

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Matheus Klabunde

**Estudo de Modelos Utilizados para Cálculo da Composição Corporal Baseados
em Medições de Bioimpedância**

Florianópolis
2020

Matheus Klabunde

Estudo de Modelos Utilizados para Cálculo da Composição Corporal Baseados em Medições de Bioimpedância

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Jefferson Luiz Brum Marques - PhD

Florianópolis
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Klabunde, Matheus

Estudo de Modelos Utilizados para Cálculo da Composição Corporal Baseados em Medições de Bioimpedância / Matheus Klabunde ; orientador, Jefferson Luiz Brum Marques, 2020.
78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Elétrica, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica. 2. Engenharia Elétrica. 3. Bioimpedância. 4. Gráfico de Bland-Altman. I. Brum Marques, Jefferson Luiz. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

Matheus Klabunde

Estudo de Modelos Utilizados para Cálculo da Composição Corporal Baseados em Medições de Bioimpedância

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Elétrica” e aceito, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 18 de dezembro de 2020.



Documento assinado digitalmente
Jean Viane Leite
Data: 21/12/2020 13:42:52-0300
CPF: 003.474.909-80

Prof. Jean Viane Leite, Dr.
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Jefferson Luiz Brum Marques
Data: 19/12/2020 20:30:00-0300
CPF: 457.624.060-91

Prof. Jefferson Luiz Brum Marques - PhD
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Mateus Andre Favretto
Data: 21/12/2020 09:37:45-0300
CPF: 023.032.510-60

Eng^o Mateus André Favretto, MSc.
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Sandra Cossul
Data: 21/12/2020 12:56:18-0300
CPF: 026.490.140-16

Eng^a Sandra Cossul, MSc.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este Trabalho é dedicado a meus familiares e meus amigos queridos

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio que meus pais me deram durante toda minha vida, seja para que eu sempre vá atrás dos meus sonhos ou me torne uma pessoa melhor.

Agradeço a meus avós paternos e maternos por todo amor que me deram durante minha infância. À minha tia por sempre me apoiar da forma que podia pra que realizasse cursos e viagens que moldaram minha pessoa.

Agradeço ao Prof. Jefferson Luiz Brum Marques, por ter aceitado ter me orientado durante a realização deste projeto e pela paciência que teve comigo durante a realização dele.

Agradeço aos meus amigos por sempre estarem ao meu lado, me dando apoio nas horas que eu precisava de um ombro amigo e me animando em horas que me encontrei o mais perdido

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina por todo o tempo que passei estudando na instituição.

RESUMO

A bioimpedância é uma área da engenharia elétrica que nos últimos anos tem aumentado sua importância para a melhoria em diagnósticos de composição corporal das pessoas. A bioimpedância é a impedância de organismos vivos, neste caso, de seres humanos. Para o cálculo da bioimpedância, é necessário aplicar no tecido do corpo uma corrente elétrica de baixa intensidade, que ao percorrer os diferentes tecidos do corpo, irá apresentar diferentes resistências a sua passagem. Nos últimos anos ocorreu vários avanços tecnológicos no setor de engenharia elétrica. Esses avanços permitiram a criação de aparelhos mais precisos de bioimpedância o que, enriquece os estudos na área e ajuda os profissionais a direcionarem os melhores tratamentos para seus pacientes. Neste estudo, foi utilizada uma base de dados de 54 indivíduos com diabetes. Utilizando o software MATLAB e SPSS, foram calculados os seguintes parâmetros de bioimpedância: massa magra (*free-fat mass*, FFM), massa total de água corporal (*total body water*, TBW) e massa celular corporal (*body cell mass*, BCM). Para a análise de concordância entre os modelos de cada parâmetro, foram realizados a plotagem de um gráfico de Bland-Altman e um Teste t de Student. Para o cálculo dos parâmetros, o que demonstrou mais proximidade entre os métodos foram as equações utilizadas para o cálculo da massa total de água corporal. Já para o cálculo da massa celular corporal e da massa magra, os métodos não possuíam uma boa concordância. Porém, devido a falta de importantes variáveis para o cálculo e as aproximações que foram necessárias para esse estudo, não podemos garantir que os métodos possuem ou não algum grau de proximidade.

Palavras-chave: Bioimpedância, Bland-Altman, Teste t de Student, Massa Magra, Massa Total de Água Corporal, Massa Celular Corporal

ABSTRACT

Bioimpedance is an area of electrical engineering that in recent years has increased its importance for improving diagnoses of people's body composition. Bioimpedance is the impedance of living organisms, in this case, of human beings. For the calculation of bioimpedance, it is necessary to apply a low intensity electric current to the body tissue, which, when going through the different body tissues, will present different resistance to its passage. In recent years there have been several technological advances in the electrical engineering sector. These advances have allowed the creation of more accurate bioimpedance devices, which enriches studies in the area and helps professionals to target the best treatments for their patients. In this study, a database of 54 individuals with diabetes was used. Using the MATLAB and SPSS software, the following bioimpedance parameters were calculated: free-fat mass (FFM), total body water (TBW) and body cell mass (BCM). For the analysis of agreement between the models of each parameter, a Bland-Altman plot and a Student's t-test were made. For the calculation of the parameters, what showed more proximity between the methods were the equations used for the calculation of the total body water mass. For the calculation of body cell mass and free-fat mass, the methods did not have a good agreement. However, due to the lack of important variables for the calculation and the approximations that were necessary for this study, we cannot guarantee that the methods have or have not some degree of proximity.

Keywords: Bioimpedance, Bland-Altman, Student's t-Test, Fat-Free Mass, Total Body Water, Body Cell Mass

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plano Cartesiano indicando um exemplo de vetor de impedância	17
Figura 2 – Métodos de medição de bioimpedância por frequência única	21
Figura 3 - Gráfico que demonstra os círculos de precisão da BIVA. No eixo x, temos a relação entre a resistência pela altura e no eixo y temos a relação da reatância capacitiva pela altura	22
Figura 4 – Imagem do programa de computador MATLAB em sua página inicial	28
Figura 5 – Imagem da tela de script do MATLAB, com uma função exemplo implementada	29
Figura 6 - Tela de comandos do MATLAB, onde a função exemplo da figura 5 teve suas variáveis preenchidas e retornou um valor	29
Figura 7 – Imagem da tela inicial do programa SPSS	30
Figura 8 – Exemplo de gráfico de Bland-Altman	31
Figura 9 – Equação 12 implementada em MATLAB	32
Figura 10 – Equação 15 implementada em MATLAB	32
Figura 11 – Equação 16 implementada em MATLAB	32
Figura 12 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	36
Figura 13 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	38
Figura 14 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	40
Figura 15 – Equação 12 implementada em MATLAB	40
Figura 16 – Equação 13 implementada em MATLAB	41
Figura 17 – Equação 14 implementada em MATLAB	41
Figura 18 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	45
Figura 19 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	47
Figura 20 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	49
Figura 21 - Equação 17 implementada em MATLAB	49
Figura 22 - Equação 18 implementada em MATLAB	50
Figura 23 - Equação 19 implementada em MATLAB	50
Figura 24 - Equação 20 implementada em MATLAB	50
Figura 25 - Equação 21 implementada em MATLAB	50
Figura 26 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	56
Figura 27 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	58
Figura 28 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	60
Figura 29 - Equação 22 implementada em MATLAB	60
Figura 30 - Equação 23 implementada em MATLAB	61
Figura 31 - Equação 24 implementada em MATLAB	61
Figura 32 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	66
Figura 33 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	68
Figura 34 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médio e de desvio padrão do peso e altura dos pacientes.....	27
Tabela 2 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis	33
Tabela 3 – Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 2	34
Tabela 4 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	35
Tabela 5 – Valor de significância do teste t	35
Tabela 6 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	36
Tabela 7 – Valor de significância do teste t	37
Tabela 8 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	38
Tabela 9 – Valor de significância do teste t	39
Tabela 10 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis	41
Tabela 11 – Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 10	43
Tabela 12 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	44
Tabela 13 – Valor de significância do teste t	44
Tabela 14 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	46
Tabela 15 – Valor de significância do teste t	46
Tabela 16 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	47
Tabela 17 – Valor de significância do teste t	48
Tabela 18 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis	51
Tabela 19 – Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 18	53
Tabela 20 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	55
Tabela 21 – Valor de significância do teste t	55
Tabela 22 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	56
Tabela 23 – Valor de significância do teste t	57
Tabela 24 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	58
Tabela 25 – Valor de significância do teste t	59
Tabela 26 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis	61
Tabela 27 – Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 26	63
Tabela 28 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	65
Tabela 29 – Valor de significância do teste t	66
Tabela 30 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	67
Tabela 31 – Valor de significância do teste t	67
Tabela 32 – Valor da média e do desvio padrão da diferença	69
Tabela 33 – Valor de significância do teste t	69
Tabela 34 - Informações de sexo, peso e altura dos pacientes	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIA	- Análise por Bioimpedância
BIS	- Espectrometria por Bioimpedância
CA	- Corrente Alternada
CA	- Corrente Alternada
ECF	- Quantidade de Líquido Extracelular (<i>Extracellular Fluids</i>)
FFM	- Quantidade Massa Magra (<i>Free-fat Mass</i>)
ICF	- Quantidade de Líquido Intracelular (<i>Intracellular Fluids</i>)
IMC	- Índice de Massa Corporal
R	- Resistência Elétrica
SI	- Sistema Internacional de Unidades
TBW	- Quantidade Total de Água (<i>Total Body Water</i>)
X	- Reatância
Xc	- Reatância Capacitiva
XL	- Reatância Indutiva
Z	- Impedância Elétrica
ABRAN	- Associação Brasileira de Nutrologia
SBNPE	- Sociedade Brasileira de Nutrição Parental e Enteral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	IMPEDÂNCIA ELÉTRICA	15
2.1.1	Representação	15
2.1.1.1	Forma Polar ou Fasorial	15
2.1.1.2	Forma Cartesiana	16
2.2	BIOIMPEDÂNCIA	18
2.2.1	O que é?	18
2.2.2	História	19
2.2.3	Modelos para Cálculo de Bioimpedância Corporal	20
2.2.3.1	Análise de Bioimpedância com Frequência Única (BIA-SF)	20
2.2.3.2	Análise de Bioimpedância de Múltiplas Frequências (BIA-MF)	21
2.2.3.3	Análise de Bioimpedância Vetorial (BIVA)	22
2.2.4	Procedimentos de um Exame de Bioimpedância	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	Modelos de Cálculo de Massa Magra	24
3.2	Modelos de Cálculo de Massa Total de Água Corporal	25
3.3	Modelos de Cálculo de Massa Celular Corporal	26
3.4	Dados	27
3.5	Programa MATLAB	28
3.6	Programa IBM SPSS	29
4	RESULTADOS	32
4.1	Massa Magra para Mulheres	32
4.1.1	Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres	35
4.1.2	Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres	36
4.1.3	Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres	38
4.2	Massa Magra para Homens	40
4.2.1	Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Magra para Homens	44

4.2.2	Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Homens	46
4.2.3	Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Homens	47
4.3	Massa Total de Água Corporal	49
4.3.1	Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal	55
4.3.2	Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal	56
4.3.3	Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal	58
4.4	Massa Celular Corporal	60
4.4.1	Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Celular Corporal	65
4.4.2	Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Celular Corporal	67
4.4.3	Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Celular Corporal	68
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E LIMITAÇÕES	71
6	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS	76

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, estamos vivendo um estágio de envelhecimento de nossa população e um dos fatores que mais preocupam para o futuro é a qualidade de vida que se pode ter ao alcançar a velhice. Assim, um programa que envolve alimentação saudável em conjunto com atividades físicas é importante para a manutenção de uma vida saudável. Esses programas podem ser mais bem elaborados ao se saber a composição corporal dos pacientes.

A composição corporal pode ser verificada utilizando método de análise de bioimpedância. Esse método permite a medição da quantidade de massa magra, gordura e/ou fluidos presentes na região de medição.

Devido essas características nos últimos anos se viu uma grande popularização de aparelhos que calculam a bioimpedância e, por consequência, apresentam a composição corporal de forma mais detalhada do que o Índice de Massa Corpórea (IMC) é capaz fornecer.

Assim, se viu necessária a realização deste projeto, para que, com o auxílio de fundamentos de Engenharia Biomédica e Elétrica/Eletrônica, se possa comparar diferentes estudos que realizam os cálculos de alguns parâmetros de bioimpedância, como a massa magra, a massa total de água corporal e a massa celular corporal, e se possa atestar a sua confiabilidade através da comparação de resultados para a análise de uma mesma população.

Essas comparações serão realizadas com base nos estudos de Bland e Altman (1986), criadores do gráfico de Bland-Altman e de Gosset (1908), criador do Teste T de Student. Kyle (2012), Lohman (1992), Kotler (1996), Cornish (2001) Kushner e Schoeller (1986), Sun (2001) e Dittmar e Reber (2001) foram os autores que possuem os modelos de cálculo de parâmetros de bioimpedância utilizados neste trabalho. [MK1]

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo comparar modelos de cálculo para parâmetros corporais utilizando medições de bioimpedância.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever os conceitos básicos de impedância e bioimpedância;
- Calcular a quantidade de massa magra, massa total de água corporal e massa celular corporal
- Comparar os diferentes modelos utilizando o gráfico de Bland-Altman.
- Identificar a confiabilidade entre os modelos analisados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes que seja possível realizar o estudo de bioimpedância, precisamos entender o que é a impedância elétrica, termo criado em 1893, pelo matemático e físico britânico Oliver Heaviside (1886).

2.1. IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Impedância elétrica é uma medida que aponta a quantidade de oposição que um circuito sob o efeito de uma tensão elétrica oferece para a passagem da corrente elétrica. Sua unidade de medida, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI) é o *ohm* (Ω).

Diferentemente do conceito de resistência elétrica, que também indica a relação entre a corrente e a tensão de um circuito, a impedância se aplica em circuitos no domínio da corrente alternada (CA). Sendo assim, as tensões e correntes serão valores sinusoidais com magnitude e fase (CALLEGARO, 2012).

2.1.1 Representações

Por se tratar de um número complexo, a impedância pode ser representada de duas formas distintas: forma polar e forma cartesiana.

2.1.1.1 Forma Polar ou Fasorial

Na forma polar temos a seguinte representação (Equação 1):

$$Z = |Z|\angle\phi \quad (1)$$

Onde $|Z|$ representa a magnitude da impedância e ϕ representa o ângulo de fase da impedância. Para o cálculo da magnitude e do ângulo de fase são utilizadas as formas fasoriais de corrente (Equação 2) e de tensão (Equação 3):

$$I = |I| \angle \phi_I \quad (2)$$

$$V = |V| \angle \phi_V \quad (3)$$

Pela Lei de Ohm, utilizando os valores fasoriais temos (Equação 4):

$$V = Z \cdot I$$

$$|V| \angle \phi_V = |Z| \angle \phi \cdot |I| \angle \phi_I \quad (4)$$

Isolando a impedância temos (Equação 5)

$$|Z| \angle \phi = \frac{|V| \angle \phi_V}{|I| \angle \phi_I}$$

$$|Z| \angle \phi = \frac{|V|}{|I|} \angle \phi_V - \phi_I \quad (5)$$

Então, através da representação polar, pode-se concluir que a magnitude da impedância é o quociente dos módulos das magnitudes da tensão e da corrente (Equação 6):

$$|Z| = \frac{|V|}{|I|} \quad (6)$$

E que a fase da impedância é a diferença entre os ângulos de fase da tensão e da corrente (Equação 7):

$$\phi = \phi_V - \phi_I \quad (7)$$

2.1.1.2 Forma Cartesiana

Na forma cartesiana, temos a impedância representada da seguinte forma (Equação 8):

$$Z = R + jX \quad (8)$$

Sendo R a parte real, representada pela resistência elétrica e X a parte complexa, representada pela reatância.

A reatância (Equação 9) é composta pela parte capacitiva e pela parte indutiva (Equações 10 e 11, respectivamente):

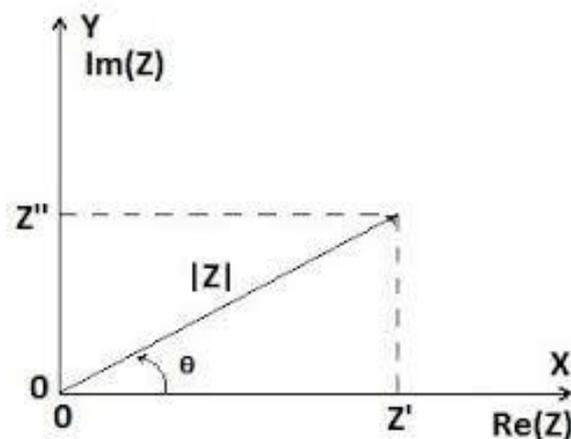
$$X = X_C + X_L \quad (9)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (10)$$

$$X_L = 2\pi fL \quad (11)$$

Onde f é a frequência aplicada no sistema, C a capacitância do circuito e L a indutância do circuito. Vale ressaltar que se a reatância for nula, ou seja, $X = X_C + X_L = 0$, a impedância só irá possuir a parte real e será, portanto, igual a resistência do circuito.

Figura 1 - Plano Cartesiano indicando um exemplo de vetor de impedância.



Fonte: feito pelo autor (2020).

No plano cartesiano acima, podemos ver que a projeção do vetor de impedância no eixo real (X), reflete o valor da parte real da impedância elétrica, ou seja, o valor da resistência. Este valor nunca será negativo.

Já a reflexão do vetor de impedância no eixo imaginário (Y), reflete o valor da parte complexa da impedância elétrica, ou seja, o valor da reatância. Não está indicado na figura, porém, o valor de Y também pode ser negativo, caso a reatância capacitiva seja maior que a reatância indutiva.

2.2 BIOIMPEDÂNCIA

2.2.1 O que é?

A bioimpedância é a medida de resistência que tecidos corporais oferecem para a passagem de corrente elétrica. Através disso é possível determinar a quantidade e estrutura de alguns aspectos do corpo estudado. No caso do organismo humano, massa magra, gordura corporal e total de água corporal (KYLE, 2004).

Um dos fatores que mais impactam para a medida de bioimpedância é a quantidade de água presente nos diferentes tipos de tecidos do corpo humano. Tecidos que possuem uma menor quantidade de água são menos condutores, ou seja, dificultam a passagem da corrente elétrica, fazendo com que a impedância seja maior; o contrário ocorre em tecidos ricos em água, como a massa magra, que por possuírem uma grande quantidade de água, facilitam a passagem da corrente elétrica, resultando em um valor de impedância menor (SAMPAIO, 2012)

Segundo Sampaio (2012), a impedância se constitui de uma parte resistiva e outra reativa, sendo que a parte resistiva da impedância é proveniente da oposição que a corrente elétrica encontra pelos meios intracelulares e extracelulares. Como já citado anteriormente, a quantidade de água presente nestes meios influencia diretamente na medida da resistência.

Já a parte reativa da impedância está relacionada com a penetração ou não da corrente elétrica nas membranas celulares. Sabe-se que a membrana celular dos seres humanos, sob influência de uma corrente ou tensão elétrica, pode atuar como um capacitor que armazena uma pequena quantidade da energia que lhe é submetida, podendo “atrasar” a passagem da corrente. Isso varia de acordo com a frequência ao qual o sistema elétrico está funcionando. Se a frequência for baixa, a corrente não penetrará na membrana das células. Já se for elevada, ela penetrará a membrana celular, será conduzida pelos líquidos intracelulares, o que resultará em uma maior resistência (pois esta está diretamente relacionada a passagem da corrente elétrica pelos tecidos) e diminuirá a reatância.

2.2.2 História

Em 1962, Thomasset (1962) conduziu um estudo onde utilizou medições de impedância elétrica como um índice da quantidade total de água presente no corpo de um indivíduo. Quase uma década após este estudo, Hoffer (HOFFER et al., 1969) determinou que era possível calcular através de uma equação a quantidade de água total no corpo e não apenas um índice.

Esses estudos foram validados na década de 80 por Nyboer (NYBOER et al., 1983), na publicação “*Nontraumatic electrical detection of total body water and density in man*”, onde comprovou que se poderia usar a medição de bioimpedância para a determinação da composição corpórea humana.

Ainda durante a década de 80, estudos mostraram que a utilização de uma única frequência para a medição da bioimpedância considerava o corpo humano como um único cilindro, o que retornava valores limitados para pessoas que divergiam do tipo de corpo considerado padrão.

Para se aumentar a precisão das medidas, alguns pesquisadores sugeriram a criação de equações empíricas para tal propósito. Lukaski (LUKASKI et al., 1986) publicou equações que levavam em conta o valor de impedância, a reatância e o peso corpóreo. Já Kushner (KUSHNER; SCHOELLER, 1986), sugeriu que também se levasse em consideração em sua equação empírica o gênero do paciente.

Na década de 90, o mesmo Kushner (1992) sugeriu que se utilizassem diferentes valores de frequência para diferentes partes do corpo humano na realização do cálculo da bioimpedância. Tal método também possibilitou que se calculasse o total de líquidos intracelulares e extracelulares.

Atualmente, as pesquisas têm refletido em buscar melhorias de técnicas já conhecidas. Além da possibilidade do auxílio do uso da bioimpedância em outros processos medicinais, como pode ser visto no estudo sobre a bioimpedância no auxílio do controle de doenças crônicas de rins, em texto publicado por Oei e Fan (2015). Além disso, alguns estudos ainda analisam os efeitos que alguns dados empíricos podem ter sobre o cálculo da bioimpedância, como o texto publicado por Zhu (ZHU et al., 2017).

Há o *Journal of Bioelectric Bioimpedance*, um canal online onde são realizadas publicações sobre o tema, agregando assim uma quantidade considerável de artigos sobre estudos em bioimpedância. Teve sua última publicação em 2017, com alguns artigos como por

exemplo, um estudo sobre o quanto a análise realizada pela bioimpedância pode ser afetada por implantes cirúrgicos, em texto publicado por Steihaug (STEINHAUG et al., 2017).

Estudos datados de 2019, incluem artigos que possuem como tema: a avaliação que diferentes frequências possuem para o cálculo da bioimpedância em indivíduos obesos, por Sullivan (SULLIVAN et al., 2019); a análise vetorial para o cálculo da composição corporal em atletas, por Marini (MARINI et al., 2019); e a concordância que três aparelhos de medição de bioimpedância possuíam quando usados em jovens adultos, por Carrion (CARRION et al., 2019).

Em 2020, alguns estudos foram publicados. Tang (TANG et al., 2020) apresentou uma forma mais rápida de se calcular as correntes que ultrapassam as células utilizando um modelo de elementos finitos para representar as células. Terada (TERADA et al., 2020) apresentou um estudo que mostra a relação da bioimpedância e linfedemas em pacientes com sobreviventes de câncer de mama. E Yao (YAO et al., 2020) mostrou a relação entre os parâmetros de bioimpedância e pacientes criticamente doentes.

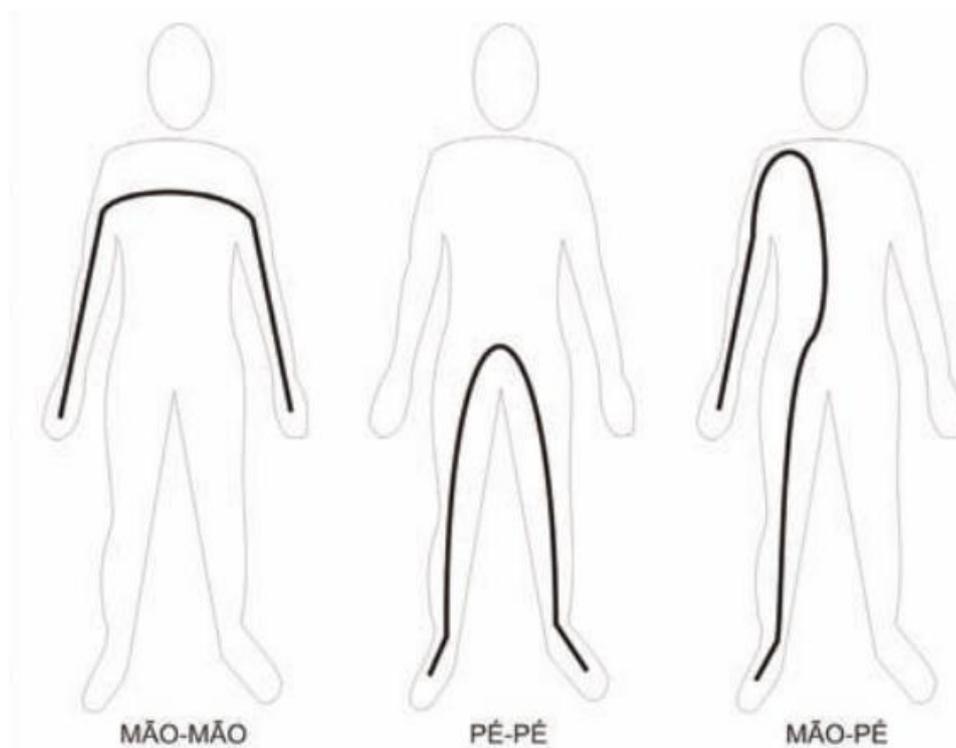
2.2.3 Modelos para Cálculo de Bioimpedância Corporal

Existem diferentes métodos de análise para o cálculo de bioimpedância. Vamos vê-los abaixo.

2.2.3.1 Análise de Bioimpedância com Frequência Única

A análise de bioimpedância por frequência única (*Bioimpedance Analysis – Single Frequency*, BIA-SF) possui este nome devido ao fato de que as correntes elétricas utilizadas nos pacientes durante o exame de BIA estarem todas na mesma frequência. O valor mais comumente utilizado é o de 50 kHz. Este método consiste no posicionamento de eletrodos em dois membros diferentes, podendo-se utilizar os métodos de mão-pé, mão-mão ou pé-pé, conforme representado na Figura 2^[MK2]. Este modelo possui bons resultados para o cálculo de massa magra (*free-fat mass*, FFM) e a quantidade total de água (*total body water*, TBW) (JEBB et al., 2000; UTTER et al., 1999)

Figura 2 - Métodos para medição de bioimpedância por frequência única.



Fonte: Sampaio (2012).

É importante ressaltar que este método, por ser diretamente ligado ao cálculo do TBW, não é recomendado para pessoas que estão com desnivelamentos de hidratação e que o TBW é composto em sua maioria pela quantidade de líquidos extracelulares (*extracellular fluids*, ECF), em torno de 75%, e quantidade de líquidos intracelular (*intracellular fluids*, ICF), em torno de 25% (LUKASKI et al., 1986). Por conta disso, o método não é indicado para o cálculo do ICF.

2.2.3.2 Análise de Bioimpedância de Múltiplas Frequências

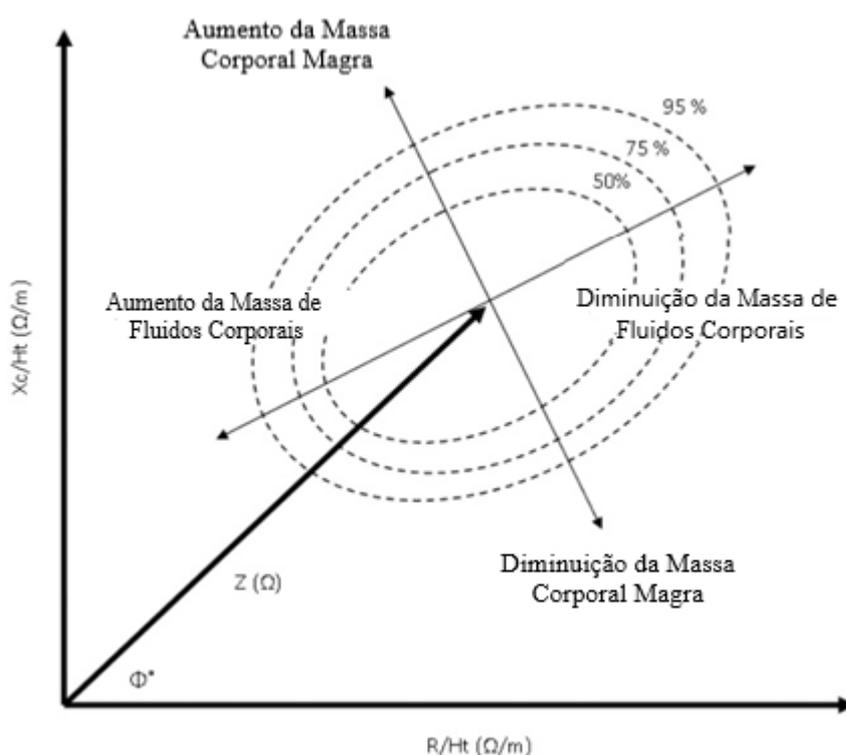
O método da BIA por múltiplas frequências (*Bioimpedance Analysis – Multiple Frequencies*, BIA-MF) é similar ao do BIA-SF, com medições usando eletrodos posicionados em mão-pé, pé-pé e mão-mão, com a diferença de realizar as medições com correntes em diferentes frequências, sendo as mais comuns, as frequências entre 0 e 500 kHz_[MK3].

Segundo Hannan et al. (1995), valores muito baixos ou muito altos de frequência não devem ser utilizados para algumas medidas, como a de TBW. Isso ocorre devido as flutuações que a reatância sofre com as diferenças de frequência. Desta forma, Hannan et al. (1995), concluiu que para medida de TBW, o mais recomendado seria o método da BIA-SF.

2.2.3.3 Análise de Bioimpedância Vetorial

Sugerido por Piccoli et al. (1994;1996), o método da análise de bioimpedância por vetores (*Bioelectrical Impedance Vector Analysis*, BIVA), tem como um dos princípios realizar uma análise gráfica de vetores com valores de impedância e reatância tabelados por altura. Para realizar sua análise entre a massa do corpo do indivíduo e a hidratação corporal, Piccoli et al. (1994; 1996) determinou elipses de tolerância, com o valor de 50%, 75% e 95%. Isto pode ser observado na Figura 3, que segue abaixo. [MK4]

Figura 3 – Gráfico que demonstra os círculos de precisão da BIVA. No eixo x, temos a relação entre a resistência pela altura e no eixo y temos a relação da reatância capacitiva pela altura.



Fonte: adaptado de Khalil et al. (2014).

É importante ressaltar que as elipses de tolerância do BIVA variam de acordo com a população de estudo em que o método é aplicado, pois elas variam de acordo com a estrutura corporal e a idade dos indivíduos. (SAMI et al., 2014)

2.2.4 Procedimentos de um Exame de Bioimpedância

Segundo o conselho Federal de Medicina, a Associação Brasileira de Nutrologia (ABRAN) e a Sociedade Brasileira de Nutrição Parental e Enteral (SBNPE), para se realizar um exame de bioimpedância no Brasil, é necessário respeitar o seguinte procedimento:

- O paciente deve permanecer em decúbito dorsal em repouso por pelo menos 10 minutos antes do exame;
- O paciente deve retirar objetos de metal presos ao corpo, como anéis e brincos;
- O paciente deve suspender o uso de medicamentos diuréticos no mínimo 24 horas antes da realização do teste;
- O paciente deve urinar pelo menos 30 min. antes;
- O consumo de alimentos e bebidas deve ser evitado até 4 horas antes de se realizar o teste.
- O exame deve ser feito com o paciente em repouso e a prática de exercícios até 8 horas anteriores não é recomendada;
- Medicamentos que causem retenção hídrica, se possível, devem ser retirados para a realização do exame.
- Não estar no período menstrual;
- Não estar febril;
- O paciente não deve ingerir álcool nas 48 horas que antecedem o exame, assim como evitar o consumo excessivo de chás, café e chimarrão na véspera;

3. METODOLOGIA

Neste trabalho serão comparadas diferentes modelos para o cálculo de massa magra, massa total de água corporal e massa celular corporal de um indivíduo com diabetes.

3.1 Modelos de Cálculo de Massa Magra

De acordo com Masoro (MASORO, 2010) e Johnson (JOHNSON, 2001), a massa magra é tudo aquilo que temos como tecido ativo dentro de nosso corpo, ou seja, a massa de músculos, a massa total de água corporal, a massa celular corporal e a massa de minerais ósseos. Em resumo, a massa magra, é tudo aquilo que não for gordura

Para o estudo, foram separados 5 modelos: um para o cálculo da massa magra independente do sexo, dois específicos para populações femininas e os dois finais específicos para populações masculinas.

A equação 12 descreve o modelo do cálculo da massa magra desenvolvida por Kyle et al. (2012).

$$FFM = -4,104 + 0,518 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,231 \textit{ weight} + 0,13 Xc + 4,229 \textit{ sex} \quad (12)$$

Onde FFM se refere a *free-fat mass*, o termo em inglês para massa magra; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_{50} é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz; *weight* é o peso em quilogramas; Xc é a reatância capacitiva do corpo humano em análise e *sex* é uma variável que assume, no estudo de Kyle et al. (KYLE et al., 2002), o valor de 1 para homens e 0 para mulheres.

A equação 13 representa outro modelo utilizado para o cálculo de massa magra, porém, apenas para homens. Esse modelo, se baseia no estudo de Lohman (1992)

$$FFM = 5,32 + 0,485 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,338 \textit{ weight} \quad (13)$$

Onde FFM se refere a *free-fat mass*, o termo em inglês para massa magra; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_{50} é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz e *weight* é o peso em quilogramas.

Para o cálculo da massa magra para homens utilizando o trabalho de Kotler et al. (1996), temos a equação 14:

$$FFM = 0,49 + 0,5 \left(\frac{Ht^2}{Z_{50}} \right) \left(\frac{1}{1,21} \right) + 0,42 \text{ weight} \quad (14)$$

Onde FFM se refere a *free-fat mass*, o termo em inglês para massa magra; Ht é a altura do indivíduo em metros; Z_{50} é a impedância medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz e *weight* é o peso em quilogramas.

Para mulheres, ambos os modelos vieram do estudo de Lohman (1992) (Equações 15 e 16)

$$FFM = 5,49 + 0,476 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,295 \text{ weight} \quad (15)$$

$$FFM = 11,59 + 0,493 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,141 \text{ weight} \quad (16)$$

Onde FFM se refere a *free-fat mass*, o termo em inglês para massa magra; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_{50} é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz e *weight* é o peso em quilogramas.

3.2 Modelos de Cálculo de Massa Total de Água Corporal

Segundo Dineen et al (DINEEN et al., 2009), a água corporal consiste em cerca de 60% de nosso peso, sendo que ela é dividida em líquidos extracelulares, que compõe cerca de 33% do total da água corpórea e líquidos intracelulares, responsáveis pelos outros 67%.

Para o estudo, foram separados 5 modelos: um para o cálculo da massa total de água corporal independente do sexo e dois estudos diferentes que possuíam equações diferentes para homens e mulheres.

A equação 17 descreve o modelo para o cálculo da massa total de água corporal do trabalho de Cornish (2001).

$$TBW = 0,6 + 0,5 \left(\frac{Ht^2}{R_0} \right) + 0,16 \text{ weight} \quad (17)$$

Onde TBW se refere a *total body water*, o termo em inglês para massa total de água corporal; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_0 é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 0 Hz e *weight* é o peso em quilogramas.

O estudo de Kushner e Schoeller (1986), possui modelos representado pelas equações 18 e 19, que representam, respectivamente, modelos para homens e para mulheres:

$$\text{Homens: } TBW = 8,399 + 0,396 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,143 \text{ weight} \quad (18)$$

$$\text{Mulheres: } TBW = 8,315 + 0,382 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,105 \text{ weight} \quad (19)$$

Onde TBW se refere a *total body water*, o termo em inglês para massa total de água corporal; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_{50} é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz e *weight* é o peso em quilogramas.

Por fim, o estudo de Sun (SUN et al, 2003), também possui modelos diferentes para homens e mulheres, representados, respectivamente, pelas equações 20 e 21:

$$\text{Homens: } TBW = 1,203 + 0,449 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,176 \text{ weight} \quad (20)$$

$$\text{Mulheres: } TBW = 3,747 + 0,450 \left(\frac{Ht^2}{R_{50}} \right) + 0,113 \text{ weight} \quad (21)$$

Onde TBW se refere a *total body water*, o termo em inglês para massa total de água corporal; Ht é a altura do indivíduo em metros; R_{50} é a resistência medida quando aplicada uma frequência de 50 kHz e *weight* é o peso em quilogramas.

3.3 Modelos de Cálculo de Massa Celular Corporal

Segundo artigo de Shiel Jr. (2018), a massa celular corporal, consiste em tudo aquilo que compõe parte dos metabolismos ativos de nosso corpo. Sua diferença para a massa magra, é a não inclusão dos minerais ósseos para o total da massa celular corporal. Sendo assim, os músculos e a massa total de água corporal são abrangidos pelo valor final da massa celular corporal.

Para o estudo, foram separados 3 modelos, sendo que todos são utilizados para o cálculo da massa celular corporal independentemente do sexo do indivíduo.

Dittmar e Reber (2001), estabeleceram os seguintes modelos para análise da massa celular corporal (Equações 22, 23 e 24):

$$BCM = 1,898 \left(\frac{Ht^2}{X_{cp50}} \right) - 0,051 \textit{ weight} + 4,180 \textit{ sex} + 15,496 \quad (22)$$

$$BCM = 1,118 \left(\frac{Ht^2}{R_{ic5/50}} \right) + 4,250 \textit{ sex} + 14,457 \quad (23)$$

$$BCM = 0,822 \left(\frac{Ht^2}{R_{ic5/50}} \right) + 4,158 \textit{ sex} + 14,096 \quad (24)$$

Onde BCM se refere a *body cell mass*, o termo em inglês para massa celular corporal; Ht é a altura do indivíduo em metros, $R_{ic5/50}$ é a resistência paralela medida quando aplicada uma frequência de 5 kHz e outra 50 kHz; *weight* é o peso em quilogramas; X_{cp50} é a reatância capacitiva paralela quando uma frequência de 50kHz é aplicada e *sex* é uma variável que assume, no estudo de Dittmar e Reber, (2001) o valor de 1 para homens e 0 para mulheres.

3.4 Dados

Foram utilizados neste estudo um banco de dados de 54 indivíduos, sendo 33 homens e 21 mulheres. **Dados com os valores de peso e altura estão no Anexo A.** O protocolo de aquisição desses dados foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (Projeto: “Diagnóstico Precoce da Neuropatia Autonômica em Indivíduos com Diabetes”, número CAAE 24822114.5.0000.0121). Na Tabela 1, temos valores médio e de desvio padrão para as medidas de peso e altura dos 54 pacientes utilizados neste estudo

Tabela 1 – Valores médio e de desvio padrão do peso e altura dos pacientes.

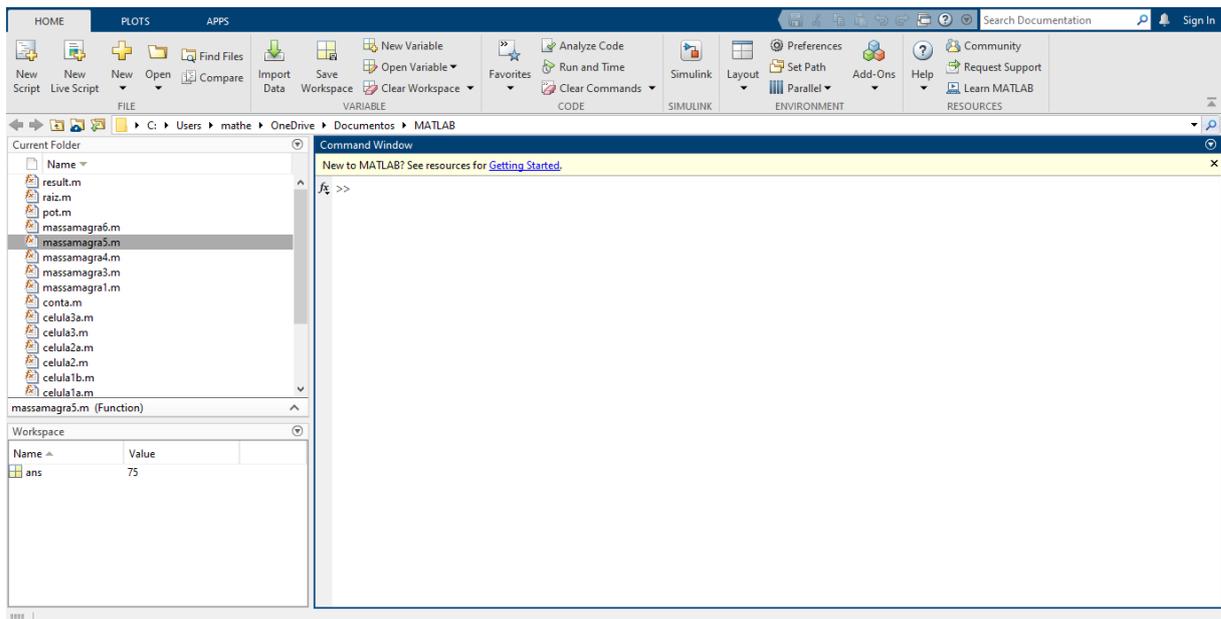
	Mulheres	Homens	Total
Quantidade	21	33	54
Peso Médio	69,44 kg	75,42 kg	73,09 kg
Altura Média	1,59 m	1,75 m	1,69 m
Desvio Padrão Peso	12,48 kg	12,15 kg	12,51 kg
Desvio Padrão Altura	0,065 m	0,096 m	0,111 m

Fonte: feito pelo autor (2020).

3.5 Programa MATLAB

O MATLAB é um programa desenvolvida pela empresa MathWorks Inc., utilizado para fins de cálculo numérico. O programa foi desenvolvido por Cleve Moler no final dos anos 70 e utiliza uma linguagem de programação própria, que muito se assemelha as linguagens de programação em C e Java. Tela inicial está representada na Figura 4. [MK6]

Figura 4 - Imagem do programa de computador MATLAB em sua página inicial.



Fonte: feito pelo autor (2020).

O programa será utilizado para fazer a implementação dos modelos que foram apresentadas na seção anterior. Com a utilização do MATLAB, podemos realizar de uma maneira mais prática os cálculos dos parâmetros analisadas para cada indivíduo. Para realizar a implementação de uma nova função, podemos clicar em “*New Script*”.

Figura 5 - Imagem da tela de script do MATLAB, com uma função exemplo implementada.



```
Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\conta.m
conta.m x +
1 function result = conta (a,b,c,d,e)
2
3 result = (a + b * c - d) / e
```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Uma vez que o código da função estiver pronto e salvo no computador, basta voltar a janela de comandos e inserir os valores das variáveis para que se obtenha o valor final da equação.

Figura 6 - Tela de comandos do MATLAB, onde a função exemplo da figura 5 teve suas variáveis preenchidas e retornou um valor.



```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> conta(1,2,3,4,5)

result =

    0.6000

ans =

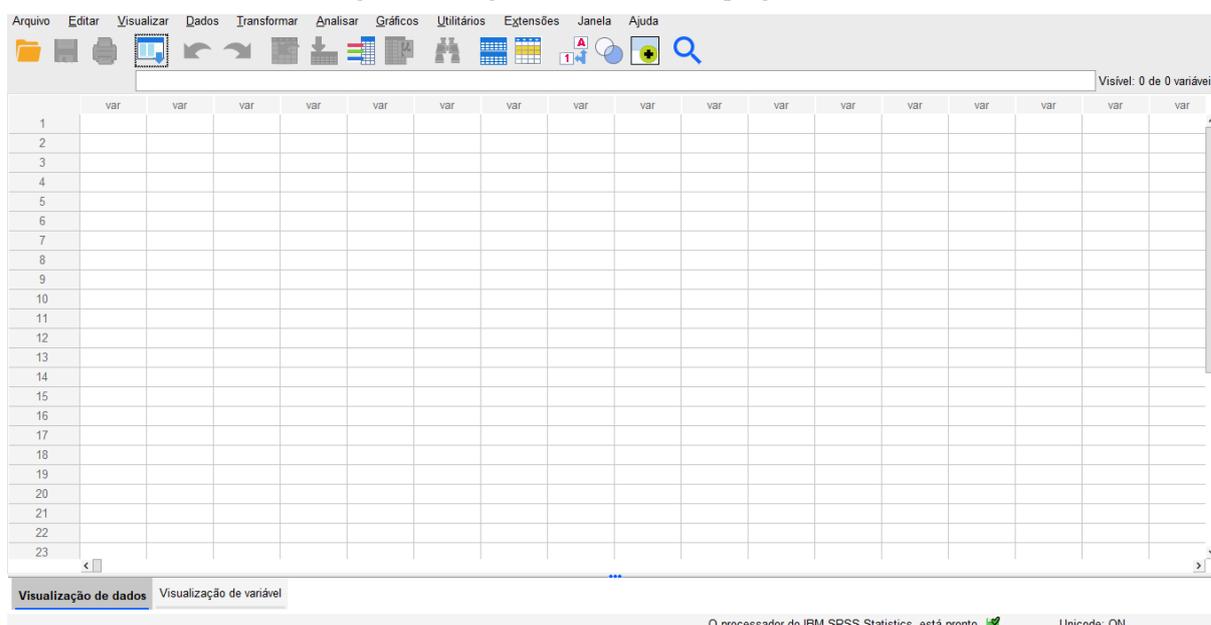
    0.6000
```

Fonte: feito pelo autor (2020).

3.6 Programa IBM SPSS

O programa SPSS é um programa de análise estatística, desenvolvido pela empresa IBM. Nele, iremos utilizar os resultados de saída dos modelos que foram implementadas no MATLAB para realizarmos o Teste T de uma amostra e obter a plotagem de um gráfico de Bland-Altman, que nos auxiliará na análise de confiabilidade entre os estudos.

Figura 7 - Imagem da tela inicial do programa SPSS.



Fonte: feito pelo autor (2020).

O Teste T de Student, foi criado por William Sealy Gosset em 1908 e serve para que se possa validar ou não uma hipótese nula, levando em conta um grau de confiança que pode ser de 0,1%; 0,5%; 1%, 2% ou 5%. Segundo Gosset (1908), caso o valor de T for menor que o do grau de confiança, rejeitamos a hipótese nula, o que é um indicativo da não concordância entre os modelos. Para este trabalho, foi realizado um teste-t de amostra única, com valor de t igual a 0 para a comparação de valores. O grau de confiança escolhido foi o de 5%.^[MK7]

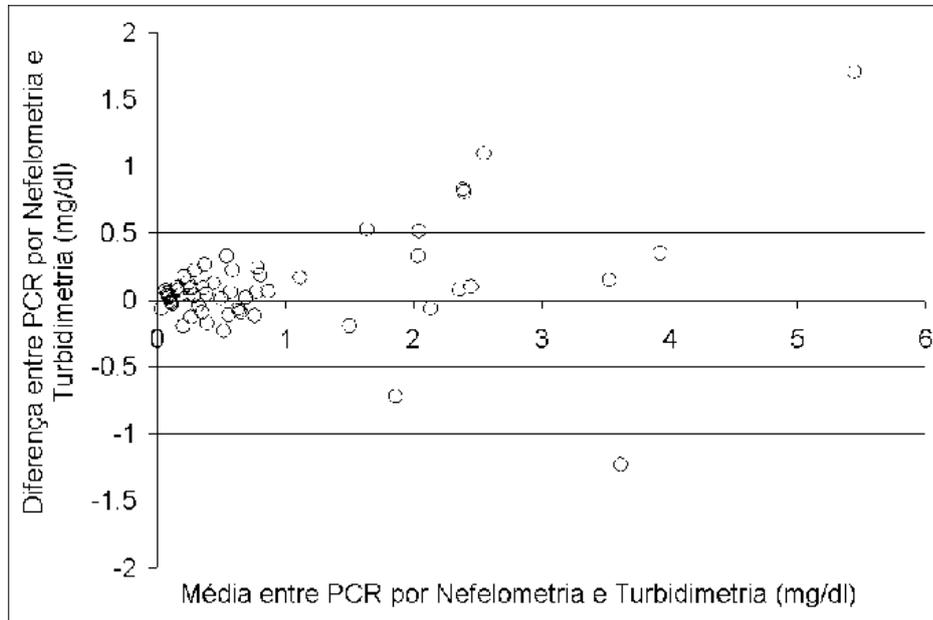
A construção do gráfico de Bland-Altman segue como base o artigo publicado por J. Martin Bland e Douglas G. Altman em 1986. Para isso, vamos considerar a análise entre duas medidas diferentes.

O primeiro passo, segundo é realizar o cálculo da diferença entre estas medidas. Em seguida, devemos calcular a média entre elas. Precisamos fazer isso, pois os eixos do gráfico se baseiam nestes valores, sendo que o eixo y é referente a diferença das medidas e o eixo x é referente a média das medidas.

Com isso, precisamos estabelecer os limites do gráfico. O ponto central, segundo Bland e Altman (1986), se calcula com a média do valor das diferenças entre as medidas. Para os limites inferiores e superiores, temos que ter o valor do desvio padrão das diferenças. Com isso, o limite superior fica definido como o valor da média das diferenças somado a 1,96 vezes o valor do desvio padrão e o limite inferior como o valor da média das diferenças menos 1,96

vezes o valor do desvio padrão. Tal representação de um gráfico de Bland-Altman, pode ser visualizada na Figura 8: [MK8]

Figura 8 - Exemplo de gráfico de Bland-Altman.



Fonte: Correia (2020).

Alguns pontos levantados por Bland e Altman (1986) podem ser observados para a análise do gráfico: o valor da média das diferenças é significativamente diferente de 0? Se a resposta for sim, possivelmente os métodos não possuem uma boa concordância entre si. Outro fator é avaliar a distância entre os limites inferiores e superiores. Se a distância for suficientemente grande, é outro indício de que os métodos não concordam entre si. Também podemos analisar se entre as medidas há uma tendência de se localizarem mais acima ou abaixo da linha média. Isso demonstraria que o método tende a cometer mais erros para um lado específico da média.

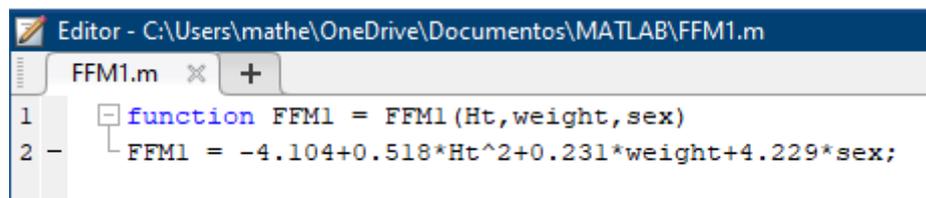
4. RESULTADOS

Aqui serão mostrados os valores obtidos com os cálculos e uma discussão sobre os resultados. É importante salientar que, por motivos de não se possuir os valores de resistência e capacitância dos indivíduos analisados, seus valores foram considerados constantes e iguais a 1 em todos os modelos aqui estudados^[MK9]. Isso foi feito para que os termos das fórmulas dessas variáveis fossem dependentes, não fossem totalmente desconsiderados. Tal medida e seus efeitos nos resultados, será discutida posteriormente.

4.1. Massa Magra para Mulheres

Como primeiro passo, implementamos as equações 12,15 e 16 (figuras 9,10 e 11, respectivamente) no programa MATLAB. Abaixo seguem as fórmulas implementadas, com as correções necessárias já realizadas:

Figura 9 - Equação 12 implementada em MATLAB.

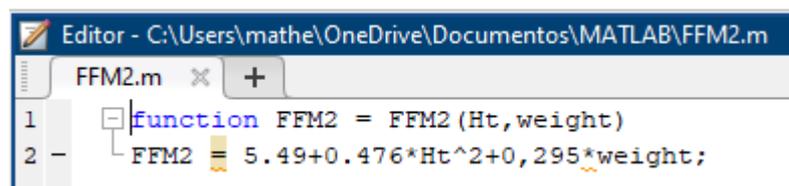


```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FFM1.m
FFM1.m x +
1 function FFM1 = FFM1 (Ht, weight, sex)
2 FFM1 = -4.104+0.518*Ht^2+0.231*weight+4.229*sex;
  
```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 10 - Equação 15 implementada em MATLAB.

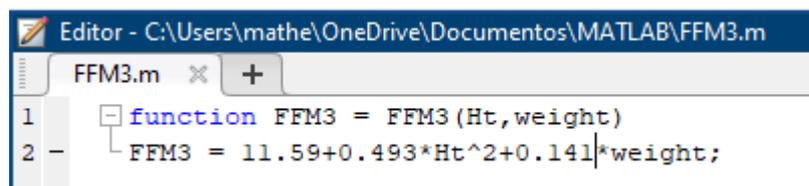


```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FFM2.m
FFM2.m x +
1 function FFM2 = FFM2 (Ht, weight)
2 FFM2 = 5.49+0.476*Ht^2+0,295*weight;
  
```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 11 - Equação 16 implementada em MATLAB.



```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FFM3.m
FFM3.m x +
1 function FFM3 = FFM3 (Ht, weight)
2 FFM3 = 11.59+0.493*Ht^2+0.141*weight;
  
```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Em seguida, geramos a tabela (Tabela 2) com os resultados para cada equação de acordo com os valores da tabela de dados. O método 1 é referente a equação 12 (Figura 9), o método 2 é referente a equação 15 (Figura 10) e o método 3 é referente a equação 16 (Figura 11).

Tabela 2 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis.

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
12,8126	26,3244	22,2834
15,0877	29,2385	23,6444
13,2076	26,7843	22,5647
15,8299	30,1223	24,1537
14,4461	28,3906	23,2861
8,1953	20,5073	19,4265
15,6344	29,8862	24,0228
15,7370	29,9805	24,1204
13,4445	27,0665	22,7271
19,9270	35,2515	26,7204
10,2994	23,2884	20,6012
12,4992	25,9153	22,1034
10,1464	22,9541	20,6448
10,0433	22,8513	20,5545
17,4491	32,1996	25,1191
13,1150	26,7638	22,4135
8,3950	20,7715	19,5377
14,7273	28,7297	23,4749
16,1185	30,4521	24,3653
11,4959	24,6543	21,4797
12,5146	25,9053	22,1417

Fonte: feito pelo autor (2020).

Após a obtenção dos valores, vamos calcular a diferença e a média entre os métodos. Na Tabela 3 abaixo podemos ver a diferença entre os métodos 1 e 2, diferença entre os métodos 1 e 3, diferença entre os métodos 2 e 3, a média entre os métodos 1 e 2, a média entre os métodos 1 e 3 e a média entre os métodos 2 e 3.

Tabela 3 - Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 2.

Diferença 1-2	Diferença 1-3	Diferença 2-3	Média 1-2	Média 1-3	Média 2-3
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
-13,5118	-9,4708	4,0410	19,5685	17,5480	24,3039
-14,1508	-8,5567	5,5941	22,1631	19,3661	26,4415
-13,5767	-9,3571	4,2196	19,9960	17,8862	24,6745
-14,2924	-8,3238	5,9686	22,9761	19,9918	27,1380
-13,9445	-8,8400	5,1045	21,4184	18,8661	25,8384
-12,3120	-11,2312	1,0808	14,3513	13,8109	19,9669
-14,2518	-8,3884	5,8634	22,7603	19,8286	26,9545
-14,2435	-8,3834	5,8601	22,8588	19,9287	27,0505
-13,6220	-9,2826	4,3394	20,2555	18,0858	24,8968
-15,3245	-6,7934	8,5311	27,5893	23,3237	30,9860
-12,9890	-10,3018	2,6872	16,7939	15,4503	21,9448
-13,4161	-9,6042	3,8119	19,2073	17,3013	24,0094
-12,8077	-10,4984	2,3093	16,5503	15,3956	21,7995
-12,8080	-10,5112	2,2968	16,4473	15,2989	21,7029
-14,7505	-7,6700	7,0805	24,8244	21,2841	28,6594
-13,6488	-9,2985	4,3503	19,9394	17,7643	24,5887
-12,3765	-11,1427	1,2338	14,5833	13,9664	20,1546
-14,0024	-8,7476	5,2548	21,7285	19,1011	26,1023
-14,3336	-8,2468	6,0868	23,2853	20,2419	27,4087
-13,1584	-9,9838	3,1746	18,0751	16,4878	23,0670
-13,3907	-9,6271	3,7636	19,2100	17,3282	24,0235

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com isso, podemos realizar o teste-t e a plotagem do gráfico de Bland-Altman entre cada par de métodos.

4.1.1 Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres

Na Tabela 4, temos os valores da média e do desvio padrão entre os métodos 1 e 2 calculado pelo programa SPSS:

Tabela 4 — Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença12	21	-13,662462	,7656426	,1670769

Fonte: feito pelo autor (2020).

O SPSS também nos retorna uma tabela (Tabela 5) que mostra o valor da significância do teste t, que foi $<0,001$, ou seja, abaixo do nosso grau de confiança de 5%. Segundo o estudo de Gosset (1908), este é um grande indicativo de que os métodos não possuem uma boa relação de correspondência entre si. Para comprovar isto, é necessária a análise do gráfico de Bland-Altman.

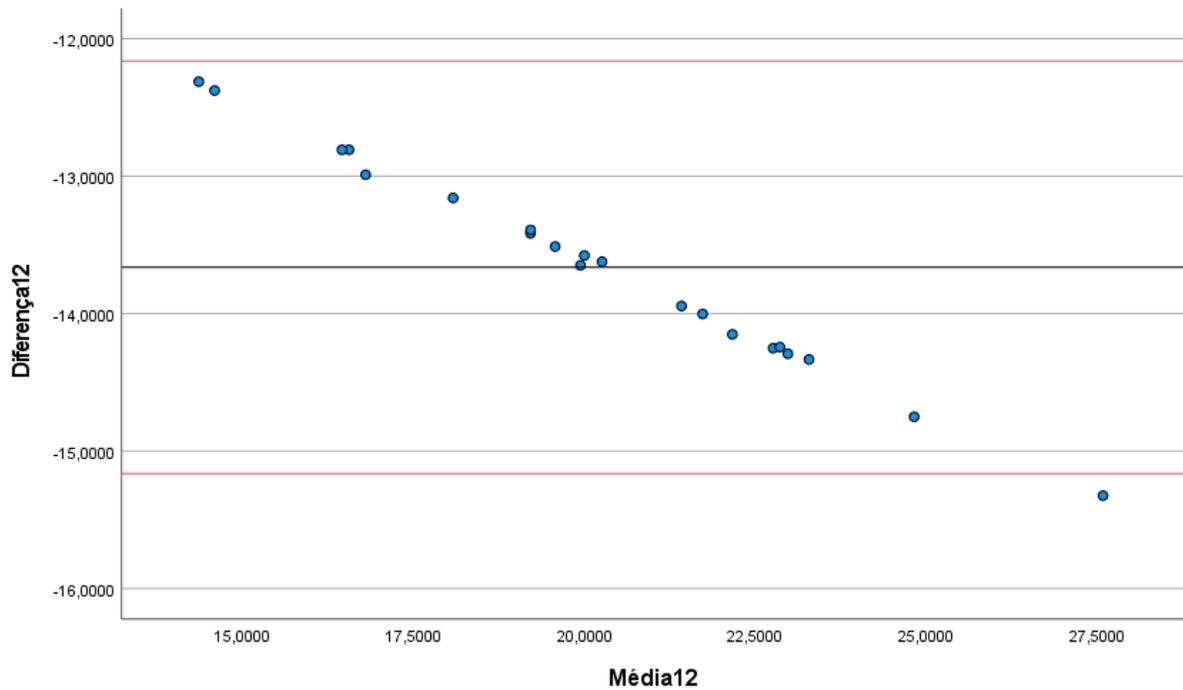
Tabela 5 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença12	-81,773	20	<,001	-13,6624619	-14,010978	-13,313946

Fonte: feito pelo autor (2020).

No gráfico da Figura 12, como vimos antes, Bland e Altman (1986) nos orientam para o cálculo dos limites inferiores e superiores. Para isso, precisamos dos valores da média das diferenças entre os métodos e o desvio padrão dessas diferenças. Ambos os valores já foram apresentados anteriormente. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. O limite superior foi de -12,1618 e o do inferior foi de -15,1631. Com isso, temos o gráfico a seguir plotado pelo programa SPSS:

Figura 12 – Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Podemos ver pelo gráfico (Figura 12), que o valor de sua média está muito distante de 0 e que a faixa entre os seus limites possui um distanciamento considerável. Segundo o estudo publicado por Bland e Altman (1986), isso nos leva a concluir, juntamente com o resultado do teste t, que os métodos não são compatíveis entre si

4.1.2 Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres

Na Tabela 6, temos os valores de média e desvio padrão entre a diferença dos métodos 1 e 3:

Tabela 6 – Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença13	21	-9,250452	1,1274462	,2460289

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o SPSS também nos fornece uma tabela (Tabela 7) com o valor da significância do teste t, que foi $<0,001$, ou seja, abaixo do nosso grau de confiança de 5%. Segundo o estudo de Gosset (1908), este é um grande indicativo de que os métodos não possuem uma boa relação de correspondência entre si. Para comprovar isto, é necessária a análise do gráfico de Bland-Altman.

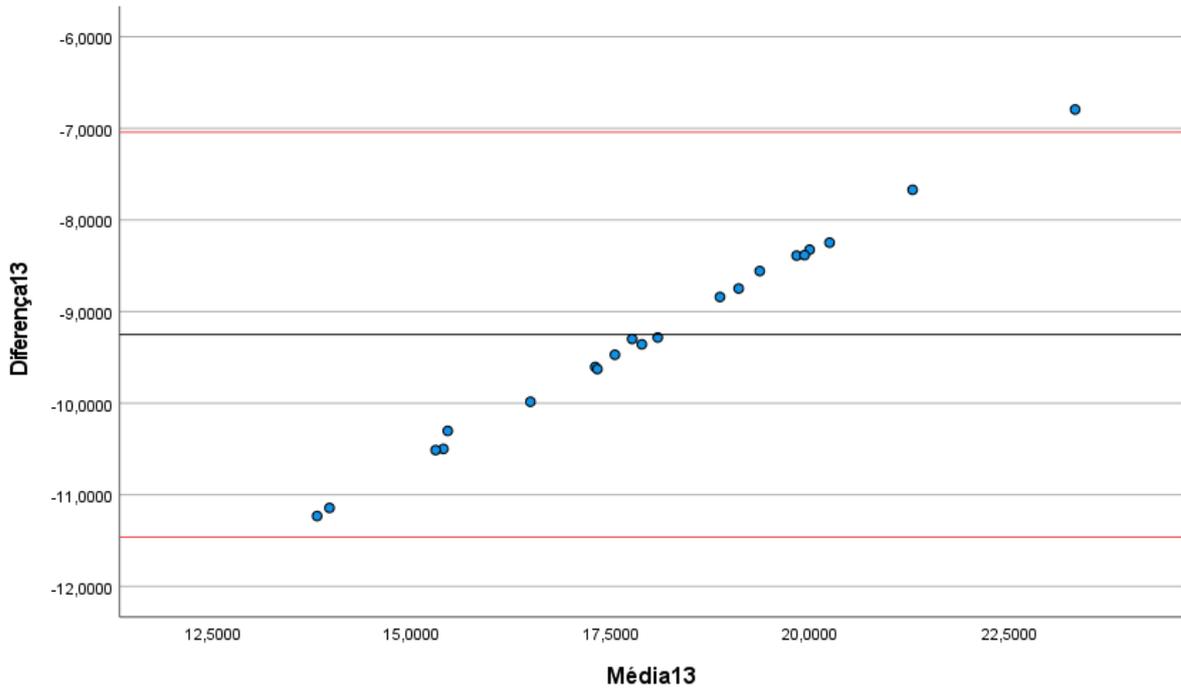
Tabela 7 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença13	-37,599	20	<,001	-9,2504524	-9,763660	-8,737245

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para o gráfico da Figura 13, como vimos antes, Bland e Altman (BLAND E ALTMAN, 1986) nos orientam para o cálculo dos limites inferiores e superiores. Para isso, precisamos dos valores da média das diferenças entre os métodos e o desvio padrão dessas diferenças. Ambos os valores já foram apresentados anteriormente. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. O limite superior foi de -7,04066 e o do inferior foi de -11,46025. Com isso, temos o gráfico a seguir plotado pelo programa SPSS:

Figura 13 – Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico Figura 13), é possível observar que o valor da média, assim como no gráfico entre os métodos 1 e 2, está muito distante de 0 e que a faixa entre os seus limites possui um distanciamento considerável. Segundo o estudo publicado por Bland e Altman (1986), isso nos leva a concluir, juntamente com o resultado do teste t, que os métodos não são compatíveis entre si.

4.1.3 Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Mulheres

Na Tabela 8, temos os valores da média e do desvio padrão das diferenças entre os métodos 2 e 3 calculados pelo programa SPSS:

Tabela 8 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença23	21	4,412010	1,8930169	,4130902

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com o SPSS também é calculado o valor da significância do teste t, que foi $<0,001$, ou seja, abaixo do nosso grau de confiança de 5% (Tabela 9). Segundo o estudo de Gosset (1908), este é um grande indicativo de que os métodos não possuem uma boa relação de correspondência entre si. Para comprovar isto, é necessária a análise do gráfico de Bland-Altman.

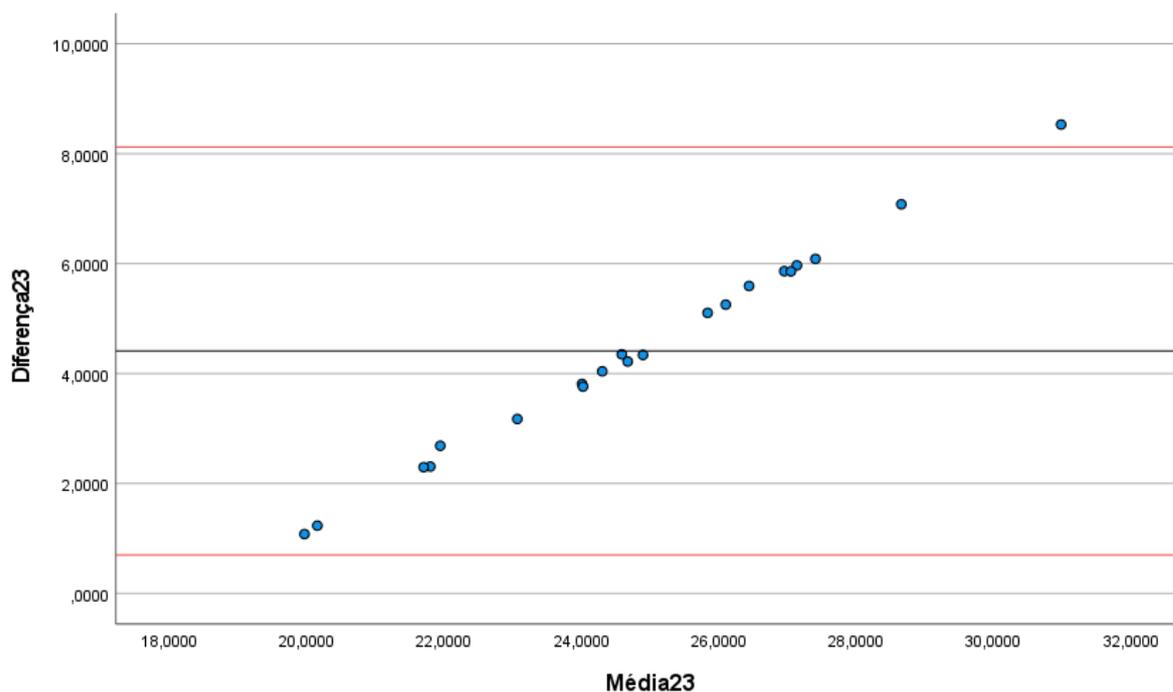
Tabela 9 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença23	10,681	20	<,001	4,4120095	3,550319	5,273700

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para a plotagem do gráfico (Figura 14), Bland e Altman (1986) nos orientam para o cálculo dos limites inferiores e superiores. Para isso, precisamos dos valores da média das diferenças entre os métodos e o desvio padrão dessas diferenças. Ambos os valores já foram apresentados anteriormente. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. O limite superior foi de 8,122323 e o do inferior foi de 0,701696. Com isso, temos o gráfico a seguir plotado pelo programa SPSS:

Figura 14 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Como nos casos anteriores, podemos ver que o valor da média da diferença entre os métodos está muito distante de 0. Além disso, a faixa entre os limites inferiores e superior possui uma distância considerável entre seus limites. Segundo o estudo publicado por Bland e Altman (1986), isso nos leva a concluir, juntamente com o resultado do teste t, que os métodos não são compatíveis entre si

4.2. Massa Magra para Homens

Como primeiro passo, implementamos as equações 12,13 e 14 (Figuras 15,16 e 17, respectivamente) no programa MATLAB. Abaixo seguem as fórmulas implementadas, com as correções necessárias já realizadas:

Figura 15 – Equação 12 implementada em MATLAB.

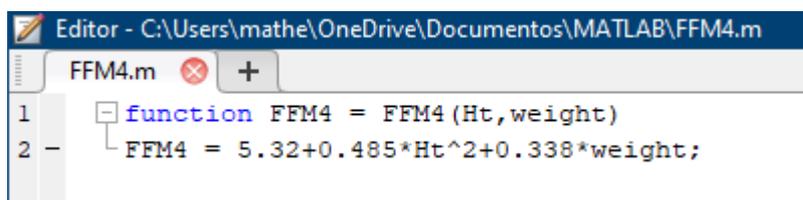
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FM1.m
FFM1.m x +
1 function FFM1 = FFM1(Ht,weight,sex)
2 FFM1 = -4.104+0.518*Ht^2+0.231*weight+4.229*sex;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 16 – Equação 13 implementada em MATLAB.



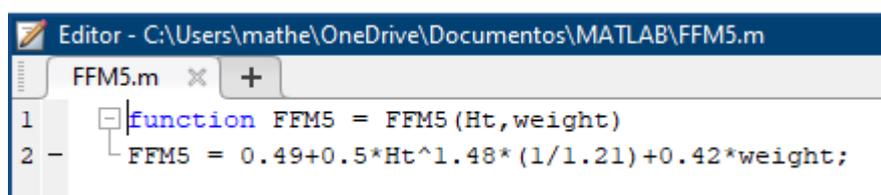
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FFM4.m
FFM4.m
1 function FFM4 = FFM4(Ht,weight)
2 FFM4 = 5.32+0.485*Ht^2+0.338*weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 17 – Equação 14 implementada em MATLAB.



```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\FFM5.m
FFM5.m
1 function FFM5 = FFM5(Ht,weight)
2 FFM5 = 0.49+0.5*Ht^1.48*(1/1.21)+0.42*weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Em seguida, geramos a tabela (Tabela 10) com os resultados para cada equação de acordo com os valores da tabela de dados fornecida pelo orientador. O método 1 é referente a equação 12 (Figura 15), o método 2 é referente a equação 13 (Figura 16) e o método 3 é referente a equação 14 (Figura 17):

Tabela 10 - Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis.

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
16,3944	28,0933	27,8960
17,2115	29,3512	29,5284
22,0705	36,2133	37,7119
18,6327	31,4122	32,0642
16,3708	28,0164	27,7263
21,7807	35,9420	37,5882
17,7804	30,1273	30,4160
17,3184	29,4513	29,5760
13,7018	24,1786	23,0500
24,2618	39,4822	41,8618
17,0335	29,0628	29,1321
20,1175	33,5084	34,5642

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
21,5474	35,5409	37,0071
15,7044	27,1369	26,7643
20,4320	33,9489	35,0844
21,4764	35,5353	37,1360
22,0625	36,4492	38,3484
15,9143	27,4064	27,0480
20,2320	33,7617	34,9963
19,0595	32,0552	32,8884
16,2971	27,9473	27,6940
22,6496	37,2423	39,2440
20,0904	33,5073	34,6160
17,9753	30,4316	30,8200
17,4339	29,6203	29,7860
21,6652	35,7730	37,3782
23,5688	38,4682	40,6018
26,2030	42,5169	45,9005
19,9388	33,3046	34,3900
16,2183	27,9344	27,8171
17,4290	29,5549	29,6244
13,8717	30,6706	31,1927
19,3257	32,4262	33,3242

Fonte: feito pelo autor (2020).

Após a obtenção dos valores, vamos calcular a diferença e a média entre os métodos assim como foi feito para o caso das mulheres. Na Tabela 11, podemos ver a diferença entre os métodos 1 e 2, diferença entre os métodos 1 e 3, diferença entre os métodos 2 e 3, a média entre os métodos 1 e 2, a média entre os métodos 1 e 3 e a média entre os métodos 2 e 3.

Tabela 11 – Valores das diferenças e médias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 10.

Diferença 1-2	Diferença 1-3	Diferença 2-3	Média 1-2	Média 1-3	Média 2-3
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
-11,6989	-11,5016	0,1973	22,2439	22,1452	27,9947
-12,1397	-12,3169	-0,1772	23,2814	23,3700	29,4398
-14,1428	-15,6414	-1,4986	29,1419	29,8912	36,9626
-12,7795	-13,4315	-0,6520	25,0225	25,3485	31,7382
-11,6456	-11,3555	0,2901	22,1936	22,0486	27,8714
-14,1613	-15,8075	-1,6462	28,8614	29,6845	36,7651
-12,3469	-12,6356	-0,2887	23,9539	24,0982	30,2717
-12,1329	-12,2576	-0,1247	23,3849	23,4472	29,5137
-10,4768	-9,3482	1,1286	18,9402	18,3759	23,6143
-15,2204	-17,6000	-2,3796	31,8720	33,0618	40,6720
-12,0293	-12,0986	-0,0693	23,0482	23,0828	29,0975
-13,3909	-14,4467	-1,0558	26,8130	27,3409	34,0363
-13,9935	-15,4597	-1,4662	28,5442	29,2773	36,2740
-11,4325	-11,0599	0,3726	21,4207	21,2344	26,9506
-13,5169	-14,6524	-1,1355	27,1905	27,7582	34,5167
-14,0589	-15,6596	-1,6007	28,5059	29,3062	36,3357
-14,3867	-16,2859	-1,8992	29,2559	30,2055	37,3988
-11,4921	-11,1337	0,3584	21,6604	21,4812	27,2272
-13,5297	-14,7643	-1,2346	26,9969	27,6142	34,3790
-12,9957	-13,8289	-0,8332	25,5574	25,9740	32,4718
-11,6502	-11,3969	0,2533	22,1222	21,9956	27,8207
-14,5927	-16,5944	-2,0017	29,9460	30,9468	38,2432
-13,4169	-14,5256	-1,1087	26,7989	27,3532	34,0617
-12,4563	-12,8447	-0,3884	24,2035	24,3977	30,6258
-12,1864	-12,3521	-0,1657	23,5271	23,6100	29,7032
-14,1078	-15,7130	-1,6052	28,7191	29,5217	36,5756
-14,8994	-17,0330	-2,1336	31,0185	32,0853	39,5350
-16,3139	-19,6975	-3,3836	34,3600	36,0518	44,2087
-13,3658	-14,4512	-1,0854	26,6217	27,1644	33,8473
-11,7161	-11,5988	0,1173	22,0764	22,0177	27,8758

Diferença 1-2 (kg)	Diferença 1-3 (kg)	Diferença 2-3 (kg)	Média 1-2 (kg)	Média 1-3 (kg)	Média 2-3 (kg)
-12,1259	-12,1954	-0,0695	23,4920	23,5267	29,5897
-16,7989	-17,3210	-0,5221	22,2712	22,5322	30,9317
-13,1005	-13,9985	-0,8980	25,8760	26,3250	32,8752

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com isso, podemos realizar o teste-t e a plotagem do gráfico de Bland-Altman entre cada par de métodos.

4.2.1 Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Magra para Homens

Na Tabela 12, temos os valores de média e desvio padrão calculados pelo programa SPSS:

Tabela 12 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença12	33	-13,160662	1,4501504	,2524388

Fonte: feito pelo autor (2020).

O SPSS também nos retorna o valor de significância do teste t, que para este teste resultou em um valor igual a <0.001 (Tabela 13). Segundo Gosset (1908), se levarmos em consideração que nosso grau de confiabilidade é de 5%, podemos concluir através do teste t, que estes métodos não são compatíveis entre si, uma vez que o valor da significância é menor que nosso grau de confiabilidade.

Tabela 13 - Valor da significância do teste-t.

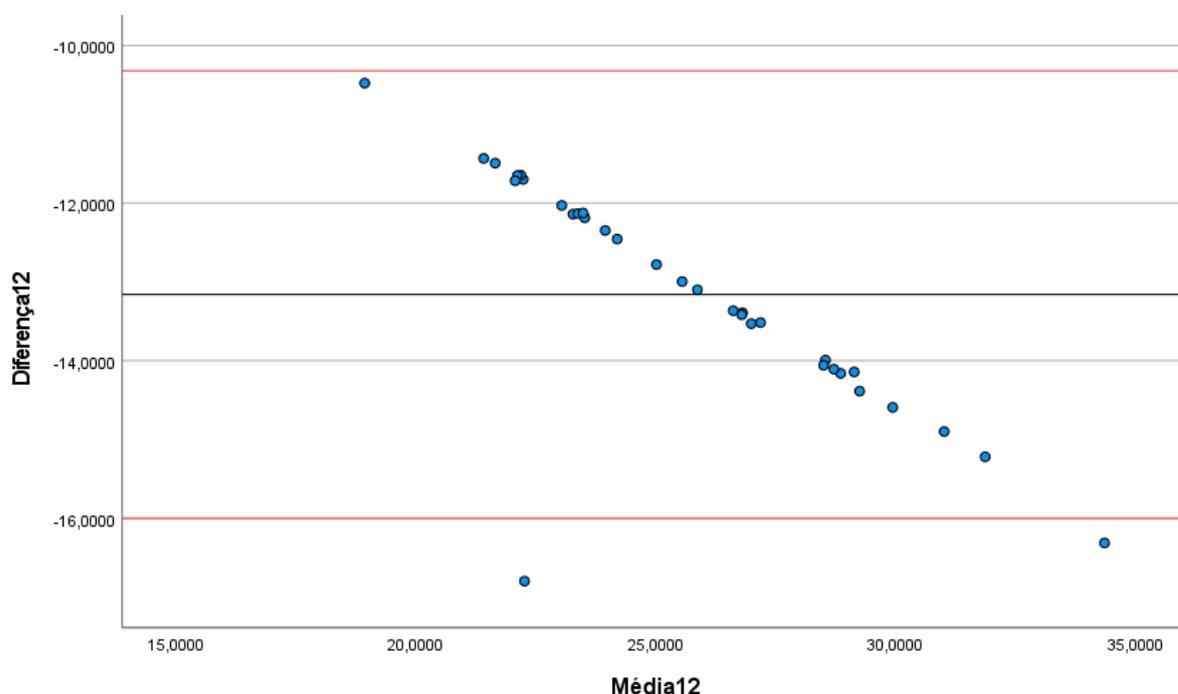
Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
dif12	-52,134	32	<,001	-13,1606615	-13,674862	-12,646461

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com esses parâmetros, podemos seguir com as orientações de Bland e Altman (1986) para a plotagem do gráfico (Figura 18) de Bland-Altman e assim mais uma vez checar a compatibilidade entre os métodos.

O eixo central do gráfico se dá com o valor da média das diferenças que já nos foi retornado pelo SPSS. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. Com isso, Bland e Altman (BLAND E ALTMAN, 1986), proporcionam a possibilidade da descoberta dos limites inferior e superior, que para este caso é de -10,318367 para o superior e -16,002956 para o inferior. O gráfico gerado pelo programa SPSS segue abaixo:

Figura 18 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

//////////

Como podemos ver, a média é distante do valor 0 e, além disso, a faixa entre os limites possui um grande distanciamento entre si. Assim, tanto a análise gráfica do estudo de Bland e Altman (1986), quanto a análise do teste t de Gosset (1908), indicam que os métodos não são compatíveis entre si.

4.2.2 Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Homens

Na Tabela 14, temos os valores de média e de desvio padrão entre os métodos 1 e 3 retornados pelo programa SPSS:

Tabela 14 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença13	33	-13,969927	2,3473871	,4086276

Fonte: feito pelo autor (2020).

O valor da significância do teste t que o programa nos retornou foi $<0,001$ (Tabela 15). Segundo Gosset (1908), quando temos um valor de significância menor que o grau de confiabilidade adotado pelo estudo, podemos concluir que os métodos muito provavelmente não são coincidentes. Como estamos trabalhando com um grau de confiabilidade de 5% e obtivemos uma significância de $<0,001$, podemos dizer que os métodos não são compatíveis.

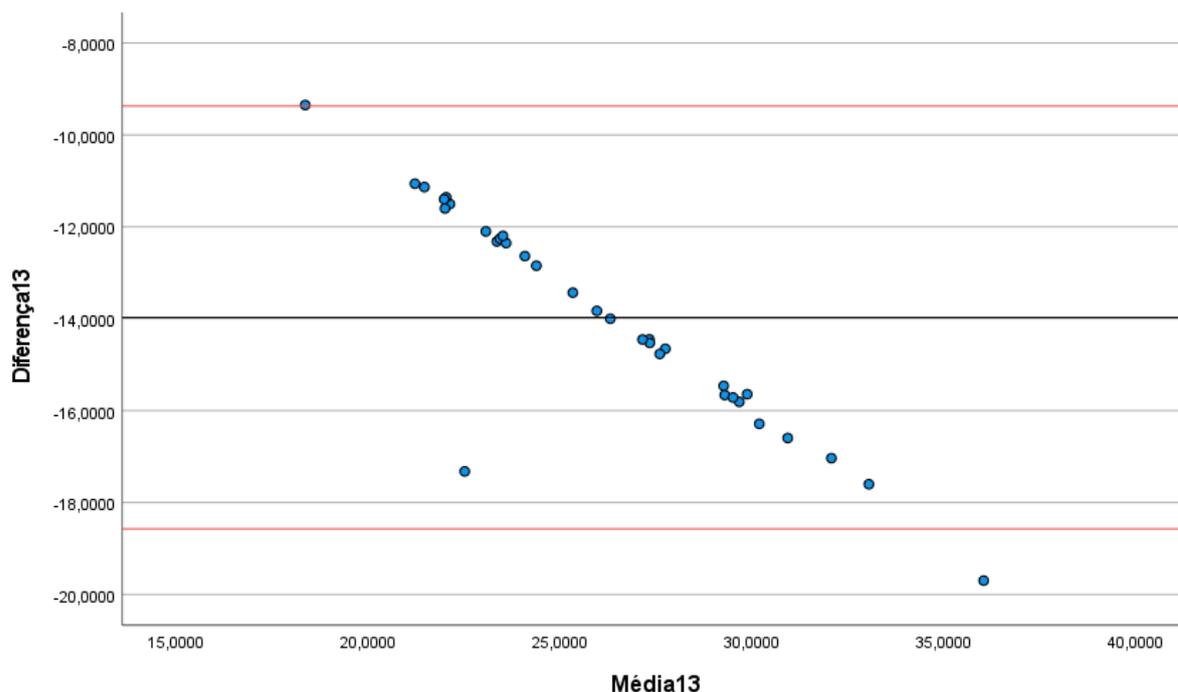
Tabela 15 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença13	-34,187	32	<,001	-13,9699273	-14,802275	-13,137580

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para a plotagem do gráfico (Figura 19), Bland e Altman (1986) nos orientam para o cálculo dos limites inferiores e superiores. Para isso, precisamos dos valores da média das diferenças entre os métodos e o desvio padrão dessas diferenças. Ambos os valores já foram apresentados anteriormente. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. O limite superior foi de -9,369049 e o do inferior foi de -18,570806. Com isso, temos o gráfico a seguir plotado pelo programa SPSS:

Figura 19 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Novamente, podemos observar que o valor da média é muito longe do valor 0 e que os limites estão muito distantes um do outro. Sendo assim, podemos concluir que tanto pelo gráfico de Bland e Altman (1986), quanto pelo teste t dos estudos Gosset (GOSSET 1908), os métodos não são compatíveis entre si.

4.2.3 Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Magra para Homens

Na Tabela 16, temos os valores de média e de desvio padrão entre os métodos 1 e 3 retornados pelo programa SPSS:

Tabela 16 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença23	33	-,809266	,9763419	,1699593

Fonte: feito pelo autor (2020).

O SPSS também nos fornece o valor da significância do teste t, que foi $<0,001$, ou seja, abaixo do nosso grau de confiança de 5% (Tabela 17). Segundo o estudo de Gosset (1908), este é um grande indicativo de que os métodos não possuem uma boa relação de correspondência entre si. Para comprovar isto, é necessária a análise do gráfico de Bland-Altman.

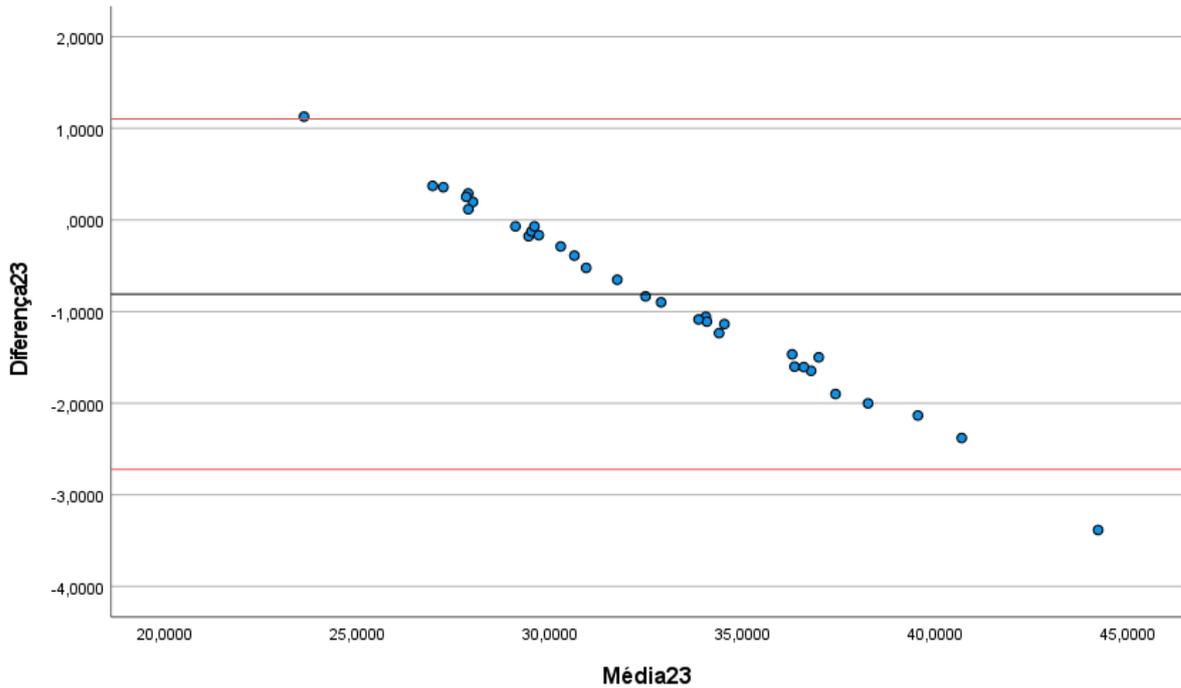
Tabela 17 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença23	-4,762	32	<,001	-,8092658	-1,155462	-,463070

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para a confecção do gráfico (Figura 20), Bland e Altman (1986) nos orientam para o cálculo dos limites inferiores e superiores. Para isso, precisamos dos valores da média das diferenças entre os métodos e o desvio padrão dessas diferenças. Ambos os valores já foram apresentados anteriormente. O valor dos limites é igual a média das diferenças mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. O limite superior foi de 8,122323 e o do inferior foi de 0,701696. Com isso, temos o gráfico a seguir plotado pelo programa SPSS:

Figura 20 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Como nos casos anteriores, podemos ver que o valor da média da diferença entre os métodos está muito distante de 0. Além disso, a faixa entre os limites inferiores e superior possui uma distância considerável entre seus limites. Segundo o estudo publicado por Bland e Altman (1986), isso nos leva a concluir, juntamente com o resultado do teste t, que os métodos não são compatíveis entre si.

4.3 Massa Total de Água Corporal

Primeiro, temos que implementar as equações 17,18,19,20 e 21 (Figura 21,22,23,24 e 25, respectivamente) no programa MATLAB. Abaixo, seguem os códigos das funções implementadas, com as devidas correções necessárias já realizadas:

Figura 21 – Equação 17 implementada em MATLAB.

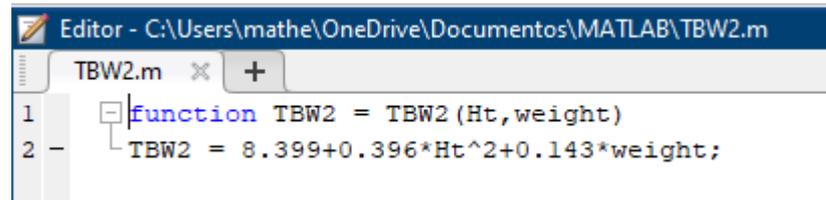
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\TBW1.m
TBW1.m x +
1 function TBW1 = TBW1(Ht,weight)
2 TBW1 = 0.6+0.50*Ht^2+0.186*weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 22 – Equação 18 implementada em MATLAB.



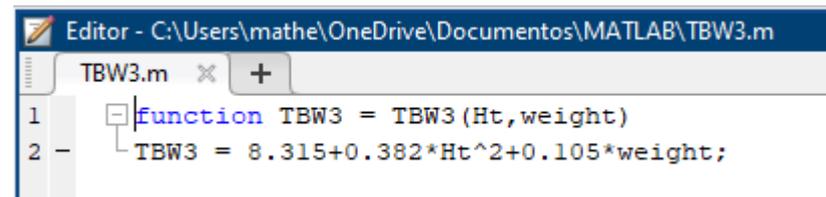
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\TBW2.m
TBW2.m x +
1 function TBW2 = TBW2(Ht, weight)
2 TBW2 = 8.399 + 0.396 * Ht^2 + 0.143 * weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 23 – Equação 19 implementada em MATLAB.



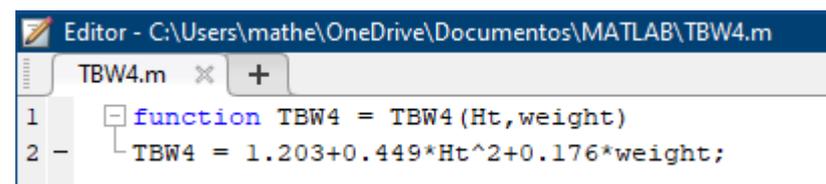
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\TBW3.m
TBW3.m x +
1 function TBW3 = TBW3(Ht, weight)
2 TBW3 = 8.315 + 0.382 * Ht^2 + 0.105 * weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 24 - Equação 20 implementada em MATLAB.



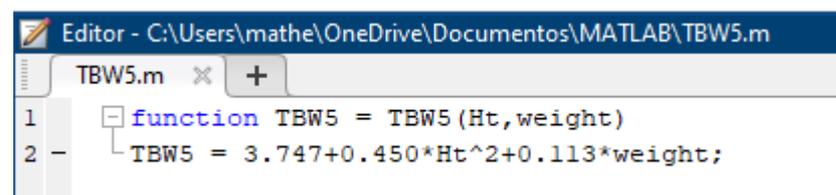
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\TBW4.m
TBW4.m x +
1 function TBW4 = TBW4(Ht, weight)
2 TBW4 = 1.203 + 0.449 * Ht^2 + 0.176 * weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 25 – Equação 21 implementada em MATLAB.



```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\TBW5.m
TBW5.m x +
1 function TBW5 = TBW5(Ht, weight)
2 TBW5 = 3.747 + 0.450 * Ht^2 + 0.113 * weight;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Após a implementação das fórmulas, utiliza-se o banco de dados para que seja possível a obtenção dos resultados para cada fórmula. Vale ressaltar que a ordem dos pacientes na tabela abaixo é a mesma ordem da tabela de dados original. Sendo assim as posições de 1 a 21 da tabela são mulheres e de 22 a 54 são homens.

Outro fator é que o método 1 é referente a equação 17 (Figura 21), que não possuía restrição de gênero. O método 2 é do estudo de Kushner e Schoeller (1986), porém existiam fórmulas diferentes para homens e mulheres. Sendo assim, o método 2 corresponde as equações 18 e 19 (Figuras 22 e 23).

O mesmo ocorre para o método 3, Sun (SUN et al.2003), criou em seu estudo, uma fórmula específica para homens e outra para mulheres. Portanto, o método 3 abrange as fórmulas 20 e 21 (Figuras 24 e 25). Os resultados, seguem abaixo na Tabela 18:

Tabela 18 – Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 34 inseridos como variáveis.

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
14,3261	16,3157	12,4556
16,1450	17,3270	13,5378
14,6630	16,5286	12,6936
16,7690	17,7109	13,9634
15,6440	17,0629	13,2610
10,5902	14,1851	10,1542
16,6062	17,6125	13,8550
16,7052	17,6882	13,9441
14,8620	16,6510	12,8292
20,0988	19,6279	15,9731
12,2330	15,0506	11,0615
14,0791	16,1827	12,3149
12,1740	15,0946	11,1390
12,0782	15,0251	11,0582
18,0620	18,4279	14,7300
14,5440	16,4081	12,5430
10,7460	14,2670	10,2400
15,8784	17,2049	13,4176
17,0180	17,8715	14,1440
13,2659	15,7172	11,8115
14,1050	16,2136	12,3546
13,8492	18,6207	13,6661
14,4901	12,6032	14,2774
18,4778	15,1586	18,0289
15,6400	13,3118	15,3639
11,9850	12,2675	13,6578
18,1981	14,9068	17,7776

Método 1 (kg)	Método 2(kg)	Método 3 (kg)
14,9652	19,9221	14,7221
14,5932	12,6961	14,3701
11,6755	10,9133	11,6108
20,2232	16,1855	19,6859
14,3552	12,5363	14,1473
16,8030	14,0932	16,5104
18,0282	14,8356	17,6117
13,2794	11,8727	13,1310
17,1181	14,2612	16,7540
17,9413	14,7301	17,5381
18,3960	14,9762	17,9734
13,4598	12,0024	13,2984
16,9250	14,0875	16,5806
15,9780	13,5072	15,6854
13,7738	12,2034	13,5938
18,8888	15,3109	18,4338
16,8253	14,0521	16,4821
15,1165	13,0038	14,8668
14,6862	12,7526	14,4581
18,1050	14,8503	17,6896
19,6652	15,8465	19,1579
21,7272	16,9951	21,1263
16,6974	13,9643	16,3628
13,6792	12,0911	13,5134
14,7000	12,7922	14,4660
15,2005	13,0250	14,9512
16,1980	13,6508	15,8919

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com os resultados, podemos calcular as diferenças e as médias entre os métodos. Na Tabela 19, podemos ver a diferença entre os métodos 1 e 2, diferença entre os métodos 1 e 3, diferença entre os métodos 2 e 3, a média entre os métodos 1 e 2, a média entre os métodos 1 e 3 e a média entre os métodos 2 e 3.

Tabela 19 – Valores das diferenças e medias entre os métodos a partir dos valores obtidos na Tabela 18.

Diferença 1-2	Diferença 1-3	Diferença 2-3	Média 1-2	Média 1-3	Média 2-3
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
-1,9896	1,8705	3,8601	15,3209	13,3909	14,3857
-1,1820	2,6072	3,7892	16,7360	14,8414	15,4324
-1,8656	1,9694	3,8350	15,5958	13,6783	14,6111
-0,9419	2,8056	3,7475	17,2400	15,3662	15,8372
-1,4189	2,3830	3,8019	16,3535	14,4525	15,1620
-3,5949	0,4360	4,0309	12,3877	10,3722	12,1697
-1,0063	2,7512	3,7575	17,1094	15,2306	15,7338
-0,9830	2,7611	3,7441	17,1967	15,3247	15,8162
-1,7890	2,0328	3,8218	15,7565	13,8456	14,7401
0,4709	4,1257	3,6548	19,8634	18,0360	17,8005
-2,8176	1,1715	3,9891	13,6418	11,6473	13,0561
-2,1036	1,7642	3,8678	15,1309	13,1970	14,2488
-2,9206	1,0350	3,9556	13,6343	11,6565	13,1168
-2,9469	1,0200	3,9669	13,5517	11,5682	13,0417
-0,3659	3,3320	3,6979	18,2450	16,3960	16,5790
-1,8641	2,0010	3,8651	15,4761	13,5435	14,4756
-3,5210	0,5060	4,0270	12,5065	10,4930	12,2535
-1,3265	2,4608	3,7873	16,5417	14,6480	15,3113
-0,8535	2,8740	3,7275	17,4448	15,5810	16,0078
-2,4513	1,4544	3,9057	14,4916	12,5387	13,7644
-2,1086	1,7504	3,8590	15,1593	13,2298	14,2841
-4,7715	0,1831	4,9546	16,2350	13,7577	16,1434
1,8869	0,2127	-1,6742	13,5467	14,3838	13,4403
3,3192	0,4489	-2,8703	16,8182	18,2534	16,5938
2,3282	0,2761	-2,0521	14,4759	15,5020	14,3379
-0,2825	-1,6728	-1,3903	12,1263	12,8214	12,9627
3,2913	0,4205	-2,8708	16,5525	17,9879	16,3422
-4,9569	0,2431	5,2000	17,4437	14,8437	17,3221
1,8971	0,2231	-1,6740	13,6447	14,4817	13,5331

Diferença 1-2	Diferença 1-3	Diferença 2-3	Média 1-2	Média 1-3	Média 2-3
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
0,7622	0,0647	-0,6975	11,2944	11,6432	11,2621
4,0377	0,5373	-3,5004	18,2044	19,9546	17,9357
1,8189	0,2079	-1,6110	13,4458	14,2513	13,3418
2,7098	0,2926	-2,4172	15,4481	16,6567	15,3018
3,1926	0,4165	-2,7761	16,4319	17,8200	16,2237
1,4067	0,1484	-1,2583	12,5761	13,2052	12,5019
2,8569	0,3641	-2,4928	15,6897	16,9361	15,5076
3,2112	0,4032	-2,8080	16,3357	17,7397	16,1341
3,4198	0,4226	-2,9972	16,6861	18,1847	16,4748
1,4574	0,1614	-1,2960	12,7311	13,3791	12,6504
2,8375	0,3444	-2,4931	15,5063	16,7528	15,3341
2,4708	0,2926	-2,1782	14,7426	15,8317	14,5963
1,5704	0,1800	-1,3904	12,9886	13,6838	12,8986
3,5779	0,4550	-3,1229	17,0999	18,6613	16,8724
2,7732	0,3432	-2,4300	15,4387	16,6537	15,2671
2,1127	0,2497	-1,8630	14,0602	14,9917	13,9353
1,9336	0,2281	-1,7055	13,7194	14,5722	13,6054
3,2547	0,4154	-2,8393	16,4777	17,8973	16,2700
3,8187	0,5073	-3,3114	17,7559	19,4116	17,5022
4,7321	0,6009	-4,1312	19,3612	21,4268	19,0607
2,7331	0,3346	-2,3985	15,3309	16,5301	15,1636
1,5881	0,1658	-1,4223	12,8852	13,5963	12,8023
1,9078	0,2340	-1,6738	13,7461	14,5830	13,6291
2,1755	0,2493	-1,9262	14,1128	15,0759	13,9881
2,5472	0,3061	-2,2411	14,9244	16,0450	14,7714

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com isso, podemos seguir para a análise do teste t e do gráfico de Bland-Altman entre os métodos.

4.3.1 Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal

Na Tabela 20, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 1 e 2.

Tabela 20 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença12	54	,556267	2,5456731	,3464222

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância de 0,114 para o teste t (Tabela 21). Este valor é maior que o grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (GOSSET, 1908), podemos afirmar que existe uma boa chance de os testes possuírem uma grande concordância entre si.

Tabela 21 - Valor da significância do teste-t.

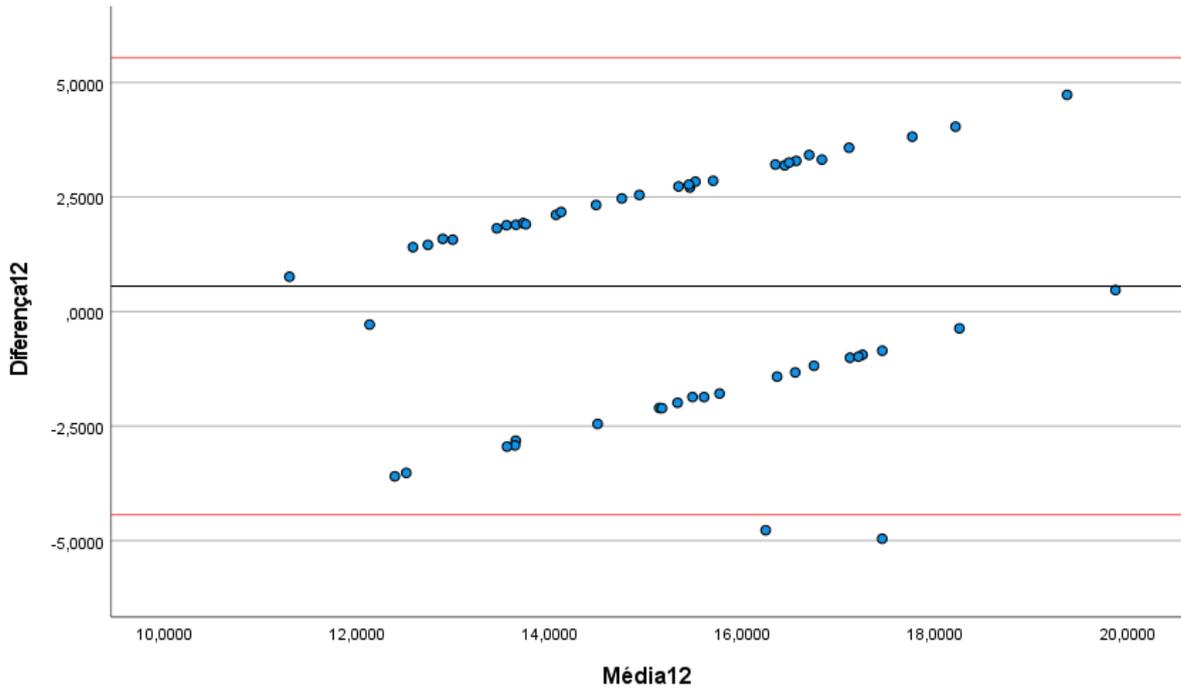
Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença12	1,606	53	,114	,5562667	-,138568	1,251102

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para confirmar ou não essa concordância entre os métodos, vamos primeiramente obter o gráfico de Bland-Altman. Para a plotagem do gráfico, além do valor da média e da diferença entre os métodos, precisamos calcular o eixo central e os limites do gráfico. O eixo central é o valor da média das diferenças, valor este, que já nos foi retornado pelo programa SPSS.

Já o valor dos limites é igual ao valor da média mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença. Para este caso, o valor do limite superior é de 5,545786 e o limite inferior é de -4,43325. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 26 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 26), podemos ver que o valor da média está próximo a zero e que os seus limites não estão muito distantes entre si. Sendo assim, tanto o estudo de Bland e Altman (1986), quanto o estudo de Gosset (1908), nos mostram que existe uma boa concordância entre os métodos.

4.3.2 Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal

Na Tabela 22, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 1 e 3.

Tabela 22 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença13	54	,951326	1,0921494	,1486227

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância $<0,001$ para o teste t (Tabela 23). Este valor é menor que o grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (1908), podemos afirmar que os métodos não possuem uma boa relação.

Tabela 23 - Valor da significância do teste-t.

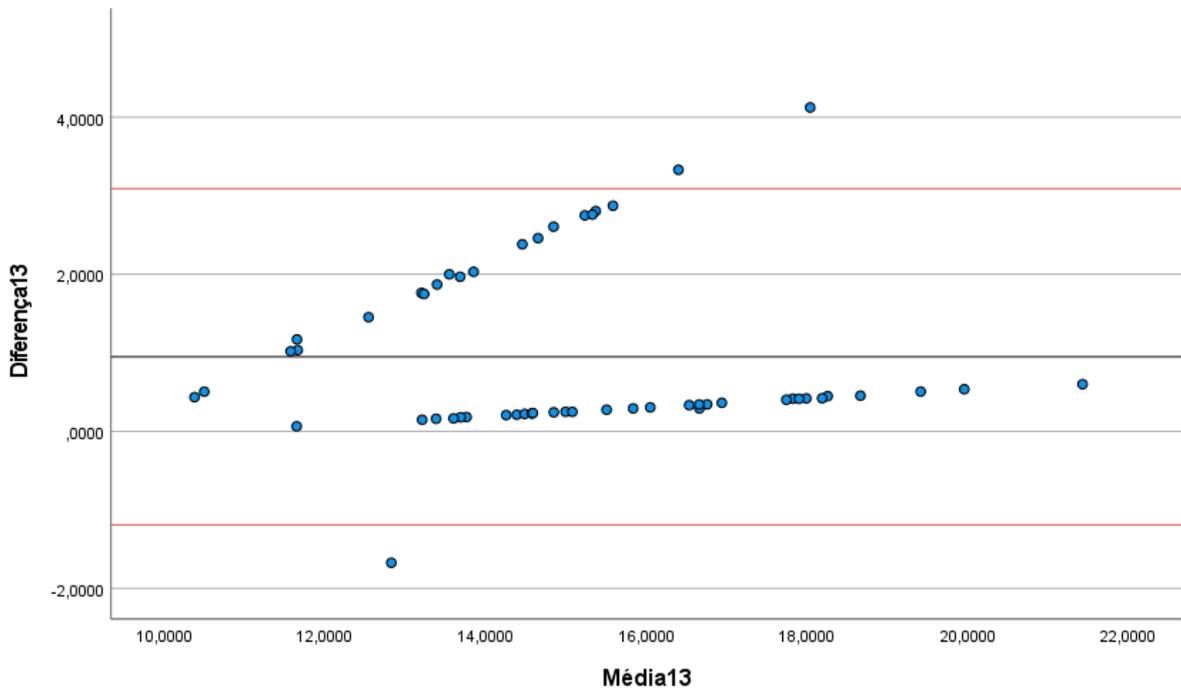
Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença13	6,401	53	<,001	,9513259	,653227	1,249425

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para confirmar ou não essa concordância entre os métodos, vamos primeiramente obter o gráfico de Bland-Altman, que além do valor da média e da diferença entre os métodos, necessita o valor para o eixo central e para os limites do gráfico. O eixo central é o valor da média das diferenças, já fornecido pelo SPSS.

Já o valor dos limites é igual ao valor da média mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença. Para este caso, o valor do limite superior é de 3,091939 e o limite inferior é de -1,18929. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 27 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 27), podemos ver que o valor da média está próximo a zero e que os seus limites não estão muito distantes entre si. Porém, a distribuição dos pontos se dá majoritariamente abaixo da linha média, o que leva a obter resultados que tendam mais para este lado. Portanto, o estudo de Bland e Altman (1986) não pode afirmar que os métodos possuem boa correspondência, apesar de possuírem outros fatores favoráveis. E o estudo de Gosset (1908), também nos mostra que não existe uma boa concordância entre os métodos.

4.3.3 Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Total de Água Corporal

Na Tabela 24, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 2 e 3.

Tabela 24 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença23	54	,395059	3,1540214	,4292080

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância de 0,362 para o teste t (Tabela 25). Este valor é maior que o nosso grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (1908), podemos afirmar que existe uma boa chance de os testes possuírem uma grande concordância entre si.

Tabela 25 - Valor da significância do teste-t.

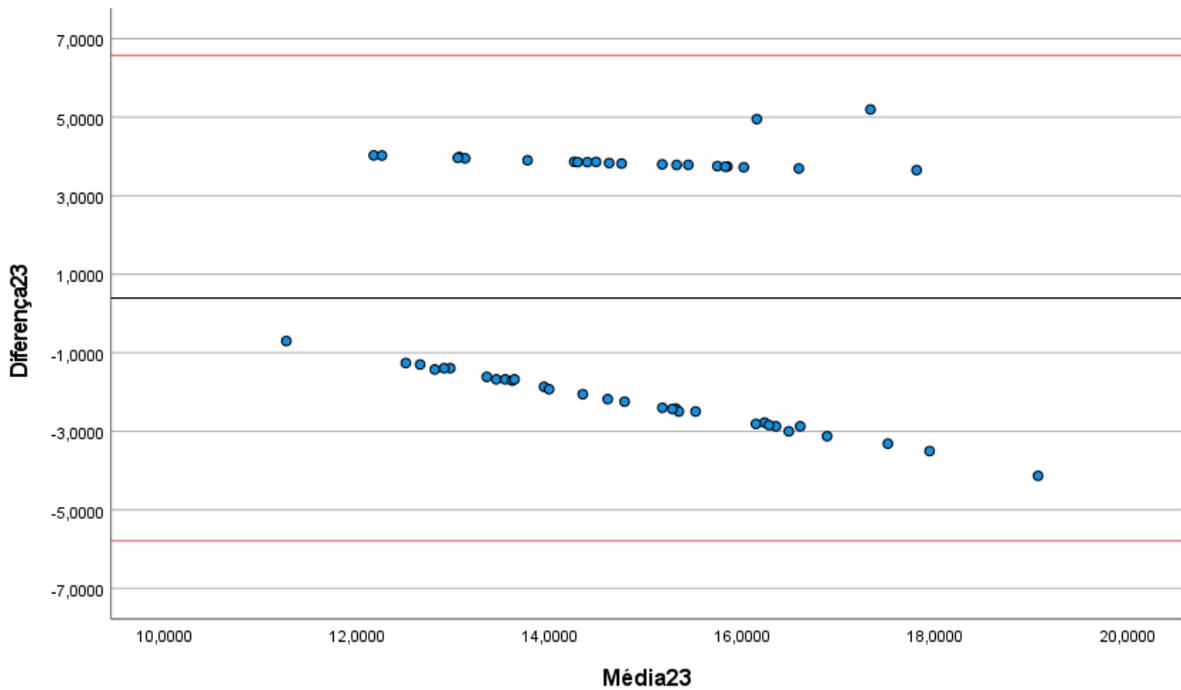
Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença23	,920	53	,362	,3950593	-,465823	1,255941

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para a plotagem do gráfico de Bland-Altman, além do valor da média e da diferença entre os métodos, precisamos calcular o eixo central e os limites do gráfico. O eixo central é o valor da média das diferenças que o SPSS já nos retornou anteriormente.

Já o valor dos limites é igual ao valor da média mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença. Para este caso, o valor do limite superior é de 6,576941 e o limite inferior é de -5,78682. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 28 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 28), podemos ver que o valor da média está próximo a zero e que os seus limites estão um pouco entre si, mas não muito. Sendo assim, tanto o estudo de Bland e Altman (1986), quanto o estudo de Gosset (1908), nos mostram que existe uma boa concordância entre os métodos.

4.4 Massa Celular Corporal

Primeiro, temos que implementar as equações 22,23 e 24 (Figuras 29,30 e 31, respectivamente) no programa MATLAB. Abaixo, seguem os códigos das funções implementadas, com as devidas correções necessárias já realizadas:

Figura 29 – Equação 22 implementada em MATLAB.

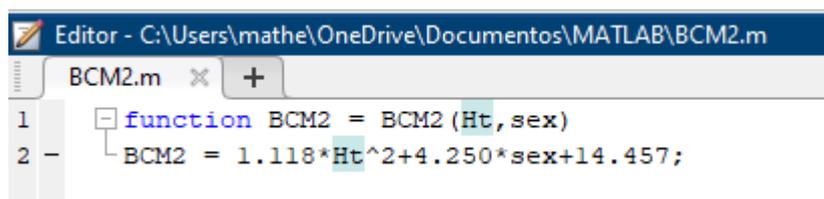
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\BCM1.m
BCM1.m x +
1 function BCM1 = BCM1(Ht,weight,sex)
2 BCM1 = 1.898*Ht^2-0.051*weight+4.180*sex+15.496;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 30 – Equação 23 implementada em MATLAB.



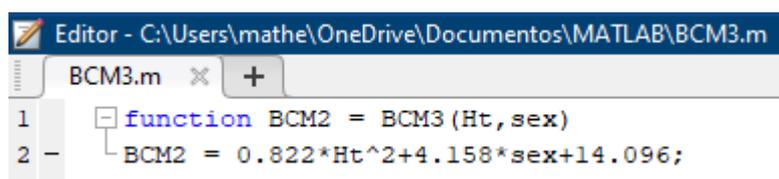
```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\BCM2.m
BCM2.m x +
1 function BCM2 = BCM2(Ht,sex)
2 BCM2 = 1.118*Ht^2+4.250*sex+14.457;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Figura 31 – Equação 24 implementada em MATLAB.



```

Editor - C:\Users\mathe\OneDrive\Documentos\MATLAB\BCM3.m
BCM3.m x +
1 function BCM2 = BCM3(Ht,sex)
2 BCM2 = 0.822*Ht^2+4.158*sex+14.096;

```

Fonte: feito pelo autor (2020).

Após a implementação das fórmulas, utiliza-se o banco de dados para que seja possível a obtenção dos resultados para cada fórmula. Vale ressaltar que a ordem dos pacientes na tabela abaixo é a mesma ordem da tabela de dados base. Sendo assim as posições de 1 a 21 da tabela são mulheres e de 22 a 54 são homens. O método 1 é referente a equação 22 (Figura 29). O método 2 é referente a equação 23 (Figura 30) e o método 3 é referente a equação 24 (Figura 31). Os valores obtidos estão na Tabela 26:

Tabela 26 – Valores que cada equação retornou após ter os dados da Tabela 1 inseridos como variáveis.

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
16,8773	17,2834	16,1741
16,0601	17,1084	16,0455
17,2479	17,5378	16,3611
16,5362	17,4640	16,3069
16,5809	17,3191	16,2003
17,4586	17,0400	15,9951
16,4481	17,3911	16,2533
16,8239	17,6124	16,4160
17,3979	17,6501	16,4437
16,3820	17,8809	16,6134
15,7456	16,3464	15,4852
17,0753	17,3550	16,2267

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
17,3388	17,2128	16,1221
17,0506	17,0400	15,9951
15,9179	17,3191	16,2003
16,1907	16,9391	15,9209
17,2930	16,9725	15,9455
16,7138	17,4274	16,2800
16,8757	17,6880	16,4716
17,1680	17,2834	16,1741
17,4009	17,5378	16,3611
22,2756	22,1309	20,7714
21,6799	21,9001	20,6017
22,4333	22,9147	21,3477
21,5029	21,9761	20,6576
22,6380	22,3293	20,9173
21,3714	22,2892	20,8878
21,9696	22,1309	20,7714
22,0716	22,1309	20,7714
22,7300	22,0531	20,7142
21,4883	22,6585	21,1593
21,9250	22,0145	20,6858
21,7386	22,2892	20,8878
21,8624	22,5334	21,0673
22,0808	21,9380	20,6296
21,8140	22,3697	20,9470
21,1536	22,1309	20,7714
20,6089	21,9001	20,6017
22,3114	22,0919	20,7427
21,0812	21,9380	60,6296
21,2719	21,9001	20,6017
22,3677	22,1701	20,8002
20,9652	22,1701	20,8002
21,4596	22,1309	20,7714

Método 1 (kg)	Método 2 (kg)	Método 3 (kg)
21,7865	22,0531	20,7142
22,0461	22,1309	20,7714
21,3969	22,8292	20,8878
21,6413	22,6585	21,1593
19,6269	21,8624	20,574
21,353	22,0531	20,7142
21,6303	21,7508	20,4919
22,4770	22,3697	20,9470
21,3483	21,825	20,5465
21,3499	21,9761	20,6576

Fonte: feito pelo autor (2020).

Na Tabela 27, podemos ver a diferença entre os métodos 1 e 2, diferença entre os métodos 1 e 3, diferença entre os métodos 2 e 3, a média entre os métodos 1 e 2, a média entre os métodos 1 e 3 e a média entre os métodos 2 e 3.

Tabela 27 – Valores das diferenças e média entre os métodos a partir dos valores obtidos pela Tabela 26.

Diferença 1-2 (kg)	Diferença 1-3 (kg)	Diferença 2-3 (kg)	Média 1-2 (kg)	Média 1-3 (kg)	Média 2-3 (kg)
-0,4061	0,7032	1,1093	17,0804	16,5257	16,7288
-1,0483	0,0146	1,0629	16,5843	16,0528	16,5770
-0,2899	0,8868	1,1767	17,3929	16,8045	16,9495
-0,9278	0,2293	1,1571	17,0001	16,4216	16,8855
-0,7382	0,3806	1,1188	16,9500	16,3906	16,7597
0,4186	1,4635	1,0449	17,2493	16,7269	16,5176
-0,9430	0,1948	1,1378	16,9196	16,3507	16,8222
-0,7885	0,4079	1,1964	17,2182	16,6200	17,0142
-0,2522	0,9542	1,2064	17,5240	16,9208	17,0469
-1,4989	-0,2314	1,2675	17,1315	16,4977	17,2472
-0,6008	0,2604	0,8612	16,0460	15,6154	15,9158
-0,2797	0,8486	1,1283	17,2152	16,6510	16,7909
0,1260	1,2167	1,0907	17,2758	16,7305	16,6675

Diferença 1-2	Diferença 1-3	Diferença 2-3	Média 1-2	Média 1-3	Média 2-3
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
0,0106	1,0555	1,0449	17,0453	16,5229	16,5176
-1,4012	-0,2824	1,1188	16,6185	16,0591	16,7597
-0,7484	0,2698	1,0182	16,5649	16,0558	16,4300
0,3205	1,3475	1,0270	17,1328	16,6193	16,4590
-0,7136	0,4338	1,1474	17,0706	16,4969	16,8537
-0,8123	0,4041	1,2164	17,2819	16,6737	17,0798
-0,1154	0,9939	1,1093	17,2257	16,6711	16,7288
-0,1369	1,0398	1,1767	17,4694	16,8810	16,9495
0,1447	1,5042	1,3595	22,2033	21,5235	21,4512
-0,2202	1,0782	1,2984	21,7900	21,1408	21,2509
-0,4814	1,0856	1,5670	22,6740	21,8905	22,1312
-0,4732	0,8453	1,3185	21,7395	21,0803	21,3169
0,3087	1,7207	1,4120	22,4837	21,7777	21,6233
-0,9178	0,4836	1,4014	21,8303	21,1296	21,5885
-0,1613	1,1982	1,3595	22,0503	21,3705	21,4512
-0,0593	1,3002	1,3595	22,1013	21,4215	21,4512
0,6769	2,0158	1,3389	22,3916	21,7221	21,3837
-1,1702	0,3290	1,4992	22,0734	21,3238	21,9089
-0,0895	1,2392	1,3287	21,9698	21,3054	21,3502
-0,5506	0,8508	1,4014	22,0139	21,3132	21,5885
-0,6710	0,7951	1,4661	22,1979	21,4649	21,8004
0,1428	1,4512	1,3084	22,0094	21,3552	21,2838
-0,5557	0,8670	1,4227	22,0919	21,3805	21,6584
-0,9773	0,3822	1,3595	21,6423	20,9625	21,4512
-1,2912	0,0072	1,2984	21,2545	20,6053	21,2509
0,2195	1,5687	1,3492	22,2017	21,5271	21,4173
-0,8568	-39,5484	-38,6916	21,5096	40,8554	41,2838
-0,6282	0,6702	1,2984	21,5860	20,9368	21,2509
0,1976	1,5675	1,3699	22,2689	21,5840	21,4852
-1,2049	0,1650	1,3699	21,5677	20,8827	21,4852
-0,6713	0,6882	1,3595	21,7953	21,1155	21,4512

Diferença 1-2 (kg)	Diferença 1-3 (kg)	Diferença 2-3 (kg)	Média 1-2 (kg)	Média 1-3 (kg)	Média 2-3 (kg)
-0,2666	1,0723	1,3389	21,9198	21,2504	21,3837
-0,0848	1,2747	1,3595	22,0885	21,4088	21,4512
-1,4323	0,5091	1,9414	22,1131	21,1424	21,8585
-1,0172	0,4820	1,4992	22,1499	21,4003	21,9089
-2,2355	-0,9471	1,2884	20,7447	20,1005	21,2182
-0,7001	0,6388	1,3389	21,7031	21,0336	21,3837
-0,1205	1,1384	1,2589	21,6906	21,0611	21,1214
0,1073	1,5300	1,4227	22,4234	21,7120	21,6584
-0,4767	0,8018	1,2785	21,5867	20,9474	21,1858
-0,6262	0,6923	1,3185	21,6630	21,0038	21,3169

Fonte: feito pelo autor (2020).

Com estes valores, é possível realizar o teste t e a plotagem do gráfico de Bland-Altman entre os métodos.

4.4.1 Análise entre os Métodos 1 e 2 para Cálculo de Massa Celular Corporal

Na Tabela 28, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 1 e 2.

Tabela 28- Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença12	54	-,499404	,5665756	,0771012

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância $<0,001$ para o teste t (Tabela 29). Este valor é menor que o grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (1908), podemos afirmar que não existe uma boa relação entre os métodos.

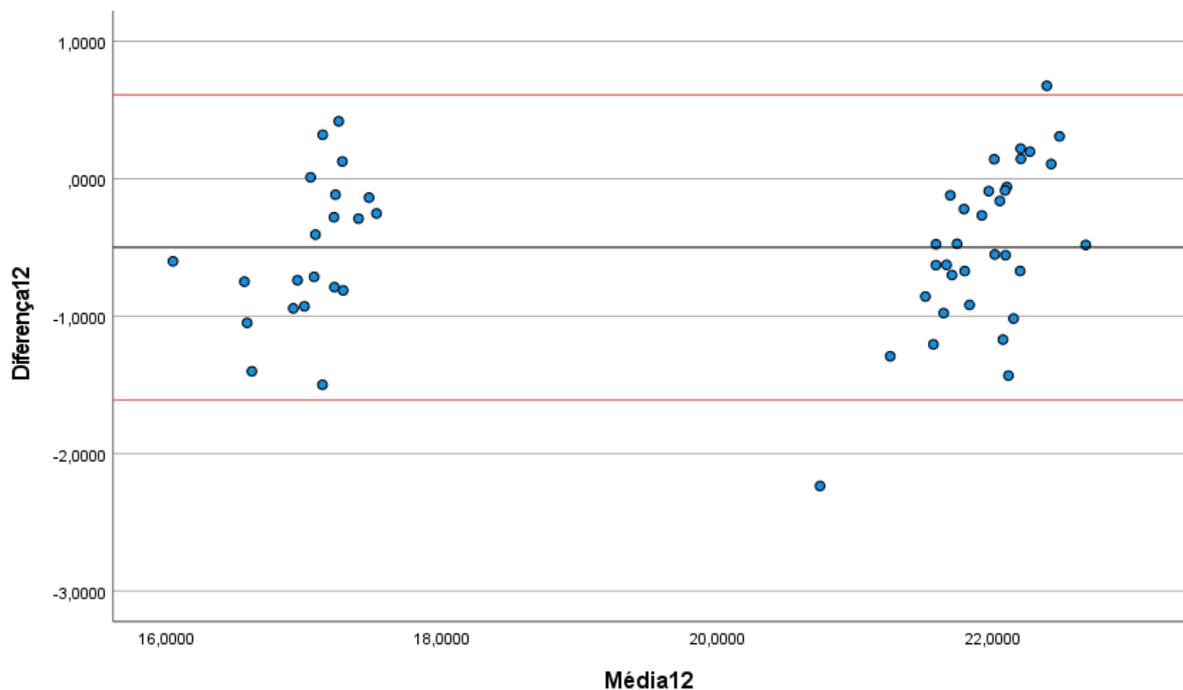
Tabela 29 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença12	-6,477	53	<,001	-,4994037	-,654049	-,344758

Fonte: feito pelo autor (2020).

O gráfico de Bland-Altman, segundo o estudo publicado em 1986, necessita, além do valor da média e da diferença entre os métodos, o valor da média das diferenças para ser o eixo central e limites. Os limites se calculam da seguinte forma: o limite superior valor da média mais 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença e o limite inferior é igual ao valor da média das diferenças menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão. Para este caso, o valor do limite superior é de 0,611084 e o limite inferior é de -1,609891. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 32 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 2. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 32), podemos ver que o valor da média está próximo a zero e que os seus limites estão um pouco entre si, mas não muito. Sendo assim, o estudo de Bland e Altman (1986), concluiria que os métodos são próximos entre si. Isso não se pode dizer seguindo o estudo de Gosset (1908), que como vimos anteriormente na seção, não reconheceria que os métodos são próximos, devido ao grau de significância do teste t ter sido menor que o grau de confiança.

4.4.2 Análise entre os Métodos 1 e 3 para Cálculo de Massa Celular Corporal

Na Tabela 30, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 1 e 3.

Tabela 30 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença13	54	,037930	5,5174895	,7508352

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância de 0,960 para o teste t (Tabela 31). Este valor é maior que o nosso grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (GOSSET, 1908), podemos afirmar que existe uma boa chance de os testes possuírem uma grande concordância entre si.

Tabela 31 - Valor da significância do teste-t.

Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença13	,051	53	,960	,0379296	-1,468055	1,543914

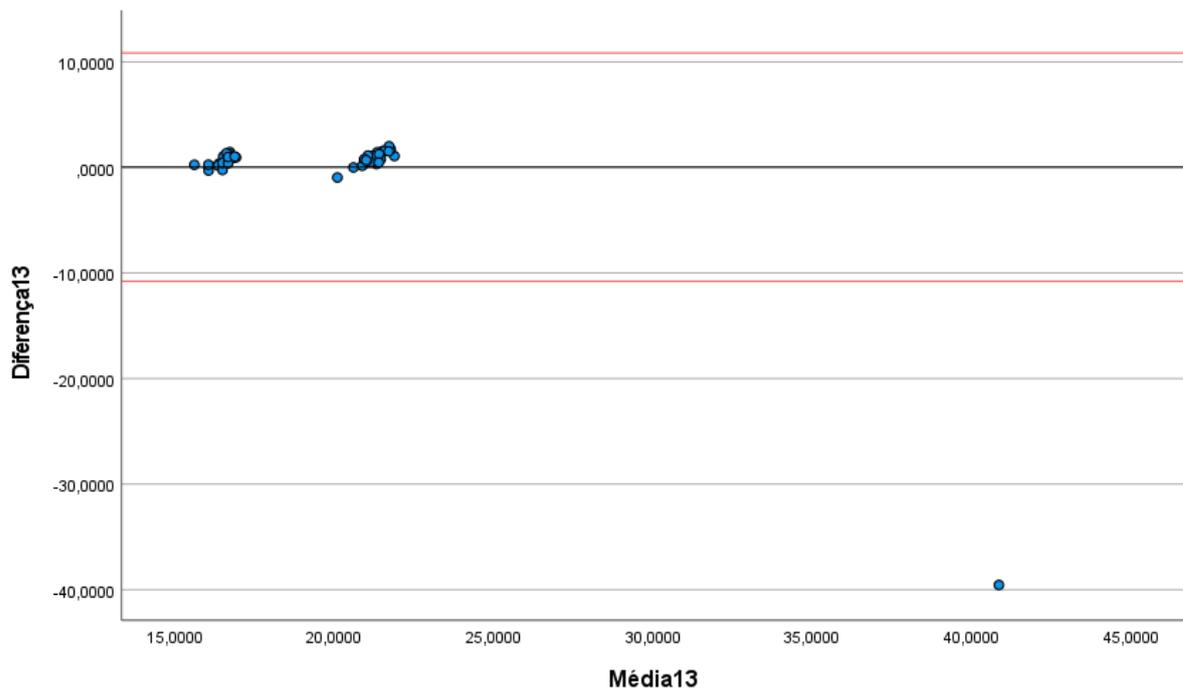
Fonte: feito pelo autor (2020).

O gráfico de Bland-Altman, segundo estudo de 1986 (BLAND E ALTMAN), além de utilizar os valores de média e diferença entre os métodos, também utiliza o valor da média das

diferenças como eixo central para o gráfico. Este valor já é retornado pelo programa do SPSS. Além disso, é necessário o valor dos limites superior e inferior.

O valor dos limites é igual ao valor da média mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença. Para este caso, o valor do limite superior é de 10,852209 e o limite inferior é de -10,776349. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 33 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 1 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 33), podemos ver que apesar de o valor da média ser próximo a zero, existe uma grande distância entre os seus limites. Além disso, é possível observar que existe uma tendência para que os valores se localizem acima da linha média. Sendo assim, o estudo de Bland e Altman (1986) diria que os métodos não são tão concordantes entre si quanto parecem. O que se opõe ao estudo de Gosset (1908), onde ao se observar o grau de significância do teste t, foi constatado que os métodos eram próximos.

4.4.2 Análise entre os Métodos 2 e 3 para Cálculo de Massa Celular Corporal

Na Tabela 32, temos os valores que o programa SPSS retorna para o calcula da média e do desvio padrão da diferença entre os métodos 2 e 3.

Tabela 32 - Valor da média e do desvio padrão da diferença.

Estatísticas de uma amostra				
	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Diferença23	54	,537333	5,4417769	,7405320

Fonte: feito pelo autor (2020).

Além disso, o programa também nos retorna o valor do teste t. Foi obtido um valor de significância de 0,471 para o teste t (Tabela 33). Este valor é maior que o nosso grau de confiança de 5%, então, segundo Gosset (1908), podemos afirmar que existe uma boa chance de os testes possuírem uma grande concordância entre si.

Tabela 33 – Valor da significância do teste-t.

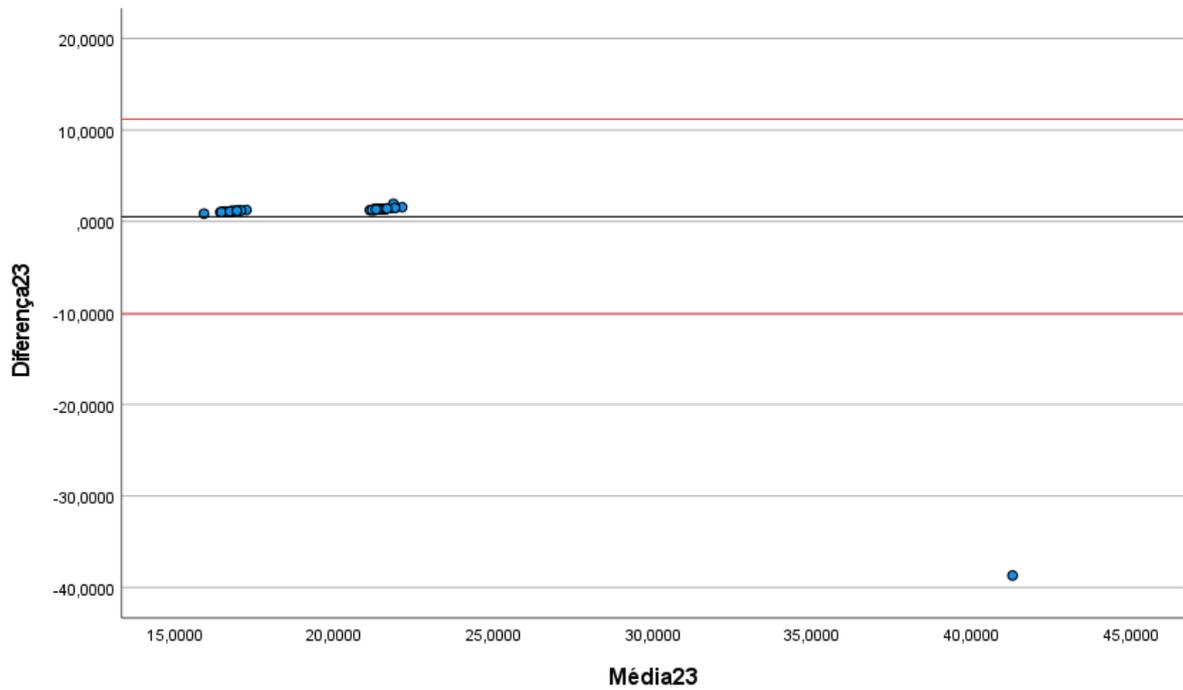
Teste de uma amostra						
Valor de Teste = 0						
	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Inferior	Superior
Diferença23	,726	53	,471	,5373333	-,947986	2,022653

Fonte: feito pelo autor (2020).

Para o gráfico de Bland-Altman, precisamos calcular o eixo central 3 fatores indispensáveis. O eixo central e os limites superior e inferior do gráfico. O eixo central do gráfico possui o mesmo valor da média das diferenças.

Já o valor dos limites é igual ao valor da média mais ou menos 1,96 vezes o valor do desvio padrão da diferença. Para este caso, o valor do limite superior é de 11,203216 e o limite inferior é de -10,128549. Assim, o gráfico abaixo foi plotado pelo programa SPSS:

Figura 34 - Gráfico de Bland-Altman para os métodos 2 e 3. No eixo y as diferenças e no eixo x as médias.



Fonte: feito pelo autor (2020).

Pelo gráfico (Figura 34), podemos ver que ocorre algo semelhante a análise dos métodos 1 e 3. Ou seja, o valor da média é próximo a zero, porém existe uma grande distância entre os seus limites e é possível observar que existe uma tendência para que os valores se localizem acima da linha média. Sendo assim, o estudo de Bland e Altman (1986) diria que os métodos não são tão concordantes entre si quanto parecem. O que se opõe ao estudo de Gosset (GOSSET, 1908), onde ao se observar o grau de significância do teste t, foi constatado que os métodos eram próximos.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E LIMITAÇÕES

Como podemos ver, após aplicarmos os fundamentos básicos dos estudos de Bland e Altman (1986) e de Gosset (1908), pode-se verificar que a maioria das análises entre os métodos não obtiveram um resultado satisfatório.

É importante notar que obtivemos três resultados diferentes: em um deles nenhum dos dois estudos concluiu que ambos os métodos em análise possuíam algum grau de concordância. Esse foi o resultado mais comum em nossas análises. Em outros casos, um dos estudos, geralmente o de Gosset (1908), indicava que os métodos teriam uma boa proximidade entre si, porém, o mesmo não ocorria ao ser aplicado o estudo gráfico de Bland e Altman (1986). Este caso ocorreu duas vezes para o cálculo de massa celular corporal. Já o último caso, ocorreu quando os dois estudos apontavam que os métodos possuíam boa proximidade entre si.

Porém, é importante ressaltar que a falta de dados como a medição da resistência e da capacitância dos indivíduos utilizados no estudo pode ter sido um fator determinante para a falta de proximidade entre os métodos. Em um trabalho futuro, é necessário a obtenção dos dados de resistência e capacitância para obtenção de resultados mais precisos.

6. CONCLUSÃO

Por meio da utilização do gráfico de Bland-Altman e do Teste T de Student, este trabalho apresentou a avaliação entre a proximidade de diferentes métodos que calculam fatores de bioimpedância, dentre os quais, foram analisados a quantidade de massa magra, a quantidade total de água corporal e a quantidade de massa celular corporal.

Uma das contribuições deste resultado, é a junção de diferentes cálculos para diferentes parâmetros de bioimpedância. A criação deste resumo de modelos permite uma maior facilidade ao acesso na busca de modelos específicos, caso estes sejam necessários em um estudo futuro.^[MK10]

As equações utilizadas para o cálculo são todas retiradas de estudos que possuíram sucesso nas suas análises de medidas para bioimpedância. A implementação dos cálculos se deu de forma simples, tendo o auxílio de programas de computador como o MATLAB e o SPSS.

Porém, dificuldades para a obtenção de alguns dados dos pacientes, como a resistência elétrica medida em um ser humano, quando nele for aplicada uma frequência de 50 kHz, acabaram por dificultar a possibilidade de uma análise mais profunda entre os modelos.

Assim, conclui-se que, apesar de podermos ter uma boa noção de como os métodos se comportam entre si com o que foi apresentado, não podemos garantir que os métodos possuem ou não algum grau de concordância se não obtivermos os valores que não foram possíveis de se obter para este estudo.

Por fim, recomenda-se que em estudos futuros, deve ser necessário haver um aprimoramento na obtenção dos dados necessários para o cálculo dos modelos de bioimpedância, não apenas em qualidade, como também uma maior quantidade de pacientes analisados, para que se possa ter maior confiabilidade nos resultados.

REFERÊNCIAS

- Thomasset, MA (15 July 1962). "Proprietes bioelectrique des tissus, Mesures de l'impedance en clinique" [Bioelectric properties of tissue. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained]. *Lyon Medical (in French)*. **94**: 107–18. PMID 13920843.
- Hoffer, E C; Meador, C K; Simpson, D C (October 1969). "Correlation of whole-body impedance with total body water volume". *Journal of Applied Physiology*. **27** (4): 531–4. doi:10.1152/jappl.1969.27.4.531. PMID 4898406.
- Nyboer, J.; Liedtke, R.J.; Reid, K.A.; Gessert, W.A. (1983). *Nontraumatic electrical detection of total body water and density in man*. Proceeding of the 6th International Conference of Electrical Bioimpedance. pp. 381–4.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA (April 1986). "Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition". *Journal of Applied Physiology*. **60** (4): 1327–32. doi:10.1152/jappl.1986.60.4.1327. PMID 3700310.
- Kushner RF, Schoeller DA (September 1986). "Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis". *The American Journal of Clinical Nutrition*. **44** (3): 417–24. doi:10.1093/ajcn/44.3.417. PMID 3529918.
- Kushner RF (April 1992). "Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications". *Journal of the American College of Nutrition*. **11** (2): 199–209. PMID 1578098.
- Oei E, L, Fan S, L: Practical Aspects of Volume Control in Chronic Kidney Disease Using Whole Body Bioimpedance. *Blood Purif* 2015; 39:32-36. doi: 10.1159/000368953
- Zhu F.; Abbas S. R.; Kotanko P; Levin N. W. (22 de maio de 2017) "Effect of age and blood pressure on determination of normal fluid status in a general population using whole body and calf bioimpedance techniques" *Institute of Physics and Engineering in Medicine*
- Steinhaug O. M.; Bogen B. E.; Kristoffersen M. H.; Ranhoff A. H. (2017). "Bones, blood and steel: How bioelectrical impedance analysis is affected by hip fracture and surgical implants" *Journal of Bioelectric Bioimpedance*
- Sullivan P. A.; Still C. D.; Jamieson S. T.; Dixon C. B.; Irving B. A.; Andreacci J. L. (17 de abril de 2019) "Evaluation of multi-frequency bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in individuals with obesity"
- Marini E.; Campa F.; Buffa R.; Stagi S.; Matias C. N.; Toselli S.; Sardinha L. B.; Silva A. M. (2019) "Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes" *Department of Life and Environmental Sciences, Neuroscience and Anthropology Section, University of Cagliari, Cagliari, Italy; Department of Biomedical and Neuromotor Sciences, University of Bologna, Bologna, Italy; Exercise and Health Laboratory, CIPER, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Portugal*

Carrion, B. M., Wells, A., Mayhew, J. L., & Koch, A. J. (2019). Concordance Among Bioelectrical Impedance Analysis Measures of Percent Body Fat in Athletic Young Adults. *International journal of exercise science*, 12(4), 324–331

Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AM. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Brit J Nutr* 2000; 83:115–22. 19.

Utter AC, Nieman DC, Ward AN, Butterworth DE. Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69:603–7.

Hannan WJ, Cowen SJ, Plester CE, Fearon KCH, de Beau A. Comparison of bio-impedance spectroscopy and multifrequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clin Sci* 1995; 89:651–8.

Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zaccaria M. A new method for monitoring hydration at high altitude by bioimpedance analysis. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28:1517–22.

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; 46:534–539.

Ward L, Heitmann BL. Comments on “Electrical maturation trajectory of human tissues identified by bioelectrical impedance vector analysis”. *Nutrition* 2000;16: 319–20.

Sami F. Khalil, Mas S. Mohktar, Fatimah Ibrahim The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases Sensors (Basel) 2014 Jun; 14(6): 10895–10928. Published online 2014 Jun 19. doi: 10.3390/s140610895 PMID: PMC4118362.

Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20–94 years. *Nutrition* 2001; 17:248–53

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

Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:331–40.

Cornish BH, Ward LC, Thomas BJ, S.A. J, Elia M. Evaluation of multiple frequency bioelectrical impedance and Cole– Cole analysis for the assessment of body water volumes in healthy humans. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50:159–64.

Dittmar M, Reber H. New equations for estimating body cell mass from bioimpedance parallel models in healthy older Germans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;281: E1005–E1014.

Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1992.

Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson Jr RN. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:489S–97S.

Masoro, E.J., Brocklehurst's Textbook of Geriatric Medicine and Gerontology (Seventh Edition), 2010

Johnson, R. K.; Coward-McKenzie, Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease, 2001

Hirakatal, V. N.; Camey, S. A.; Análise De Concordância Entre Métodos De Bland-Altman, 2009

Shiel Jr., W. C., MD, FACP, FACR; Medical Definition of Body cell mass; 2018

Dineen, S., MD; Schumacher, P., MD; Parkland Trauma Handbook (Third Edition), 2009

Gosset, W. S.; The probable error of a mean, 1908

Gosset, W. S.; Probable error of a correlation coefficient; 1908

Cleveland, William S. (1993). Visualizing data. Murray Hill, N.J.: At & T Bell Laboratories. pp. 22–23. ISBN 978-0963488404. OCLC 29456028.

Bland JM, Altman DG (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. **327** (8476):307–10. CiteSeerX 10.1.1.587.8931. doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8. PMID 2868172. S2CID 2844897.

Creder, H.; Instalações Elétricas. !0ª ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1989, p. 17

Tang, J.; Lu, M.; Xie, Y.; Yin, W. A Novel Efficient FEM Thin Shell Model for Bio-Impedance Analysis. *Biosensors* 2020, *10*, 69.

Terada, M., Yoshimura, A., Sawaki, M. *et al.* Patient-reported outcomes and objective assessments with arm measurement and bioimpedance analysis for lymphedema among breast cancer survivors. *Breast Cancer Res Treat* 179, 91–100 (2020).

Yao J.; Zhou, M.; Xu, B. Li, C.; Chen, H.; Gong, D.; The Association of Bioimpedance Analysis Parameters with the Outcomes of Critically Ill Patients. 2020

Correia, Luis; Lima, José; Gerstenblith, Gary; Magalhães, Luís; Moreira, Agnaluce; Jr, Octávio; Fernandes, Juliana; Carlos, Luiz; Passos, S.; Júnior, Argemiro; Esteves, José. (2020). Correlação entre Medidas de Proteína C-Reativa pelos Métodos de Nefelometria e Turbidimetria em Pacientes com Angina Instável ou Infarto Agudo do Miocárdio sem Supradesnível do Segmento S.

ANEXO

ANEXO A – Dados detalhados dos pacientes estudados

Tabela 34 – Informações de sexo, peso e altura dos pacientes.

Número	Sexo	Peso (kg)	Altura (m)
1	Mulher	67,0	1,59
2	Mulher	77,2	1,54
3	Mulher	68,2	1,66
4	Mulher	79,7	1,64
5	Mulher	74,0	1,60
6	Mulher	47,5	1,52
7	Mulher	79,0	1,62
8	Mulher	79,0	1,68
9	Mulher	69,0	1,69
10	Mulher	96,6	1,75
11	Mulher	58,0	1,30
12	Mulher	65,5	1,61
13	Mulher	55,6	1,57
14	Mulher	55,5	1,52
15	Mulher	87,0	1,60
16	Mulher	69,0	1,49
17	Mulher	48,5	1,50
18	Mulher	75,0	1,63
19	Mulher	80,5	1,70
20	Mulher	61,3	1,59
21	Mulher	65,2	1,66
22	Homem	63,0	1,75
23	Homem	67,0	1,69
24	Homem	86,0	1,94
25	Homem	73,0	1,71
26	Homem	62,5	1,80
27	Homem	86,0	1,79

Número	Sexo	Peso (kg)	Altura (m)
28	Homem	69,0	1,75
29	Homem	67,0	1,75
30	Homem	51,5	1,73
31	Homem	96,0	1,88
32	Homem	66,0	1,72
33	Homem	78,8	1,79
34	Homem	84,5	1,85
35	Homem	60,4	1,70
36	Homem	80,0	1,81
37	Homem	85,0	1,75
38	Homem	88,0	1,69
39	Homem	61,0	1,74
40	Homem	80,0	1,70
41	Homem	75,0	1,69
42	Homem	62,5	1,76
43	Homem	90,0	1,76
44	Homem	79,0	1,75
45	Homem	70,0	1,73
46	Homem	67,5	1,75
47	Homem	85,5	1,79
48	Homem	93,0	1,88
49	Homem	106,0	1,68
50	Homem	78,5	1,73
51	Homem	63,0	1,65
52	Homem	67,0	1,81
53	Homem	71,0	1,67
54	Homem	76,0	1,71

Fonte: Projeto - “Diagnóstico Precoce da Neuropatia Autonômica em Indivíduos com Diabetes” (2019).