortality* (PRISM I) usado em UTI, porcentagem de gordura corporal e outros (Barbosa-Silva; Barros, 2005).

Valores de AF menores representam baixa Xc e alta R e podem ser associados à morte celular ou a alguma alteração na permeabilidade seletiva da membrana. Valores mais altos representam alta Xc e baixa R, podendo associar-se à maior quantidade de membranas celulares intactas, ou seja, maior massa celular corpórea (Peters et al., 2006). Em estudo realizado no Japão, Nagano e tal. (2000) demonstraram utilidade do ângulo de fase na avaliação nutricional de lactentes.

No presente estudo, para lactentes de 30 a 90 dias de vida, saudáveis, nascidos a termo, encontrou-se valor de AF de $4,3^{\circ} (\pm 0,7)$ para todos os lactentes, $4,3^{\circ} (\pm 0,6)$ para os do sexo masculino e $4,4^{\circ} (\pm 0,5)$ para os do sexo feminino, não havendo diferença estatisticamente significativa.

Savino et al. publicaram em 2008, um estudo envolvendo 115 crianças italianas saudáveis, nascidas a termo com idade menor que 6 meses. Essas foram divididas em dois grupos, segundo o tipo de alimentação (leite materno ou fórmula). Para o primeiro grupo, o valor do AF foi $4,3^{\circ}$, e o segundo grupo apresentou valor menor que $3,8^{\circ}$, contudo não houve diferença estatística entre os grupos ($p = 0,397$). Comparando esses resultados com o presente estudo, verificou-se que as crianças avaliadas por Savino et al. (2008) apresentaram valor semelhante de AF, em relação ao primeiro grupo (leite materno), enquanto o valor médio de AF do segundo grupo (fórmula) apresentou valor menor em relação ao presente estudo.

Em 2003, Savino et al. estudaram crianças menores de um ano de idade nascidas a termo, adequadas para idade gestacional e que não apresentavam qualquer doença ou

problemas de crescimento. Quando estas crianças foram separadas pela idade, o valor do AF da faixa etária de 0 a 3,9 meses foi $2,5^\circ$, sendo $2,2^\circ$ para as do sexo masculino e $3,1^\circ$ para as do sexo feminino. Já para as crianças de 4 a 7,99 meses e de 8 a 11,99 meses de idade, os valores de AF foram maiores ($2,8^\circ$ e $3,5^\circ$, respectivamente). Comparando esses resultados com os do presente estudo, verifica-se que as crianças estudadas por Savino et al. (2003) apresentaram menor valor de AF. Outro fato importante é que, como no presente estudo, o valor médio do AF do sexo masculino é menor que o sexo feminino.

O estudo de Nagano et al. (2000), avaliaram o uso do AF como indicador do estado nutricional em 81 crianças entre 2 meses e 7 anos de idade (10 subnutridas e 71 eutróficas), e também revelou valores baixos de ângulo de fase ($0,7^\circ$ a $3,1^\circ$ valores individuais, semelhante ao estudo de Azevedo et al. (2007), que avaliaram crianças entre 0 a 15 anos de idade, variando de $2,9^\circ$ a $4,2^\circ$ revelou valores abaixo dos encontrados no nosso estudo para criança na faixa etária de 1 mês a 1 ano de idade ($3,28^\circ$), sendo esse estudo realizado com pacientes críticos (insuficiência respiratória, quadros infecciosos e instabilidade nos casos de pós-operatório de cirurgia pediátrica e neurocirurgia)

No estudo de De Palo et al. (2000) foram avaliadas crianças saudáveis na faixa etária de 2 a 9 anos, apresentando variação da média do AF de $4,6^\circ$ a $5,7^\circ$ e entre 10 e 15 anos de idade, apresentaram variação de $5,7^\circ$ e $6,2^\circ$, sendo todos esses valores maiores que os encontrados nas lactentes de 30 a 90 dias de idade. Outros estudos em adultos referem valores de AF de 3° a 15° . Barbosa-Silva, Barros (2005) estimaram o AF em 1967 adultos saudáveis de 18 a 94 anos de idade para ser usado como valores de referência. Os valores foram menores ($p < 0,001$) nas mulheres que nos homens, foram maiores com a idade ($p < 0,001$), diminuíram com o aumento do IMC e foram associados inversamente com a porcentagem de gordura nos homens. Assim, por meio desse estudo, foi possível concluir que o AF difere entre as categorias de sexo, idade, IMC e porcentagem de gordura corporal.

Segundo Azevedo et al. (2007), a caracterização dos valores de ângulo de fase na população de crianças brasileiras saudáveis é importante, para que os dados de pacientes críticos possam ser comparados e, também, para que o AF possa ser útil durante a internação e acompanhamento de pacientes graves.

7. CONCLUSÕES

Para a análise vetorial de lactentes brasileiros saudáveis com 30 a 90 dias de idade, devem ser utilizados os valores de referência específicos para essa faixa etária, pois esses se apresentaram diferentes dos valores dos lactentes jovens, assim como os demais dados existentes na literatura.

Os valores de referência dos intervalos de tolerância 50 %, 75 % e 90 %, foram descritos para lactentes brasileiros saudáveis com 30 a 90 dias e podem ser usados para prever morbidade e estado nutricional de pacientes críticos.

A representação gráfica da distribuição das elipses de confiança foi claramente caracterizada pela não sobreposição das elipses de acordo com os sexos, portanto, se justifica assim a necessidade de um gráfico de análise vetorial de impedância bioelétrica para cada sexo, devendo ser utilizada uma curva de referência para o sexo feminino e outra para o sexo masculino.

Com os valores de ângulo de fase caracterizados no presente estudo para lactentes brasileiros saudáveis com 30 a 90 dias de idade, dados de pacientes críticos podem ser comparados, sendo útil para prever morbidade e estado nutricional em paciente hospitalizados.

REFERÊNCIA

Alexander GR, Himes JH, Kaufman RB, Mor J, Kogan M. A United States national reference for fetal growth. *Obstet Gynecol*. 1996;87(2):163-8.

Associação Nacional de Empresas de Pesquisa (ANEP) – Dados com base no levantamento sócio econômico – 2009 – IBOPE [Citado 17 de abril 2009]. Disponível em: <http://www.anep.org.br>

Azevedo ZMA, Silva DR, Dutra MVP, Elsas MICG, Barbosa-Silva MCG, Fonseca VM. Associação entre Ângulo de Fase, PRISM I e Gravidade da Sepse. *Rev Bras Ter Int*. 2007;19(3):297-303.

Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(3):311-7.

Barbosa-Silva MC, Barros AJ, Post CL, Waitzberg DL, Heymsfield SB. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition*. 2003;19(5):422-6.

Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson Jr RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr*. 1988;48(1):16-23.

Barros FAA, Barbieri MA, Gutierrez MRP, Bettiol H, Ricco RG. Peso ao nascer e crescimento físico do lactente. *Medicina (Ribeirão Preto)*. 1996;29:258-68.

Baumgartner RN. Electrical impedance and total body electrical conductivity. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign: Human Kinetics; 1996. p. 79-102.

Baumgartner RN, Chumela WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr*. 1988;48(1):16-23.

Bezerra VLVA, Giugliano R, Campo DJ, Cruz CB. Avaliação do estado nutricional de crianças de até 24 meses pelo critério de Waterlow. *Bras Med*. 2005;42(3/4):4-9.

Bozzetto S, Piccoli A, Montini G. Bioelectrical impedance vector analysis to evaluate relative hydration status. *Pediatr Nephrol*. 2010; 25:329-34.

Brenelli MA, Martins Filho J. Curvas de crescimento intra-uterino da população de nascidos vivos na maternidade do CAISM - Unicamp. *J Pediatr (Rio J)*. 1992;68:21-5.

Brock RS. Valores de referência do índice de massa corpórea para recém-nascidos de acordo com a idade gestacional [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2006.

Brock RS, Falcão MC. Avaliação nutricional do recém-nascido: limitações dos métodos atuais e novas perspectivas. *Rev Paul Pediatr*. 2008;26(1):70-6.

- Brock RS, Falcão MC, Leone C. Body mass index values for newborns according to gestational age. *Nutr Hosp.* 2008;23(5):487-92.
- Bruin N, Westerterp K, Degenhart H, Visser H. Measurement of fat-free mass in infants. *Pediatr Res.* 1995;38:411-7.
- Butte N, Heinz C, Hopkinson J, Wong W, Shypailo R, Ellis K. Fat mass in infants and toddlers: comparability of total body water, total body potassium, total body electrical conductivity, and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 1999;29:184-9.
- Cardoso LE, Falcão MC. Nutritional assessment of very low birth weight infants: relationships between antropométric and biochemical parameters. *Nutr Hosp.* 2007;22(3):322-9.
- Cordain L, Whicker RE, Johnson JE. Body composition determination in children using bioelectrical impedance. *Growth Dev Aging.* 1988;52(1):37-40.
- Cochran W, Klish W, Wong W, Klein P. Total body electrical conductivity used to determine to determine body composition in infants. *Pediatr Res.* 1986;20:561-4.
- Cruz ACS, Falcão MC, Ramos JLA. Análise crítica do uso de curvas de crescimento intra-uterino no período neonatal. *Rev Bras Nutr Clin.* 2006;21(3):198-203.
- Danford LC, Schoeller DA, Kushner RF. Comparison of two bioelectrical impedance analysis models for total body water measurement in children. *Ann Hum Biol.* 1992;19(6):603-7.
- Daneluzzi JC. Programas de puericultura: uma experiência bem - sucedida. In: Ricco RG, Del Ciampo LA, Almeida CAN. *Puericultura, princípios e práticas – atenção integral à saúde da criança.* São Paulo: Atheneu, 2000. p. 5-8.
- Davies OS. Body composition assessment. *Arch Dis Child.* 1993;69(3):337-8.
- 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 Nutr Bull.* 2004;25:S15-26.
- de Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L, Di Iorio B, Mignozzi M, Vienna A, Conti G, Penza R, Piccoli A. Normal Values of the Bioelectrical Impedance Vector in Childhood and Puberty. *Nutrition.* 2000;16:417-24.
- Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J.* 2008;7:26.
- Delgado AF, Falcão MC, Carrazza FR. Princípios do suporte nutricional em Pediatria. *J Pediatr.* 2000;76 Supl 3:S330-S8.
- Demerath EW, Guo SS, Chumlea WC, Towne B, Roche AF, Siervogel RM. Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:389-97.

- Demura S, Sato S, Kitabayashi. Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analysers. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2004;23:93-9.
- Dittamar M. Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *Am J Hum Biol.* 2004;16:593-7.
- Dung NQ, Fusch G, Armbrust S, Jochum F, Fusch C. Body composition of preterm infants measured during the first months of life: bioelectrical impedance provides insignificant additional information compared to anthropometry alone. *Eur J Pediatr.* 2007;166(3):215-22.
- El-Dahr SS, Chevalier RL. Special needs of the newborn infant in fluid therapy. *Pediatr Clin North Am.* 1990;37(2):323-36.
- Ellis KJ. Evaluation of body composition in neonates and infants. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2007;12(1):87-91.
- Ellis KJ, Bell SJ, Chertow GM, Chumlea WC, Knox TA, Kotler DP, Lukaski HC, Schoeller DA. Bioelectrical impedance methods in clinical research: a follow-up to the NIH technology assessment conference. *Nutrition.* 1999;15:874-80.
- Ellis KJ, Yao M, Shypailo RJ, Urlando A, Wong WW, Heird WC. Body-composition assessment in infancy: air-displacement plethysmography compared with a reference 4-compartment model. *Am J Clin Nutr.* 2010;85:90-5.
- Falcão MC. Avaliação nutricional do recém-nascido. *Pediatrics.* 2000; 22(3):233-9.
- Falcão MC, Cardoso LEMB. Avaliação nutricional do recém-nascido pré-termo. *Rev Bras Nutr Clin.* 2001;16(4):144-7.
- Ferreira DM, Souza MN. Bioelectrical impedance spectroscopy for the assessment of body fluid volumes of term neonates. *Braz J Med Biol Res.* 2004;37(11):1595-1606.
- Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr.* 2002;75:453-67.
- Foster KF, Lukaski HC. Whole-body impedance – what does it measure? *Am J Clin Nutr.* 1996;64(3 Suppl):388S-96S.
- Garza C, De Onis M. A new international growth reference for young children. *Am J Clin Nutr.* 1999;70 Suppl:169S-72S.
- Gluckman PD. Endocrine and nutritional regulation of prenatal growth. *Acta Paediatr Suppl.* 1997;423:153-7.
- Goran MI, Kaskoun MC, Carpenter WH, Poehlman ET, Ravussin E, Fontvieille AM. Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance. *J Appl Physiol.* 1993;75(4):1776-80.
- Gotfredsen A, Jensen J, Borg J, Christiansen C. Measurement of lean body mass and total body fat using dual photon absorptiometry. *Metabolism.* 1986;35(1):88-93.

Guida B, De Nicola L, Pecoraro P, Trio R, Di Paola F, Iodice C, Bellizzi V, Memoli B. Abnormalities of bioimpedance measures in overweight and obese hemodialyzed patients. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001; 25:265-72.

Guida B, Pietrobelli A, Trio R, Laccetti R, Falconi C, Perrino NR, Principato S, Pecoraro P. Body mass index and bioelectrical vector distribution in 8-year-old children. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008;18(2):133-41.

Heymsfield SB, Wang ZM, Visser M, Gallagher D, Pierson RN Jr. Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr*. 1996;64(3 Suppl):478S-84S.

Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water. *J Appl Physiol*. 1969;27(4):531-4.

Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a crossvalidation study. *J Appl Physiol*. 1992;72(1):366-73.

Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Hall MC. Validity of bioelectric impedance for body composition assessment in children. *J Appl Physiol*. 1989;66(2):814-21.

Jelliffe DB. Evaluación del estado de nutrición de la comunidad. Ginebra: OMS; 1968. (Publicação científica, 53).

Jenin P, Lenoir J, Rouillet C, Thomasset A, Ducrot H. Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviat Space Environ Med*. 1975;46:152-5.

Kamimura MA, Draibe AS, Sigulem DM, Cuppari L. Métodos de avaliação da composição corporal em pacientes submetidos à hemodiálise. *Rev Nutr*. 2004;17(1):97-105.

Karlberg J, Kwan CW, Albertsson-Wikland K. Reference values for change in body mass index from birth to 18 years of age. *Acta Paediatr*. 2003;92:648-52.

Koo WWK, Hammami M, Shypailo RJ, Ellis KJ. Bone and body composition measurements of small subjects: discrepancies from software for fan-beam dual energy X-ray absorptiometry. *J Am Coll Nutr*. 2004;23(6):647-50.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMWJ, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004a;23(5):1226-43.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMWJ, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis – part II: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004b;23:1430-53.

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. National Center for Health Statistics. Vital Health Stat. 2002;246:1-190.

Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. J Am Coll Nutr. 1992;(2):199-209.

Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by electrical impedance analysis. Am J Clin Nutr. 1986;44:417-24.

Kushner RF, Schoeller DA, Fjeld CR, Danford L. Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? Am J Clin Nutr. 1992;56(5):835-9.

L'Abée C, Poorts-Borges PH, Gorter EHGM, Piccoli A, Stolk RP, Sauer PJJ. The bioelectrical impedance vector migration in healthy infants. Clin Nutr. 2010;29:222-6.

Laskey M, Phil D. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. Nutrition. 1996;12:45-51.

Lee PA, Chernausk SD, Hokken-Koelega AC, Czernichow P. International Small for Gestational Age Advisory Board. International Small for Gestational Age Advisory Board consensus development conference statement: management of short children born small for gestational age. Pediatrics. 2003;111:1253-61.

Loftin M, Nichols J, Going S, Sothorn M., Schmitz KH, Ring K, Tuuri G, Stevens J. Comparison of the validity of antropometric and bioelectric impedance equations to asses body composition in adolescent girls. Int J body Campos Res. 2007;5(1)1-8.

Lohman TG. Advances in body composition assessment. Current issues in exercise science. Champaing: Human Kinetics; 1992.

Lubchenco LO, Hansman C, Dressler M, Boyd E. Intrauterine growth as estimated from liveborn birth-weight data at 24 to 42 weeks of gestation. Pediatrics. 1966;37(3):404-8.

Macchiaverni LML, Barros FAA. Perímetro cefálico: porque medir sempre. Medicina. 1998;31:595-609.

Margotto PR. Curvas de crescimento intra-uterino: estudo de 4413 recém-nascidos únicos de gestações normais. J Pediatr. 1995;71:11-21.

Margotto PR. Curvas de crescimento intra-uterino: uso de curvas locais. J Pediatr. 2001;77:153-5.

Mello ED. O que significa avaliação do estado nutricional. J Pediatr. 2002;78(5):357-8.

Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Saúde da criança. Acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil. Brasília (DF): O Ministério; 2002. (Série Cadernos de Atenção Básica, n.11. Série A: Normas e Manuais Técnicos, n. 173). Parte 1. Crescimento.

- Mushnick R, Fein PA, Mittman N, Goel N, Chattopadhyay J, Avram MM. Relationship of bioelectrical impedance parameters to nutrition and survival in peritoneal dialysis patients. *Kidney Int.* 2003;64:S53-S6.
- Nagano M, Suita S, Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *J Pediatr Surg.* 2000;35(7):1035-9.
- Nyboer J. Electrical impedance plethysmography. Springfield: Thomas CC; 1970. p. 3-49.
- Peters BSE, Jorgetti V, Martini LA. Body composition changes in hemodialysis patients with secondary hyperparathyroidism after parathyroidectomy measured by conventional and vector bioimpedance analysis. *Br J Nutr.* 2006;95(2): 353-7.
- Piccoli A, Brunani A, Salvia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, Cavagnini F. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adults using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1998;22(2):97-104.
- 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;46:534-9.
- Piccoli A, Pillon L, Favaro E. Asymmetry of the total body water prediction bias using the impedance index. *Nutrition.* 1997;13:438-41.
- Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. Body fluid overload and bioelectrical impedance analysis in renal patients. *Miner Electrolyte Metab.* 1996, 22:76-78.
- Piccoli A, Pastori G. BIVA software. Padova: University of Padova/Department of Medical and Surgical Sciences; 2002.
- Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. *Kidney Int.* 1998;53:1036-43.
- 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.* 2002;18(5):383-7.
- Piccolino M. Luigi Galvani and animal electricity: two centuries after the foundation of electrophysiology. *Trends Neurosci.* 1997;20(10):443-8.
- Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(2):316-22.
- Pupim LCB, Ribeiro CB, Kent P, Ilizier TA. Atualização em diálise: uso da impedância bioelétrica em pacientes em diálise. *J Bras Nefrol.* 2000;22(4):249-56.
- Ramos JLA. Avaliação do crescimento intra-uterino por medidas antropométricas do recém-nascido [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1983.

Roberts KE. Pediatric fluid and electrolyte balance: critical care case studies. *Crit Care Nurs Clin N Am*. 2005;17:361-73.

Roje D, Banovic I, Tadin I, Vucinovic M, Capkun V, Barisic A, Vulic M, Mestrovic Z, Mimica M, meletic T. Gestational Age – The Most Imporant Factor of Neonatal Ponderal Index. *Yonsei Med J*. 2004;45(2):273-80.

Roubenoff R, Kehayas JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy X-ray absorptiometry in body composition studies: not yet a “gold standard”. *Am J Clin Nutr*. 1993;58(5):589-91.

Sant’Anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr*. 2009;27(3):315-21.

Savino F, Grasso G, Cresi F, OggeroR, Silvestro L. Bioelectrical Impedance Vector Distribution in the First Year of Life. *Nutrition*. 2003;19(6):492-6.

Savino F, Liguori SA, Fissore MF, Palumeri E, Calabrese R, Oggero R, Silvestro L, Miniero R. Looking for a Relation Between Serum Leptin Concentration and Body Composition Parameters in Healthy Term Infants in the First 6 Months of Life. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2008;46(3):348-51.

Scheltinga MR, Jacobs DO, Kimbrough TD, Wilmore DW. Alterations in body fluid can be detected by bioelectrical impedance analysis. *J Surg Res*. 1991;50(5):461-8.

Schoeller DA. Update: NIH consensus conference: bioelectrical impedance analysis for the measurement of human body composition: where do we stand and what is the next step? *Nutrition*. 1996;12(11-12):760-2.

Sigulem DM, Devincenzi MU, Lessa AC. Diagnosis of child and adolescent nutritional status. *J Pediatr*. 2000;76 Suppl 3:s275-84.

Soares NT. Um novo referencial antropométrico: significados e implicações. *Rev Nutr*. 2003;16(1):93-104.

Tang W, Ridout D, Modi N. Assessment of total body water using bioelectrical impedance analysis in neonates receiving intensive care. *Arch Dis Child*. 1997;77:F123-6.

Tavares RFS. Estudo do crescimento intra-uterino de recém-nascidos normais. *J Pediatr*. 1998;74:205-12.

Testolin CG, Gore R, Rivkin T, Horlick M, Arbo J, Wang Z, Chiumello G, Heymsfield SB. Dual-energy x-ray absorptiometry: analysis of pediatric fat estimate errors due to tissue hydration effects. *J Appl Physiol*. 2000; 89:2365-72.

Thomasset A. Bio-electrical properties of tissues impedance measurements. *Lyon Méd*. 1962;207:107-18.

Victora CG, Gigante DP, Barros AJD, Monteiro CA, Onis M. Estimativa de prevalência de déficit de altura/idade a partir da prevalência de déficit de peso/idade em crianças brasileiras. *Rev Saúde Pública*. 1998;32:321-7.

Usher R, MacLean F. Intrauterine growth of live-born Caucasian infants at sea level: standards obtained from measurements in 7 dimensions of infants born between 25 and 44 weeks of gestation. *J Pediatr*. 1969;74(6):901-10.

Waterlow JC, Buzina R, Keller W, Lane JM, Nichaman MZ, Tanner JM. The presentation and use of height and weight data for comparing the nutritional status of groups of children under the age of 10 years. *Bull World Health Organization*. 1977;55:489-98.

WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO child growth standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. Geneva: WHO; 2006a.

WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Enrolment and baseline characteristics in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr Suppl*. 2006b;450:7-15.

Williams RL. Intrauterine growth curves: Intra and international comparisons with different ethnic groups in California. *Prevent Med*. 1975;4:163-72.

Williams RL, Creasy RK, Cunningham GC, Hawes WE, Norris FD, Tashiro M. Fetal growth and perinatal viability in California. *Obstet Gynecol*. 1982;59(5):624-32.

World Health Organization (WHO). A growth chart for international use in maternal and child health care. Geneva: WHO; 1978.

World Health Organization (WHO). Indicators for assessing breastfeeding practices. Update. Programme for Control of Diarrhoeal Diseases. Geneva: WHO; 1992.

World Health Organization (WHO). Physical Status; the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO; 1995. (WHO Technical Report Series, 854).

Yajnik CS, Fall CHD, Coyaji KJ, Hirve SS, Rao S, Barker DJ, Joglekar C, Kellingray S. Neonatal anthropometry: the thin-fat Indian baby. The Pune maternal Nutrition Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27(2):173-80.

Zeferino AMB, Barros FAA, Bettiol H, Barbieri MA. Acompanhamento do crescimento. *J Pediatr*. 2003;79(1):S23-S32.

Zemel BS, Riley EM, Stallings VA. Evaluation of methodology for nutritional assessment in children: anthropometry, body composition, and energy expenditure. *Annu Rev Nutr*. 1997;17:21-35.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“Valores de Referência para Análise Vetorial de Impedância Bioelétrica de Lactentes”

Estamos convidando seus filhos que estarão participando de um estudo que irá abranger crianças saudáveis atendidas em Centro de Saúde de Ribeirão Preto – São Paulo. A pesquisa tem como título “**Análise vetorial de bioimpedância elétrica de lactentes**” e tem como objetivo conhecer valores normais da composição do corpo da criança de 30 a 90 dias utilizando um aparelho chamado bioimpedância elétrica. Para isso, a mãe ou responsável deverá permitir que a criança faça uma avaliação da bioimpedância elétrica (é uma avaliação indolor e rápida), seja medida e pesada. Este aparelho mede a composição do corpo da criança (quantidade de gordura, água e massa sem gordura); é um procedimento semelhante ao eletrocardiograma, (indolor e não invasivo) onde o bebê estará deitado, sendo colocados dois eletrodos na superfície da mão e do pé. A partir daí, o aparelho de impedância bioelétrica emite uma corrente elétrica imperceptível ao paciente e fornece os resultados referentes a gordura corporal. É importante que você mãe, ou responsável, leia com atenção e compreenda totalmente as informações. No caso de você não entender alguma parte deste consentimento, pode perguntar ao responsável pela pesquisa antes de assiná-lo. Os pais ou responsáveis pela criança terão que responder um questionário para que possamos avaliar seu nível socioeconômico e a escolaridade dos pais do lactente que está sendo avaliado.

Os benefícios serão muitos, não para o seu filho neste momento, mas sim para outros lactentes que nasceram com algum problema de saúde e/ou que poderão apresentar após o nascimento. Os dados que coletamos de seu filho e de outros lactentes saudáveis serão utilizados para fazermos um gráfico com dados de crianças normais saudáveis, e assim poderemos comparar e avaliar crianças com alguma doença. A participação no estudo não é obrigatória e o consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo sem que isso prejudique o adequado atendimento médico e nutricional nessa instituição. Vocês terão a garantia de sigilo da identidade e a privacidade da criança. Não existem riscos à saúde física ou moral do seu filho, nem causará qualquer tipo de dor a ele para realizar esta coleta de dados necessária para esta pesquisa.

Este trabalho está sob a coordenação da nutricionista Roseli Borges Donegá Toffano e sob orientação da Profa. Dra. Jacqueline Pontes Monteiro, do Departamento de Pediatria e Puericultura da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Telefones para contato: (16) 3602 28 06; (16) 99645123.

Eu, _____
____RG: _____, abaixo assinado, responsável
por _____, confirmo ter recebido
todas as informações sobre a pesquisa a ser desenvolvida, e ciente dos direitos que foram
acima relacionados e autorizo sua participação.

Local/Data: _____

Assinatura da mãe ou responsável: _____

Assinatura do pesquisador responsável: _____

**APÊNDICE B – Questionário para avaliação socioeconômica
familiar e escolaridade dos pais**

**QUESTIONÁRIO PARA ESTIMAR OS NÍVEIS SOCIOECONÔMICO E
ESCOLARIDADE**

**“VALORES DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE VETORIAL DE
IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA DE LACTENTES”**

Este questionário tem como objetivo proporcionar a coleta de dados referentes ao nível socioeconômico da família do lactente, assim como o grau de escolaridade dos seus pais.

I – INFORMAÇÕES PESSOAIS (PAI OU MÃE)

A. Data da Entrevista: ____/____/____

B. Sexo: Masculino 1() Feminino 2()

C. Data de Nascimento: _____

D. Mora com: Pai 1() Mãe 2() Ambos 3() Outros 4()

E. N° de irmãos: _____

F. Quantas pessoas moram em sua casa incluindo você: _____

G. No quadro abaixo, marque a quantidade de itens que existem na casa.

Posse de Itens			Quantidade de Itens		
Não vale utensílios quebrados	0	1	2	3	4 ou +
1. Televisão em cores					
2. Rádio					
3. Banheiro					
4. Automóvel					
5. Empregada Mensalista					
6. Máquina de lavar/Tanquinho					
7. Videocassete/DVD					
8. Geladeira					
9. Freezer – Geladeira duplex					

Marque com “X” até que ano escolar você e o pai ou mãe da criança ou adolescente estudaram.

Grau de Instrução do Chefe da Família

Analfabeto/Até a 3ª série Fundamental/Até a 3ª série 1º Grau	
Até a 4ª série Fundamental/Até a 4ª série 1º Grau	
Fundamental completo/1º Grau completo	
Médio completo/2º Grau completo	
Superior completo	

APÊNDICE C – Formulário para coleta de dados

FICHA ANTROPOMÉTRICA

Nome: _____

Sexo: masculino 1[☐] feminino 2[☐]

Data do exame: ____/____/____

Data de Nascimento: ____/____/____

Idade gestacional: _____(semanas)

Peso (kg) ao nascimento: _____

Comprimento (cm) ao nascimento: _____

Idade atual: _____(dias)

Peso (Kg) atual: _____

Comprimento (cm) atual: _____

IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA TOTAL MEMBRO SUPERIOR E INFERIOR			
	1ª medida	2ª medida	3ª medida
Resistência			
Reactância			

APÊNDICE D – Formulário para coleta de dados

ANTECEDENTES GESTACIONAIS

- Idade materna ao nascimento _____ anos
- Cor da mãe: () branca () negra () outra
- Estado civil: () casada () solteira () separada () amasiada () viúva
- Número de gestação (inclusive a atual): () 1 () 2 () 3 () _____
- Número de abortos: () 1 () 2 () 3 _____
- Parto (atual): () Normal () Cesárea () Fórceps
- Local do pré-natal: _____
- Início do pré-natal: () antes da 14ª semana () após 14ª semana
- Números de consultas _____ () até 5 () 6 ou +
- Números de exames complementares (básicos):
 - tipagem ABO-Rh: _____ () 1 () 2 ou +
 - hemoglobina: _____ () 1 () 2 ou +
 - hematócrito: _____ () 1 () 2 ou +
 - glicemia em jejum: _____ () 2 () 3 ou +
 - VDRL: _____ () 2 () 3 ou +
 - urina tipo 1: _____ () 2 () 3 ou +
- Procedimentos clínico-obstétricos (essenciais):
 - aferição da idade gestacional: _____ () menos que 5 () 5 ou +
 - aferição da altura uterina: _____ () menos que 5 () 5 ou +
 - aferição da pressão arterial: _____ () menos que 5 () 5 ou +
 - aferição do peso materno: _____ () menos que 5 () 5 ou +
 - aferição edema materno: _____ () menos que 5 () 5 ou +
 - aferição batimentos cardíacos fetais: _____ () menos que 4 () 4 ou +
 - apresentação fetal: _____ () 1 () 2 ou +

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.fmrp.usp.br

Ribeirão Preto, 25 de abril de 2007

Ofício nº 1368/2007
CEP/MGV

Prezada Senhora,

O projeto de pesquisa intitulado: **“ANÁLISE VETORIAL DE BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA DE LACTENTES”**, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 245ª Reunião Ordinária realizada em 23/04/2007, e enquadrado na categoria: **APROVADO, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**, de acordo com o Processo HCRP nº 3604/2007. Lembramos que devem ser encaminhados a este CEP relatórios semestrais e relatório final da pesquisa.

Atenciosamente.

DRª. MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Vice-Coordenadora do Comitê de Ética
em Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssima Senhora

PROFª. DRª. JACQUELINE PONTES MONTEIRO
Depto. de Puericultura e Pediatria