

Predição da gordura corporal em adolescentes: validade dos métodos massa
de gordura relativa, índice de adiposidade corporal e índice de gordura
corporal

Irismar Gonçalves Almeida da Encarnação

*Dissertação apresentada à Escola Superior de Educação para obtenção do grau de
Mestre em Exercício e Saúde*

Orientado por
Pedro Miguel Queirós Pimenta de Magalhães
João Carlos Bouzas Marins

Bragança
2021

Agradecimentos

Escrever o nome de pessoas tão importantes em algumas páginas deste tão almejado trabalho é assumir a responsabilidade de tatuá-las em minha história. Eu eternizo essas pessoas nesta escrita, pois tenho ciência de que nada é permanente e sou grata por tudo que foram para mim até este momento. Recebam como um gesto de carinho e gratidão!

- Meu primeiro agradecimento vai para Deus, que em inúmeras vezes me demonstrou que está sempre ao meu lado, intercedendo por mim, planejando cada passo meu e me oferecendo o dom divino da vida a cada dia para percorrer todos os caminhos por Ele delineados.

Agradeço à minha família:

- Minha mãe Leiremar, organizada e exigente, e ao meu pai Aristides (em memória), descontraído e aventureiro, juntos em um tempero perfeito me ofereceram tudo o que tinham para oferecer em sua forma de amor mais verdadeira.
- Ao meu irmão Samuel, grande amigo... um sonhador e estimulador de sonhos... um talento como profissional e um exemplo de humanidade. Como diz em sua tatuagem: “*all we need is love*”. E esse amor é colocado em tudo que você faz! Que energia para trabalhar em direção aos seus sonhos... que disposição em mudar... sensibilidade, explosão e força são algumas características suas que me inspiram.
- Ao meu irmão Robertinho, o caçula da família. Muito amado! Tão jovem, talentoso, corajoso e cativante. Sua assertividade é uma grande qualidade, a qual me inspiro todos os dias.
- Aos meus tios Almir Romário e Maria Costa, meus eternos tio Bura e tia Nenha. Se fosse para eu escolher uma palavra para resumir os senhores seria amor sem preço. Incontáveis vezes fui acolhida e salva por esse amor... desde miúda até hoje em dia, e eu nunca vou negar esse colo... meus super-heróis.
- Agradeço por fazer parte do “grupo dos cinco amigos”: Ana Paula, Mariana, Rodrigo e Tony. Existem pessoas que simplesmente passam por nós e se vão... outras passam e deixam aprendizados... e outras nos permitem sermos inacabados e genuínos, ajudam em nosso aperfeiçoamento e se alegram por nossa felicidade e existência... e nunca...nunca saem dos nossos corações. Vocês são essas pessoas!
- Ao meu professor de capoeira Adão Célio Marcelino, por todos os ensinamentos sobre disciplina, coragem, foco, resiliência, princípios e respeito. Todos estes ensinamentos foram fundamentais para eu ter coragem e força de tentar algo melhor para minha vida. Seguindo seus ensinamentos consegui dar importantes passos e sei que poderei chegar ainda mais longe! Muito Obrigada por tudo e muito axé!
- Ao meu namorado Matheus, amigo, parceiro de aventuras, companheiro de estudos e também de dialéticas por vezes muito filosóficas. Você é um dos homens mais sensíveis, corajosos e

verdadeiros que conheço. Reescrevo aqui parte do poema que escrevi para você no dia dos namorados:

“Sabe aquela pessoa que mostra que em seu peito tem um coração? Aquela pessoa que te faz flutuar, alcançar os níveis mais altos da emoção... E mesmo sem saber voar, você voa sem sair do chão! (...) Sabe aquela pessoa que é perfeita? Que tem defeitos e qualidades que a enfeita... importante desde quando você acorda até quando se deita... que sabe percorrer todo seu ser, mesmo nas vias mais estreitas (...)”

Obrigada por: compartilhar seus medos e desejos comigo, por me dar a mão quando me sentia perdida e por me estimular a ser a minha melhor versão todos os dias. Estar com você é conforto e enfrentamento ao mesmo tempo; é ensinar e aprender; é ter a possibilidade de amar de forma genuína!

- Agradeço a todos os meus professores do curso de Licenciatura em Educação Física do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), campus Rio Pomba. A minha caminhada até aqui só foi possível graças às asas que eu descobri que tinha por meio dos incentivos e trabalho responsável de todos vocês.
- Agradeço em especial ao Professor Doutor João Batista Ferreira Júnior, o qual foi meu orientador em grande parte do tempo da minha graduação. Estar perto do profissional e ser humano excepcional que tu és foi uma honra! Obrigada pelas oportunidades de aprendizagem em sala de aula e no laboratório de Cineantropometria e desenvolvimento humano (LCDH) do IF Sudeste MG juntamente com os amigos Suene Nunes, Jeann Gazolla e Ricardo Pinheiro. Obrigada professor João, em especial por acreditar e apoiar minha ideia de vir fazer meu mestrado em Portugal. O senhor foi essencial em meio a tantas incertezas e pessoas que disseram que era impossível.
- Agradeço a toda equipe do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Minas Gerais, onde tive a oportunidade de coletar os dados referentes a este trabalho.
- Agradeço aos membros do ginásio Bodystation- Bragança pela oportunidade em trabalhar nessa equipe durante o período em que estive em Bragança. Foi desafiante trabalhar e cursar o mestrado ao mesmo tempo, mas com isso consolidei e tive novos aprendizados, conheci muitas pessoas e adquiri uma experiência profissional incrível. Descobri que sou muito mais capaz do que imaginava.
- Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Pedro Miguel Pimenta Magalhães (professor do Instituto Politécnico de Bragança- IPB) e ao meu co-orientador Professor Doutor João Carlos Bouzas Marins (professor da UFV e chefe do LAPEH). Agradeço também ao Professor Doutor Diego Augusto Santos Silva, professor e grande pesquisador na Universidade Federal de Santa Catarina, o qual contribuiu intelectualmente de forma precisa e imprescindível na construção deste trabalho.

Sumário

Índice de Tabelas.....	VI
Índice de Figuras.....	VIII
Resumo.....	X
Abstract.....	XII
Lista de abreviaturas.....	XIII
1 Introdução.....	1
2 Objetivo Geral.....	4
2.1 Objetivos específicos.....	4
3 Materiais e métodos.....	5
3.1 Participantes do estudo e protocolo.....	5
3.2.1 Medidas Antropométricas.....	6
3.2.2 DXA.....	7
3.3 Análises estatísticas.....	8
4 Resultados.....	9
5 Discussão.....	18
6 Conclusão.....	22
7 Referências.....	23

Índice de Tabelas

Tabela 1- Descrição das equações antropométricas de estimativa da %GC	7
Tabela 2- Características demográficas, antropométricas e de composição corporal por métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo	10
Tabela 3- Teste t pareado e teste de coeficiente de correlação de pearson (r) entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo	11
Tabela 4- Casos identificados com %GC normal ou alta pelos métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificado por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo	11
Tabela 5- Análise da concordância dos dados categóricos entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo	12
Tabela 6- Análise da concordância dos dados contínuos entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo	12

Índice de Figuras

Figura 1- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA para amostra total (n=420).....	13
Figura 2- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino e masculino com idade ≥ 18 anos (n=64).....	14.
Figura 3- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino e masculino com idade < 18 anos (n=356).....	15
Figura 4- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo masculino com idade de 15 a 19 anos (n=216).....	16
Figura 5- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino com idade de 15 a 19 anos (n=204).....	17

Resumo

Introdução: o sobrepeso e obesidade na infância e adolescência são fatores de risco para a obesidade na vida adulta, bem como doenças cardiovasculares, metabólicas e alguns tipos de cancro. Assim, métodos práticos para predição da gordura corporal (GC) são necessários para o diagnóstico, tratamento e controle do sobrepeso e obesidade de forma precoce.

Objetivo: verificar a validade dos métodos antropométricos índice de adiposidade corporal (IAC), massa de gordura relativa (MGR) e índice de gordura corporal (IGC) para predição da GC em adolescentes.

Métodos: foi realizado um estudo transversal com 420 adolescentes brasileiros (rapazes e raparigas) de 15 a 19 anos de idade, divididos em quatro subgrupos, sendo dois por idade (<18 anos; ≥18 anos) e dois por sexo (masculino e feminino). Foram recolhidas as medidas antropométricas estatura, massa corporal, perímetro do quadril e perímetro da cintura, que permitiram calcular as seguintes equações: 1) $IAC = PQ \text{ (cm)} / \text{estatura (m)}^{1.5} - 18$; 2) $MGR = 64 - [20 \times (\text{Estatura (m)} / \text{PC (m)})] + (12 \times \text{sexo})$; 3) $IGC = -28,294 + (3,740 \times x1) - (0,074 \times x2) + (11,303 \times x3) - (0,169 \times \text{estatura (cm)}) + (0,079 \times MC) + (0,671 \times PC)$. Posteriormente, foi medida a %GC pela absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA), adotada como método referência. Na análise estatística dos dados, foi realizado o teste de correlação de pearson e teste t pareado entre a %GC obtida pelas equações e pela DXA. Na validação dos métodos, foi definido que deveriam ser atendidos dois critérios: 68% de indivíduos dentro de uma faixa aceitável de erro de $\pm 3,5\%$ de GC e índice Kappa de Cohen $\geq 0,61$. Adicionalmente, foi realizada a análise gráfica de Bland-Altman.

Resultados: todos os métodos mostraram alta correlação com a DXA. Para o índice Kappa, apenas a MGR atingiu o critério amostra total (0,67) e na amostra <18 anos (0,68). Nenhum dos métodos alcançou o critério de 68% da amostra dentro da faixa de erro de $\pm 3,5\%$ de GC.

Conclusão: as equações MGR, IAC e IGC não foram válidas para predição da GC na amostra estudada conforme os critérios adotados independentemente do fator sexo ou idade.

Palavras-chave: Adolescentes. Antropometria. DXA. Gordura corporal. Composição corporal.

Abstract

Introduction: overweight and obesity in childhood and adolescence are risk factors for obesity in adulthood, as well as cardiovascular, metabolic diseases and some types of cancer. Thus, practical methods for predicting body fat (BF) are necessary for the diagnosis, treatment and control of overweight and obesity at an early stage.

Objective: to verify the validity of anthropometric methods body adiposity index (BAI), relative fat mass (RFM) and body fat index (BFI) for predicting BF in adolescents.

Methods: a cross-sectional study was carried out with 420 brazilian adolescents (boys and girls) aged 15 to 19 years, divided into four subgroups, two by age (above and below 18 years) and two by sex (male and female). Anthropometric measurements were collected: height, body mass, hip circumference and waist circumference, which allowed the calculation of the following equations: 1) $BAI = HC \text{ (cm)} / \text{Height (m)}^{1.5} - 18$; 2), $RFM = 64 - [20 \times (\text{Height (m)} / \text{WC (m)})] + (12 \times \text{sex})$; 3) $BFI = -28,294 + (3,740 \times x1) - (0,074 \times x2) + (11,303 \times x3) - (0,169 \times \text{Height (cm)}) + (0,079 \times \text{BM}) + (0,671 \times \text{WC})$. Subsequently, %BF was measured by dual emission X-ray absorptiometry (DXA), adopted as a reference method. Pearson's correlation test and paired t test were performed. In the validation of the methods, it was defined that two criteria should be met: 68% of individuals within an acceptable error range of $\pm 3.5\%$ of BF and Cohen's Kappa index ≥ 0.61 . Additionally, the Bland-Altman graphical analysis was performed.

Results: all methods showed a high correlation with DXA. For the Kappa index, only the MGR reached the criterion total sample (0.67) and in the sample <18 years (0.68). None of the methods reached the criterion of 68% of the sample within the error range of $\pm 3.5\%$ of GC.

Conclusion: the BAI, RFM and BFI equations were not valid for predicting BF in the studied sample according to the criteria adopted regardless of the sex or age factor.

Key words: Teenagers. Anthropometria. DXA. Body fat. Body composition.

Lista de abreviaturas

BAI- *Body adiposity index*

BFI- *Body fat index*

BM- *Body mass*

CCC- Coeficiente de correlação de concordância

CCI- Coeficiente de correlação intraclasse

COR- Coreia do Sul

DXA- Absorciometria por dupla emissão de raios-X

EUA- Estados Unidos da América

GC- Gordura corporal

HC- *Hip circumference*

IAC- Índice de adiposidade corporal

IGC- Índice de gordura corporal

IMC- Índice de massa corporal

ISAK- *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*

MGR- Massa de gordura corporal

PC- Perímetro da cintura

PQ- Perímetro do quadril

RFM- *Relative fat mass*

WC- *Waist circumference*

1 Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde, desde 1975 o número de pessoas com obesidade triplicou mundialmente, com estimativas indicando que em 2016 haviam mais de 2 bilhões (44%) de pessoas com sobrepeso ou obesidade no mundo, responsável por 4 milhões de mortes por ano (1). Em 2016 foi constatado que mais de 340 milhões de crianças e adolescentes (5-19 anos) tinham sobrepeso ou obesidade, os quais são fatores de risco para o desenvolvimento ou manutenção da obesidade na vida adulta, bem como desenvolvimento de doenças cardiovasculares, musculoesqueléticas, metabólicas e alguns tipos de cancro (2–5). A avaliação da composição corporal, especialmente antes da vida adulta é de suma importância para o delineamento de intervenções precoces no estilo de vida de indivíduos com alta adiposidade corporal, o que pode oferecer benefícios clínicos para reduzir a morbimortalidade em curto e longo prazo (6), além de reduzir gastos no setor de saúde pública (7). Assim, existe a necessidade de desenvolver métodos rápidos, práticos e de baixo custo com potencial de serem usados na prática clínica para triagem especialmente em jovens adolescente permitindo a detecção precoce do sobrepeso e obesidade (6).

A composição corporal pode ser avaliada por métodos diretos, indiretos e duplamente indiretos (8). O único método direto para medir a composição corporal é representado pela dissecação de cadáveres. Dentre os métodos indiretos, pode-se citar a pesagem hidrostática, absorciometria radiológica por dupla emissão de raios X (DXA), pletismografia, ressonância magnética, dentre outros, os quais são utilizados nos meios laboratoriais, bem como para validação de métodos duplamente indiretos (8). Apesar dos métodos indiretos apresentarem estimativas precisas da composição corporal (9), eles são de alto custo, e assim também apresentam baixa aplicabilidade clínica e epidemiológica. Com isso, os métodos duplamente indiretos são preferencialmente adotados para estimar a composição corporal e classificar os indivíduos, pois são de baixo custo e fácil aplicação. Contudo, tais métodos podem apresentar maiores erros em relação aos métodos de referência. Alguns métodos duplamente indiretos são: bioimpedância (BIA), índices e equações antropométricas.

O índice de massa corporal (IMC) proposto por Quételet no século XIX é um método simples, prático e barato, o qual vem sendo amplamente utilizado para a avaliação do estado nutricional ao nível da investigação e da prática clínica (10). No entanto, o IMC possui limitações na distinção dos componentes da composição corporal (11), que pode levar a erros de classificação do estado nutricional (12,13) e, conseqüentemente, a

complicações individuais e sobrecarga dos sistemas de saúde a nível nacional e global (7). Com isso, diversos índices antropométricos alternativos têm sido investigados quanto à habilidade para detectar acuradamente o sobrepeso e a obesidade em populações específicas (14–16), sendo habitualmente para adultos enquanto que para jovens adolescentes não é habitual.

Neste sentido, diversos índices antropométricos, assim como equações derivadas desses índices, foram desenvolvidos para estimar a gordura corporal em populações específicas, como: o índice de adiposidade corporal (IAC), proposto por Bergman et al. (14); a equação denominada massa de gordura relativa (MGR) proposta por Woolcott & Bergman (15) e o índice de gordura corporal (IGC) criado por Yang et al. (16). Os métodos citados anteriormente, desenvolvidos a partir da DXA como método de referência, mostraram-se simples e práticos, apresentando um melhor desempenho que o IMC para estimar a percentagem de gordura corporal (%GC).

Em relação ao IAC, foram utilizados dados do estudo *BetaGene* para seu desenvolvimento, e a validação foi feita a partir dos dados de adultos participantes do estudo *Triglyceride and Cardiovascular Risk in African-Americans* (TARA) derivando a equação:

$$IAC = \text{perímetro do quadril (cm)} / \text{estatura (m)}^{1,5} - 18$$

Os resultados do estudo mostraram que o IAC teve alta correlação e concordância com a %GC derivada da DXA ($r = 0,85$; $C_b = 0,95$) (14). Porém, tendo em vista que a quantidade e distribuição de gordura corporal se modificam com a idade (17) e que todos esses indicadores foram elaborados para população adulta, é interessante verificar se eles também são válidos para a população de adolescentes.

Quanto à MGR, seu desenvolvimento foi realizado a partir de dados da *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) 1999–2004 ($n = 12.581$) e a validação do modelo foi realizada pelos dados do NHANES 2005–2006 ($n = 3.456$), derivando a equação:

$$MGR = 64 - [20 \times (\text{Estatura (m)} / \text{perímetro da cintura (m)})] + (12 \times \text{sexo})$$

Sendo, 0 o valor atribuído para o sexo masculino e 1 para o sexo feminino.

Na população estudada, a MGR foi mais precisa do que o IMC para estimar a %GC (DXA como método referência), e mostrou maior sensibilidade para identificar sobrepeso e obesidade em rapazes e raparigas (≥ 20 anos de idade) americanos de etnia mexicana, europeia e africana (15). Além disso, uma das vantagens da MGR, bem como do IAC é que eles podem ser calculados sem a necessidade de se realizar a medida da massa corporal, o que pode ser muito importante em lugares remotos onde seja inviável realizar essa medida de maneira acurada.

O IGC foi desenvolvido em uma amostra de 87 adultos jovens (18-35 anos) e comparado com outros índices tradicionais (i.e., perímetro da cintura, relação cintura/estatura e IMC) e métodos alternativos (i.e., *Body shape index*, *Body roundness index*, BAI). A equação gerada foi a seguinte:

$$IGC = -28,294 + (3,740 \times x1) - (0,074 \times x2) + (11,303 \times x3) - (0,169 \times \text{estatura (cm)}) + (0,079 \times \text{massa corporal (kg)}) + (0,671 \times \text{perímetro da cintura})$$

Onde, x1: raça (1 = asiático, 2 = não asiático); x2: idade (anos); x3: sexo (masculino = 1, feminino = 2)

O IGC mostrou maior correlação com a %GC predita pela DXA, bem como maior acurácia para identificar indivíduos obesos em comparação com os índices tradicionais e alternativos (16). Embora essas equações tenham sido desenvolvidas com amostras de adultos, os autores sugerem a sua validação em outras faixas etárias e etnias (14–16).

Em adultos, uma revisão sistemática com 19 estudos mostrou que o IAC não é válido para estimar a %GC (18). Um estudo mostrou que o IAC sobrestimou a %GC nas faixas de classificação mais baixas de GC e não mostrou vantagem em relação ao IMC em 913 adolescentes americanos (média de 15,1 anos) (19). Um ponto importante a se analisar neste estudo é que um método acurado, como a DXA, não foi usado como método referência. Neste estudo, utilizou-se uma equação constituída por medidas de dobras cutâneas como método referência de predição da %GC, o que é uma limitação em estudos desta natureza. Outros estudos observaram alta proporção de viés e baixa concordância da %GC predita pela DXA com a %GC predita pelo IAC em crianças e adolescentes brasileiros (20,21).

A respeito do método MGR, foi observada uma maior acurácia em relação ao IMC em rapazes (82,3% vs. 73,9%) e menor acurácia que o IMC em raparigas (89,0% vs.

92,6%) americanas participantes do NHANES 1999–2006 (22). Ambos, MGR e o IMC, tiveram baixa sensibilidade para identificar o sobrepeso e a obesidade em função da idade. Deste modo, observa-se que a MGR também é um método que foi proposto para classificação de adiposidade entre adolescentes. Todavia, é necessário considerar que diferenças geográficas podem vir a ser fatores influenciadores da validade da MGR em adolescentes de diferentes localidades (22). Um estudo recente com adolescentes brasileiros verificou a validade da MGR para predição da %GC (DXA como método referência). Foi observado que a MGR teve alta especificidade para as classificações da %GC, porém, a sensibilidade foi baixa e inferior ao IMC (20). Tal resultado é conflitante com os resultados de Woolcott e Bergman (22), que verificaram que a MGR teve maior acurácia que o IMC para identificação de sobrepeso e obesidade na amostra composta por rapazes.

Quanto ao IGC, o método mais recente entre os demais citados anteriormente (16), ainda não foram identificados estudos em amostras compostas especificamente por adolescentes, em uma revisão feita em 20 de fevereiro de 2021 na base de dados Google acadêmico, PubMed e Scielo com as palavras-chaves “body fat index” e “índice de gordura corporal”.

Visto a ausência de consenso e limitações apresentadas, é necessário incorporar as evidências sobre o tema, com o propósito de entender o quão bem esses índices podem prever a adiposidade total relativa e identificar sobrepeso e a obesidade em adolescentes. Com isso, será possível fornecer conhecimentos que possam facilitar o trabalho clínico e realização de estudos epidemiológicos na área. Como hipótese deste estudo, espera-se que o IGC obtenha melhores valores nos testes de validação em relação ao IAC e MGR, visto que este método considera em sua fórmula mais variáveis que podem influenciar na predição da %GC, como a etnia, sexo e idade, juntamente com as medidas de massa corporal, estatura e perímetro da cintura.

2 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi verificar a validade dos métodos IAC, MGR e IGC para predição da %GC em adolescentes brasileiros.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar se o fator sexo pode influenciar na validade dos métodos IAC, MGR e IGC para predição da %GC em adolescentes brasileiros.

- Verificar se a separação de grupos por idade (<18 e ≥ 18 anos de idade) pode influenciar na validade dos métodos IAC, MGR e IGC para predição da %GC em adolescentes brasileiros.

3 Materiais e métodos

3.1 Participantes do estudo e protocolo

A amostra total foi constituída por 420 adolescentes com idade entre 15,0 a 19,7 anos ($16,7 \pm 1,0$ anos), que foram divididos em quatro subgrupos: grupo 1) jovens com menos de 18 anos ($n = 356$), sendo 171 rapazes ($16,5 \pm 0,8$ anos) e 185 raparigas ($16,3 \pm 0,7$ anos); grupo 2) jovens adolescentes com 18 ou mais anos ($n=64$), sendo 45 rapazes ($18,5 \pm 0,5$ anos) e 19 raparigas ($18,4 \pm 0,4$ anos); grupo 3) rapazes de 15,1 a 19,7 anos ($n=216$); e grupo 4) raparigas de 15,0 a 19,7 anos ($n=204$).

Os voluntários foram recrutados em cinco escolas públicas e três escolas privadas de ensino médio na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, sendo uma amostra por conveniência. Como critério de inclusão, foram selecionados indivíduos de ambos os sexos, sem doença diagnosticada por médico, sem uso de medicamento que pudessem alterar a composição corporal, sem deficiência motora ou intelectual e com idade entre 15 e 19 anos. Foram excluídas da pesquisa gestantes (devido à radiação emitida pela DXA) e pessoas com prótese fixa ou implante de silicone, os quais podem alterar o resultado do exame. Os voluntários com menos de 18 anos receberam um termo de assentimento livre e esclarecido para assinarem, assim como um termo de consentimento livre e esclarecido para os pais ou responsáveis legais para autorizarem a participação na pesquisa. Já os voluntários com 18 anos assinaram o próprio termo de consentimento livre e esclarecido. Após a entrega dos termos assinados o voluntário iniciava a participação na pesquisa. O estudo foi submetido para avaliação de questões éticas via Plataforma Brasil, conforme a legislação brasileira de estudos com seres humanos e aprovado sob número de registro CAAE 99311418.0.0000.5153.

3.2 Medições

Inicialmente foram realizadas as medidas antropométricas e posteriormente a medida da %GC pela DXA. Os participantes foram instruídos em relação à vestimenta para a avaliação: para os rapazes o uso de calção largo e confortável; para as raparigas short, top ou trajes de banho (biquíni e sutiã). Todos os procedimentos foram realizados em local reservado de forma a preservar a privacidade dos voluntários. As recolhas das

medidas antropométricas e da composição corporal ocorreram no período da manhã (entre 8h e 11h) ou no período da tarde (entre 13h e 16h) de acordo com a disponibilidade do voluntário.

3.2.1 Medidas Antropométricas

Um grupo de antropometristas treinados pelo padrão de certificação da ISAK obtiveram as seguintes medidas antropométricas: estatura (estadiômetro Sanny®, São Bernardo do Campo, Brasil), massa corporal (balança digital Welmy® w 200/5, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com capacidade de 200kg e precisão de 0,05kg, e perímetro do quadril de acordo com as recomendações da ISAK (23), além do perímetro da cintura (medido na borda superior da crista ilíaca) (19). Os perímetros foram medidos com uma fita metálica (Cescorf®, Porto Alegre, Brasil). Todas as medidas foram realizadas duas vezes, registrando o valor médio. Caso a diferença entre as duas medidas fosse maior que 1%, uma terceira medição era realizada, passando a ser registrado a mediana. Com as medidas antropométricas recolhidas foram calculadas as equações IAC, MGR e IGC. A tabela 1 apresenta os dados de referência, faixa etária, país, método de referência e a descrição de cada equação.

Tabela 1- Descrição das equações antropométricas de estimativa da %GC

Referência	Idade (anos)	País	Método Referência	Equação
Bergman et al. (14)	18-67	EUA	DXA	$IAC = PQ \text{ (cm)} / \text{estatura (m)}^{1.5} - 18$
Woolcott e Bergman (15)	20-85	EUA	DXA	$MGR = 64 - [20 \times (\text{Estatura (m)} / PC \text{ (m)})] + (12 \times \text{sexo})$
Yang et al. (16)	18-35	COR	DXA	$IGC = -28,294 + (3,740 \times x1) - (0,074 \times x2) + (11,303 \times x3) - (0,169 \times \text{estatura (cm)}) + (0,079 \times MC) + (0,671 \times PC)$

IAC: índice de adiposidade corporal; MGR: massa de gordura relativa; IGC: índice de gordura corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X. EUA: Estados Unidos da América; COR: Coreia do Sul; Sexo: a constante para rapazes = 0 e para raparigas = 1 nas equações IAC e MGR; PQ: perímetro do quadril; x1: raça (1 = asiático, 2 = não asiático); x2: idade (anos); x3: sexo (masculino = 1, feminino = 2); MC: massa corporal (kg); PC: perímetro da cintura medido na borda superior da crista ilíaca (cm).

É notório que a GC se diferencia pelo fator sexo e idade (24). As equações descritas na tabela 1 foram desenvolvidas para a população adulta, com destaque especial para as equações 1 e 3 com idade mínima de 18 anos. Por este fato, optamos por realizar o estudo de validação em dois subgrupos amostrais pelo fator idade, um com idade inferior a 18 anos e outro com idade igual ou superior a 18 anos. Ainda, cabe destacar que as equações 2 e 3 possuem fator de correção para ajustar o sexo, enquanto a equação 1 não possui esse fator de diferenciação o que pode comprometer sua validação. Dessa forma, as análises também foram realizadas em mais dois subgrupos amostrais pelo fator sexo.

3.2.2 DXA

Os exames para verificação da %GC foram realizados utilizando um equipamento (GE Healthcare®, Lunar Prodigy Advance DXA System, versão do software: 13,31) disponível na Divisão de Saúde da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Para a realização dos exames, os voluntários foram orientados a removerem objetos metálicos do corpo. Os exames foram realizados por técnicos de radiologia treinados para manuseio do equipamento. A fim de garantir a qualidade dos exames, o equipamento foi calibrado diariamente com *phantom* específico, seguindo as recomendações do fabricante. Para padronização dos exames, um único pesquisador foi responsável por ajustar

manualmente as regiões de interesse nas referências anatômicas (25) e por gerar todos os relatórios.

3.3 Análises estatísticas

Para caracterização da amostra, foram calculados a média, o desvio-padrão e os valores mínimo e máximo.

A análise da distribuição dos dados foi verificada pelos valores de assimetria e curtose, adotando como valores de normalidade entre -2 e +2 (26). A associação entre a GC predita pelas equações e a GC predita pela DXA foi verificada pelo coeficiente de correlação de Pearson. A diferença média entre a GC de cada equação e a DXA foi calculada pelo teste t pareado.

A validação dos métodos foi feita por análises estatísticas de concordância. Para a GC, tanto os resultados na forma de variável contínua quanto categórica foram analisados por meio de métodos estatísticos adequados para cada tipo de variável estabelecendo critérios objetivos (27). Na validação das equações preditivas, foi definido que devem ser atendidos os dois critérios a seguir:

a) O coeficiente de concordância para escalas nominais Kappa de Cohen foi utilizado para verificar a concordância entre a classificação do estado nutricional pelos métodos antropométricos e a DXA (28). A classificação de %GC seguiu o padrão de Lohman adaptado (29): para rapazes $\leq 25\%$ – Normal; $> 25\%$ – Alto; para raparigas: $\leq 30\%$ – Normal; $> 30\%$ – Alto. A classificação do índice Kappa seguiu a classificação de Landis e Koch (30): $< 0,00$ fraco; entre 0,00 e 0,20 pouco; entre 0,21 e 0,40 razoável; entre 0,41 e 0,60 moderado; entre 0,61 e 0,80 substancial; entre 0,81 e 1,00 quase perfeito. Foi considerada válida a equação que atingisse valor $\geq 0,61$.

b) Foi adotado como critério aceitável de diferença entre as equações e o método de referência $\pm 3,5\%$ de GC para ambos os sexos, seguindo publicações anteriores (31,32). Considerando que dados com distribuição normal incluem dentro da variação de ± 1 DP de sua média, foi considerado adequado para esse item as equações com $\geq 68\%$ de indivíduos dentro das faixas estabelecidas.

Além dos métodos estatísticos utilizados como critério de validação, foi realizada a análise gráfica de concordância entre os métodos, determinada pelo método de Bland-Altman (33). O gráfico de Bland-Altman apresenta na linha central contínua o erro médio

do grupo e as linhas pontilhadas representam os limites superiores e inferiores em que 95% da amostra está inserida. A linha contínua diagonal representa a tendência dos erros das equações em relação à medida da DXA. As diferenças foram plotadas em relação ao método de referência (DXA) em vez do valor médio, porque se espera que o método de referência esteja mais próximo do "valor verdadeiro" do que a média entre os métodos (34). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico IBM SPSS (IBM Corp. Released 2011. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp*), adotando um nível de significância de 5%.

4 Resultados

Os dados demográficos, antropométricos, de composição corporal medido por DXA e estimado pelos métodos alternativos (IAC, MGR e IGC) foram apresentados na tabela 2 em média e desvio-padrão, assim como os valores mínimos e máximos para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo (tabela 2).

A %GC predita pelas equações apresentaram alta correlação com a %GC medida pela DXA, onde o menor valor encontrado foi para o IAC no grupo de rapazes ($r = 0,72$) e o maior valor encontrado foi para o IGC na amostra total e <18 anos ($r = 0,92$), com nível de significância da correlação de $p < 0,001$ para todas equações. No teste T apenas não foram observadas diferenças significativas no IAC para amostra total ($p = 0,77$) e grupo <18 anos ($p = 0,181$); no MGR para o grupo de raparigas ($p = 0,397$); e no IGC para o grupo ≥18 anos ($p = 0,785$) e para o grupo de rapazes ($p = 0,933$) (Tabela 3).

Tabela 2- Características demográficas, antropométricas e de composição corporal por métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e por DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo.

	Total (n=420)		<18 anos (n=356)		≥18 anos (n=64)		Rapazes (n=216)		Raparigas (n=204)	
	Média ± DP	Mín – Máx	Média ± DP	Mín – Máx	Média ± DP	Mín – Máx	Média ± DP	Mín – Máx	Média ± DP	Mín – Máx
Idade (anos)	16,7 ± 1,0	15,0 – 19,7	16,4 ± 7,6	15,0 – 17,9	18,5 ± 0,47	18,0 – 20,0	16,9 ± 1,1	15,1 – 20,0	16,5 ± 1,0	15,0 – 19,7
Massa corporal (Kg)	60,8 ± 11,3	36,8 – 101,9	60,1 ± 11,2	36,8 – 101,9	64,5 ± 10,8	40,9 – 88,2	65,3 ± 11,1	40,9 – 101,9	55,9 ± 9,4	36,8 – 96,0
Estatura (cm)	169,1 ± 8,6	147,0 – 191,2	168,5 ± 8,7	147,0 – 191,2	172,4 ± 7,5	157,2 – 189,1	174,9 ± 6,7	157,6 – 191,2	162,9 ± 5,7	147,0 – 178,2
Perímetro da cintura (cm)	77,4 ± 8,4	61,0 – 115,2	77,2 ± 8,5	61,0 – 115,2	78,6 ± 7,8	64,5 – 101,5	77,9 ± 8,5	63,8 – 111,1	76,9 ± 8,4	61,0 – 115,2
Perímetro do quadril (cm)	97,6 ± 10,2	80,4 – 118,3	93,3 ± 7,4	76,2 – 119,6	94,0 ± 7,0	77,9 – 113,8	92,7 ± 7,6	76,2 – 119,6	94,2 ± 7,0	79,4 – 118,2
IAC (%GC)	24,7 ± 4,3	15,6 – 40,2	24,8 ± 4,4	15,6 – 40,2	23,6 ± 3,6	15,8 – 32,5	22,1 ± 3,3	15,6 – 34,6	27,4 ± 3,5	18,7 – 40,2
MGR (%GC)	25,7 ± 8,5	8,9 – 45,9	26,1 ± 8,6	8,9 – 45,9	23,3 ± 7,6	10,5 – 40,9	18,6 ± 7,4	8,9 – 33,1	33,2 ± 4,4	22,0 – 45,9
IGC (%GC)	22,9 ± 8,6	6,5 – 56,2	23,2 ± 8,7	6,5 – 56,2	21,2 ± 7,9	8,0 – 45,1	17,1 ± 6,2	6,5 – 42,5	29,1 ± 6,1	17,6 – 56,2
DXA (%GC)	24,8 ± 11,0	5,9 – 56,5	25,4 ± 11,0	5,9 – 56,9	21,3 ± 10,3	6,9 – 45,8	17,0 ± 8,3	5,9 – 47,5	32,9 ± 6,9	14,4 – 56,9

IAC: índice de adiposidade corporal; MGR: massa de gordura relativa; IGC: índice de gordura corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X.

Tabela 1- Teste t pareado e teste de coeficiente de correlação de pearson (r) entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo.

	IAC		MGR		IGC	
	teste t	r	teste t	r	teste t	r
Total (n=420)	0,77#	0,84	0,001	0,91	0,001	0,92
<18 anos (n=356)	0,181#	0,84	0,004	0,91	0,001	0,92
≥18 anos (n=64)	0,021	0,77	0,020	0,88	,785#	0,89
Rapazes (n=216)	0,001	0,72	0,001	0,83	,933#	0,85
Raparigas (n=204)	0,001	0,74	0,397#	0,80	0,001	0,82

IAC: índice de adiposidade corporal; MGR: massa de gordura relativa; IGC: índice de gordura corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X. #sem diferença significativa. P< 0,001 para todos grupos no teste de correlação.

Na tabela 4 verificou-se o número de indivíduos classificados com GC normal e alta, em termos absolutos e relativos. Quase todos os métodos apresentaram um menor percentual de casos identificados com GC alta em comparação com a DXA, exceto a MGR no grupo das raparigas que identificou 77,5% dos casos com GC alta, enquanto a DXA identificou 64,2%. Além disso, foi observado que o MGR foi o método que mais se aproximou dos percentuais de casos identificados com GC alta e baixa pela DXA para os demais grupos.

Tabela 2- Casos identificados com %GC normal ou alta pelos métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e pela DXA, para a amostra total e estratificado por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo.

	DXA		IAC		MGR		IGC	
	N	A	N	A	N	A	N	A
Total (n=420)	244 (58,1%)	176 (41,9%)	334 (79,5%)	86 (20,5%)	243 (57,9%)	174 (41,4%)	317 (75,5%)	103 (24,5%)
<18 anos (n=356)	199 (55,9%)	157 (44,1%)	265 (74,4%)	91 (25,6%)	197 (55,3%)	159 (44,7%)	283 (79,5%)	73 (20,5%)
≥18 anos (n=64)	45 (70,3%)	19 (29,7%)	52 (81,3%)	12 (18,8%)	46 (71,9%)	18 (28,1%)	51 (79,7%)	13 (20,3%)
Rapazes (n=216)	171 (79,2%)	45 (20,8%)	188 (87%)	28 (13%)	197 (91,2)	19 (8,8%)	176 (81,5%)	40 (18,5%)
Raparigas (n= 204)	73 (35,8%)	131 (64,2%)	129 (63,2%)	75 (36,8%)	46 (22,5%)	158 (77,5%)	158 (77,5%)	46 (22,5%)

N: gordura corporal normal; A: gordura corporal alta; IGC: índice de gordura corporal; MGR: massa de gordura relativa; IAC: índice de adiposidade corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X.

Como resultado do índice Kappa, apenas a MGR atingiu o critério adotado para validação na amostra total (0,67) e na amostra <18 anos (0,68) (Tabela 5).

Tabela 3- Análise da concordância dos dados categóricos entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo.

	IAC	Kappa MGR	IGC
Total (n=420)	0,53	0,67*	0,33
<18 anos (n=356)	0,34	0,68*	0,55
≥18 anos (n=64)	0,26	0,58	0,37
Rapazes (n=216)	0,43	0,54	0,59
Raparigas (n= 204)	0,24	0,52	0,39

IAC: índice de adiposidade corporal; MGR: massa de gordura relativa; IGC: índice de gordura corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X. *Ponto de corte (≥0,61) para concordância alcançado.

Para o limite de 68% de indivíduos dentro da margem de erro estabelecida ($\pm 3,5\%$ de GC), nenhum dos métodos atendeu o critério de concordância (Tabela 6).

Tabela 4- Análise da concordância dos dados contínuos entre os métodos alternativos (IGC, MGR e IAC) e a DXA, para a amostra total e estratificada por idade (<18 anos e ≥18 anos) ou sexo.

	% de casos dentro do Limite de $\pm 3,5\%$ de GC		
	IAC	MGR	IGC
Total (n=420)	26,9	51,4	46,9
<18 anos (n=356)	26,1	53,6	47,2
≥18 anos (n=64)	31,2	39,1	45,3
Rapazes (n=216)	23,1	43,5	55,5
Raparigas (n= 204)	30,8	59,8	37,7

IAC: índice de adiposidade corporal; MGR: massa de gordura relativa; IGC: índice de gordura corporal; DXA: absorciometria radiológica por dupla emissão de raios-X. O ponto de corte para concordância entre os métodos foi: $\geq 68\%$ da amostra dentro da faixa de erro de $\pm 3,5\%$ de GC.

Os gráficos de concordância de Bland-Altman apresentam em sua linha central o viés médio para cada método em cada subgrupo. Além disso, os limites de concordância, representados pelas linhas pontilhadas nos gráficos, foram amplos em todos os métodos, evidenciando erros individuais grandes. A linha diagonal representa o erro sistemático, que é observado pela inclinação da linha. Observa-se pela inclinação na linha diagonal em todos os gráficos, uma tendência de apresentar sobrestimativa de predição para valores mais baixos de GC e subestimativa para valores mais altos (figuras 1 a 5).

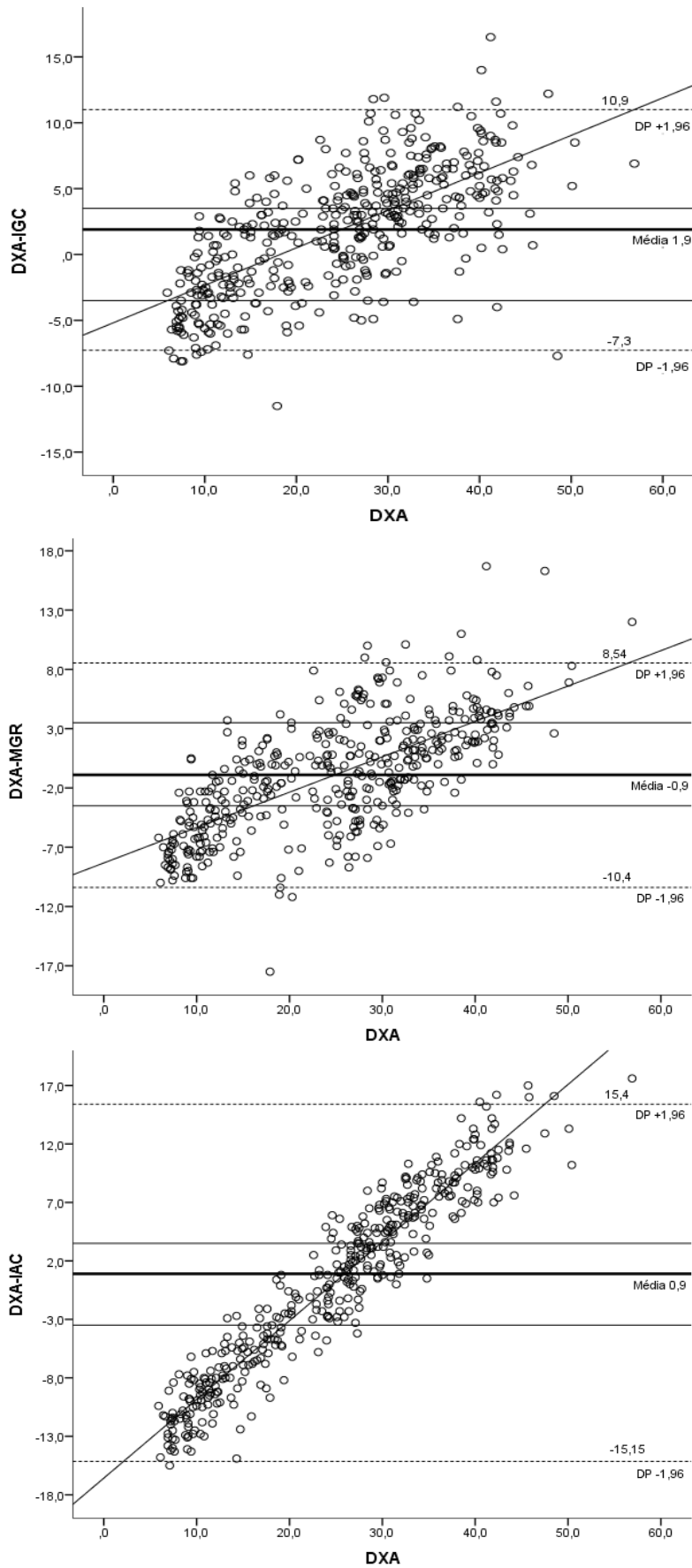


Figura 1- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA para amostra total (n=420).

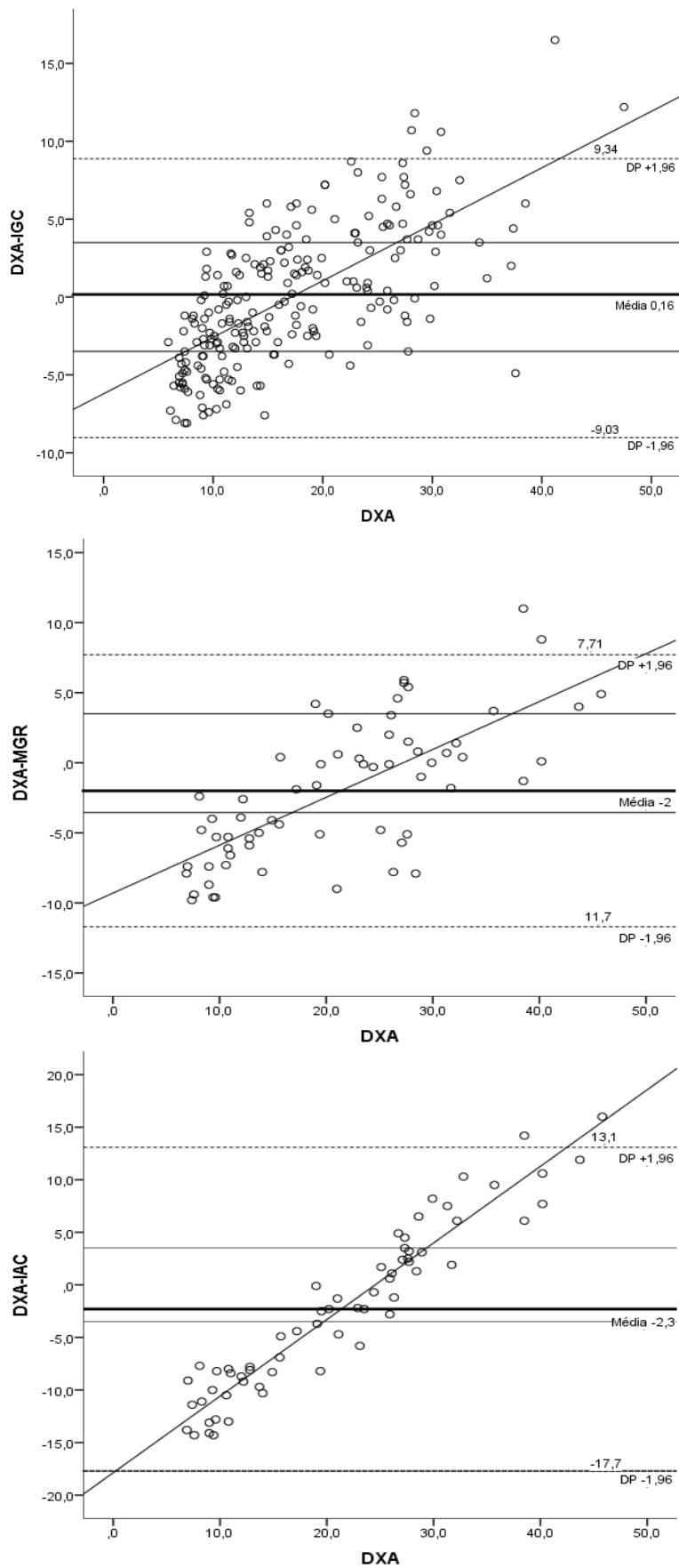


Figura 2- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino e masculino com idade ≥ 18 anos (n=64).

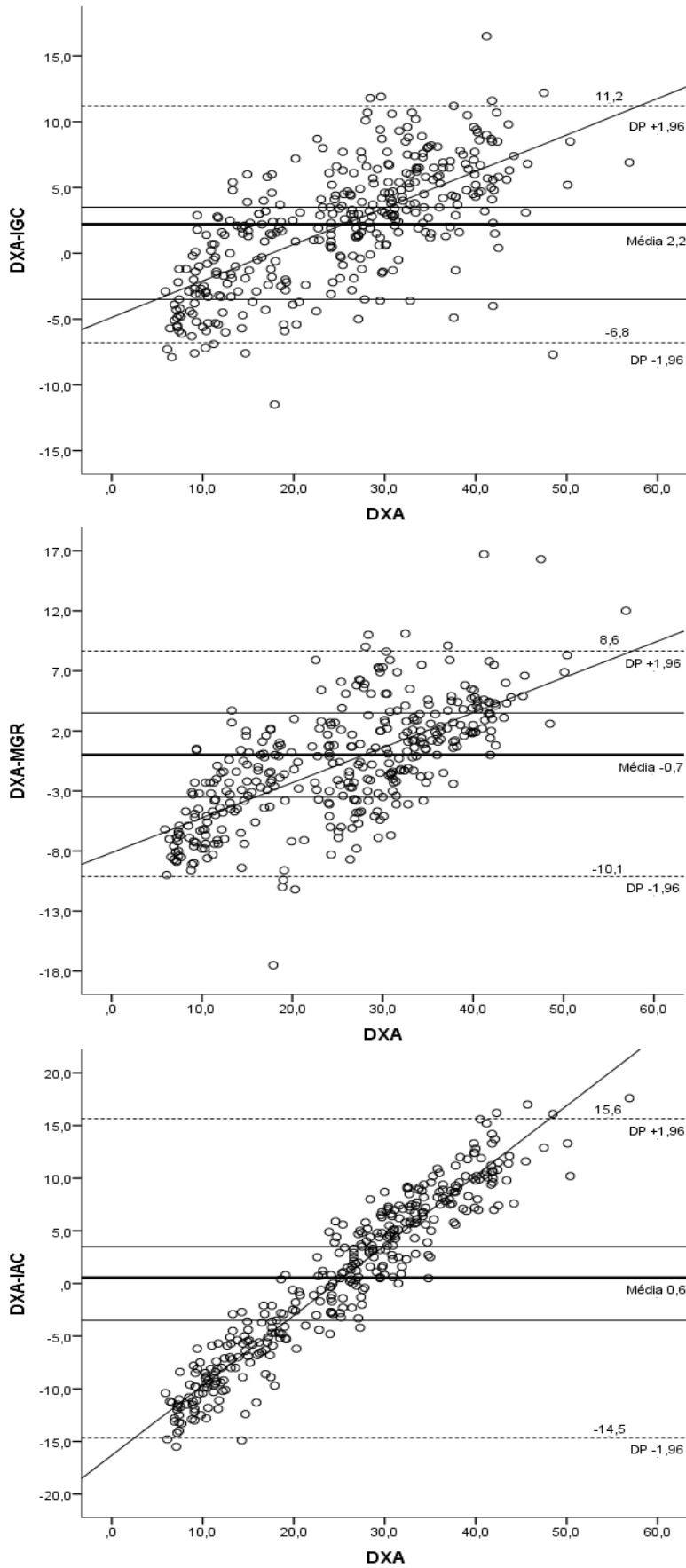


Figura 3- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino e masculino com idade <18 anos (n=356).

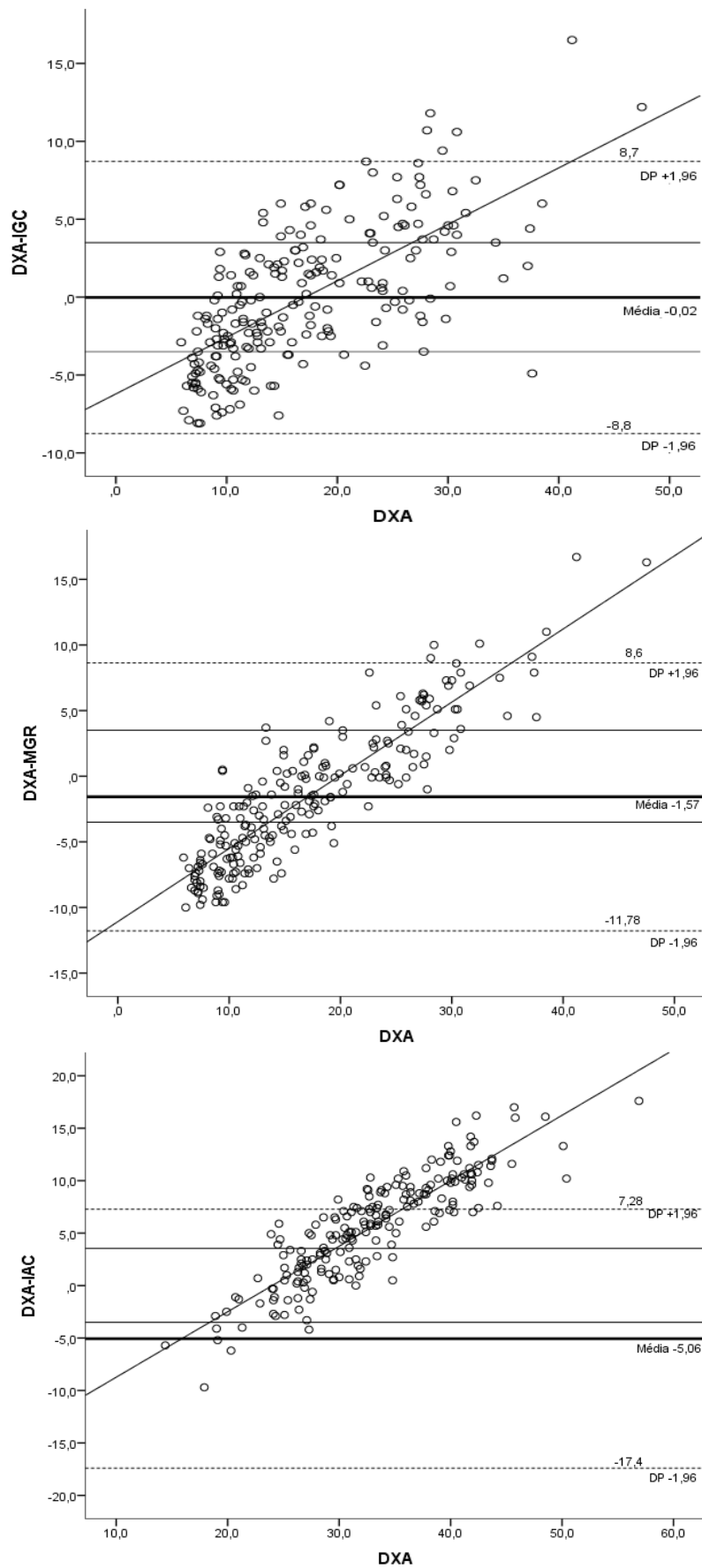


Figura 4- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo masculino com idade de 15 a 19 anos (n=216).

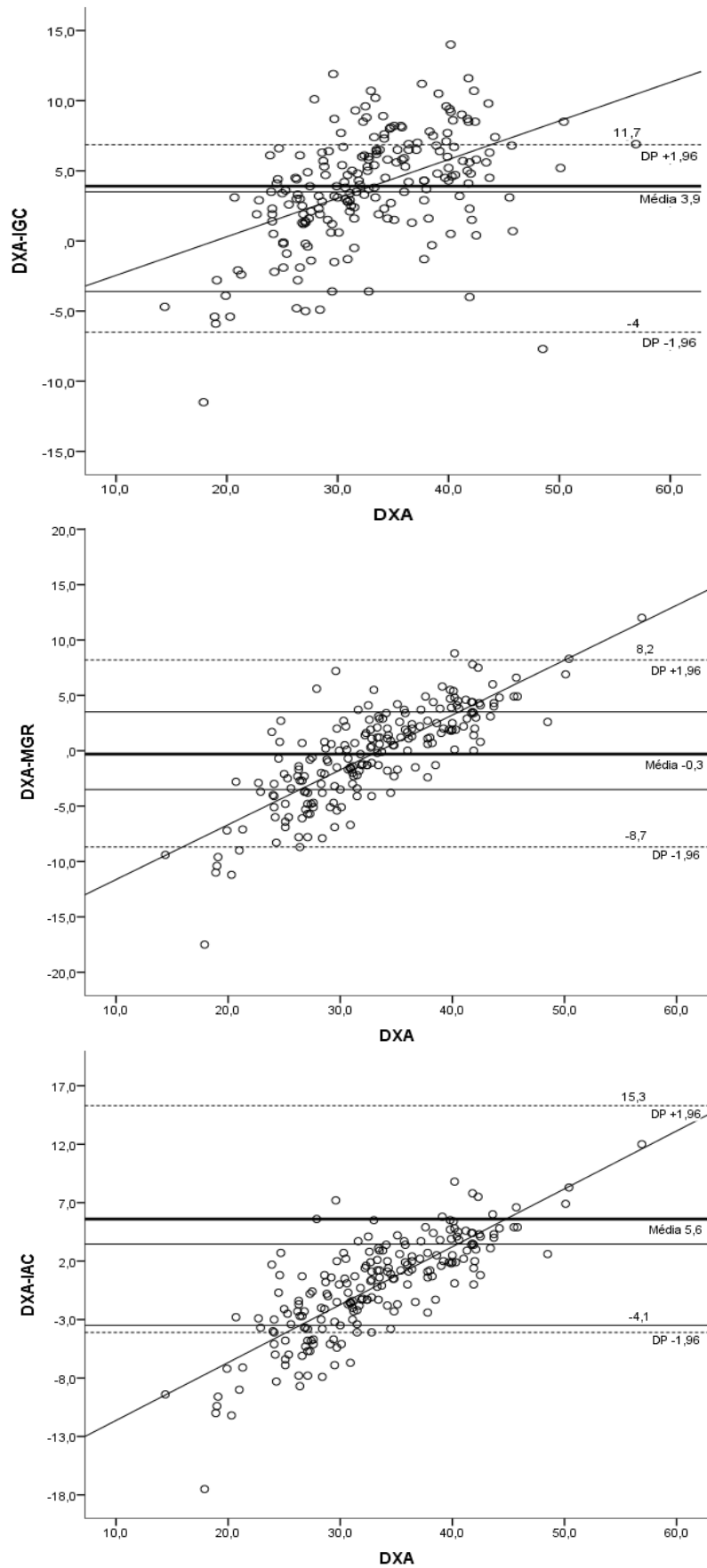


Figura 5- Análise gráfica de Bland-Altman entre os valores de %GC estimados pelo IGC, MGR e IAC e pelo %GC estimado pela DXA na amostra do sexo feminino com idade de 15 a 19 anos (n=204).

5 Discussão

O uso de equações baseadas em variáveis antropométricas simples para estimar a %GC tem sido de grande interesse tanto na investigação, como na prática clínica. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a validade das equações IAC, MGR e IGC para predição da %GC em adolescentes. Os principais resultados deste estudo mostraram que nenhuma das equações analisadas foram válidas para predição da %GC, bem como não foram capazes de identificar corretamente os adolescentes de acordo com as classificações de sobrepeso e obesidade independente do sexo ou idade (<18 anos ou ≥18 anos). Estes achados reforçam a necessidade de estudos de base voltados para a população de jovens adolescentes para se estimar o nível de sobrepeso e obesidade nesta população.

De acordo com nossos resultados, as equações apresentaram correlação moderadamente forte a muito forte com a %GC verificada pela DXA (0,72 a 0,92). No entanto, a correlação apenas representa a ocorrência de mudança entre variáveis, seja na mesma direção (correlação positiva), ou em direções opostas (correlação negativa) sem necessariamente apresentarem o mesmo resultado. Dessa forma, não é adequado utilizar essa medida como uma forma de indicar concordância, seja em medidas repetidas realizadas por diferentes avaliadores ou por diferentes métodos (27). Isso foi comprovado neste estudo, visto que mesmo com altas correlações apenas a MGR atingiu o critério de validação no índice Kappa na amostra total e no grupo com idade <18 anos, e nenhum método atingiu o valor mínimo de 68% de concordância para os dados contínuos dentro de uma faixa de erro de ±3,5% de GC.

Quanto ao teste t, apenas não foram observadas diferenças significativas no IAC para amostra total ($p= 0,77$) e grupo <18 anos ($p= 0,181$); no MGR para o grupo de raparigas ($p= 0,397$); e no IGC para o grupo ≥18 anos ($p= 0,785$) e para o grupo de rapazes ($p= 0,933$). A composição da amostra em cada grupo pode explicar em parte alguns desses resultados. Por exemplo, a amostra que compõe o grupo <18 anos é basicamente a mesma que compõe a amostra total, onde apenas 64 de 420 indivíduos têm idade ≥18 anos. De forma similar ocorre para o IGC, onde 70,3% da amostra no grupo ≥18 anos são do sexo masculino, logo, foi verificada diferença significativa neste método para o grupo ≥18 anos e para o grupo composto apenas por rapazes. A diferença estatisticamente significativa no teste t, neste caso, indica a existência de viés sistemático, e o valor de $p > 0,05$ indica apenas que esse viés não existe (27) o que não significa que exista concordância entre os métodos. Para a verificação da concordância de métodos devem ser utilizados outros testes (i.e., índice Kappa de Cohen, coeficiente de correlação de concordância (CCC) de

Lin, coeficiente de correlação intraclasse (CCI), limites de concordância na análise gráfica de Bland-Altman, dentre outros), sendo que é necessário considerar o número de métodos a comparar, o tipo de variáveis (categórica ou numérica) e o número de categorias para realizar a escolha adequada do teste (27).

Um ponto positivo do presente estudo foi o estabelecimento de critérios objetivos para a validação das equações analisadas. Estudos publicados anteriormente também realizaram análises estatísticas semelhantes (16,20,35), porém, não definiram claramente os critérios de validade. Por exemplo, é recomendado que as análises gráficas de Bland-Altman sejam realizadas com base em limites de erro aceitáveis pré-estabelecidos, visto que alguns estudos apresentam conclusões subjetivas que muitas vezes divergem entre si (36). Do ponto de vista prático e estatístico, o critério adotado no presente estudo (68% da amostra dentro de $\pm 3,5\%$ de GC em relação à DXA) parece ser aceitável quando se trata especificamente do estudo da GC (31,32).

Dentro do critério citado anteriormente, nenhum dos métodos analisados no presente estudo foram válidos, independente do fator sexo e idade. No estudo de Woolcott e Bergman (15) foi realizada a análise gráfica de Bland-Altman e foram determinadas medidas de exatidão e precisão da MGR. A exatidão foi dada como a proporção de sujeitos com erro menor que 20% entre a %GC predita pela MGR e pela DXA. A precisão foi verificada pelo intervalo interquartil entre a %GC predita pela MGR e pela DXA. No entanto, neste estudo não foi estabelecido qual a proporção aceitável para estabelecer se o método era válido ou não. Além da falta de critérios bem definidos para a validação, o erro de $<20\%$ na predição de GC parece ser uma faixa muito ampla, a qual pode causar diversos erros de classificação de indivíduos com excesso de GC, o que pode levar a potenciais complicações de saúde e sobrecarga dos sistemas de saúde (7). Yang et al. (16) não realizaram análise gráfica de Bland-Altman no estudo de validação do IGC. Já Bergman et al. (14) apresentaram a análise gráfica, porém também não estabeleceram nenhum critério para validação do IAC. Essa ausência de certas técnicas estatísticas prejudicam as conclusões gerais obtidas tanto no trabalho de Yang et al. (16), como de Bergman et al. (14). Além da análise gráfica de Bland-Altman, Bergman et al. (14) e Woolcott e Bergman (15), adotaram análises estatísticas distintas das análises adotadas em nosso estudo. Por exemplo, Bergman et al. (14) utilizaram o CCC de Lin para verificar a concordância entre o IAC e a DXA. É comum observar na literatura a utilização de testes de validação pautados em medidas de exatidão, juntamente com medidas de precisão, como a medida de correlação utilizada nas fórmulas do CCI e CCC de Lin (27).

Entretanto, as medidas de correlação usadas nesses testes podem não ser adequadas. A correlação pode ser influenciada pela variabilidade dos dados da amostra, onde uma baixa variabilidade leva a uma baixa correlação. Portanto, dois métodos podem apresentar baixa concordância, não por não serem intercambiáveis de facto, mas devido a uma baixa variabilidade dos dados (37). Assim, por mais que a medida de exatidão dos testes citados anteriormente seja alta, uma medida de correlação baixa poderá diminuir o coeficiente de concordância de forma equivocada. Dessa forma, optou-se neste estudo por não utilizar métodos que inserissem a medida de correlação em sua fórmula.

Alguns pontos interessantes podem ser observados a partir da distribuição dos dados do presente estudo nos gráficos de Bland-Altman (figuras 1 a 5). A inclinação da curva de igualdade exibiu um erro sistemático em todos os métodos avaliados, em especial para o IAC em todos os subgrupos. Essa inclinação mostrou que os sujeitos com baixa %GC tendem a ser sobrestimados, e aqueles com alta %GC tendem a ser subestimados. Este erro pode levar à não identificação do sobrepeso e obesidade e, assim, impossibilitar a aplicação de intervenções precoces a fim de evitar maiores prejuízos na vida adulta (6).

Na literatura são encontrados resultados demonstrando alto viés e a não validade do IAC para a predição da %GC tanto em adultos quanto em adolescentes (18,20). Um estudo verificou que a concordância do IAC com a %GC foi maior que a concordância entre o IMC e a %GC em adultos americanos-europeus pelo CCC de Lin. Contudo, a concordância foi pobre e a diferença entre as médias do IAC e a DXA foi grande, pelo que o IAC também não foi considerado válido para predição da %GC (38). Outro estudo também verificou baixa concordância entre a %GC dada pelo IAC e a DXA em adultos brasileiros, onde o IAC apresentou uma sobrestimativa dos valores da %GC nos rapazes e subestimou nas raparigas (39). No caso do método da MGR, criado posteriormente ao IAC, foi adicionada a distinção entre os sexos, o que lhe conferiu melhor capacidade preditiva em relação ao IMC em adultos (≥ 20 anos de idade) americanos de etnia mexicana, europeia e africana (15). Contudo, isto não significa que a MGR seja um método intercambiável com um método de referência. Em acordo com o presente estudo, foi verificado que a MGR também não foi válida para identificar o sobrepeso e a obesidade em adolescentes americanos (22).

O esperado para considerar válidas as equações IAC, MGR e IGC seria que a curva de igualdade do gráfico exibisse apenas erros aleatórios, distribuídos próximos do zero e dentro dos limites de concordância estabelecidos (33). A linha de viés observada

nas figuras 1 a 5 apresenta a média das diferenças entre as equações e a DXA. Na análise da figura 1 é observado que o IAC exibiu uma linha de viés próxima de zero na amostra total. Esse resultado pode ser explicado pelo facto de o número de rapazes e raparigas ser similar ($n= 216$ e $n= 204$, respectivamente), e o alto viés negativo observado no grupo composto pelo sexo masculino (-5,1) (figura 4) somado ao alto viés positivo do grupo composto pelo sexo feminino (5,6) (figura 5) quase se anulam e, assim, apresentam um baixo viés na amostra total. O mesmo ocorre ao analisar o IAC no subgrupo <18 anos de idade, composto por 84,8% dos sujeitos que compõe a amostra total, o que confere grande similaridade entre os dados desses grupos. Em relação ao grupo com idade ≥ 18 anos, foi observado um viés negativo (-2,3). O alto viés em direções opostas também é verificado neste grupo entre rapazes e raparigas, todavia o valor é negativo devido ao maior número de rapazes que o compõe (70,3% da amostra).

Visto que a própria composição da amostra pode levar a erros de interpretação da linha média de viés, também é importante verificar os limites de concordância. De forma geral, foram verificados amplos limites de concordância em todos os métodos e em todos os subgrupos, o que representa erros individuais altos. Dentre os métodos estudados, o IAC foi o que exibiu maiores erros individuais para todos os subgrupos. Em concordância com achados de outros estudos (14,20), ao comparar os sexos, as raparigas exibiram sempre menor amplitude nos limites de concordância. Isto ocorre devido a maioria delas apresentar uma %GC elevada e menor variabilidade das medidas em comparação com os rapazes. Por vezes, na amostra de rapazes é verificado uma maior variabilidade dos valores de %GC, onde se encontra rapazes tanto com baixo %GC quanto com alto %GC (figuras 4 e 5).

Em adição, foi identificada uma tendência nos métodos MGR e IGC entre os sexos, onde nas raparigas, o MGR foi o que mais se aproximou de ser validado (59,8% da amostra dentro da faixa de erro aceitável) e para os rapazes foi o IGC (55,6% da amostra dentro da faixa de erro aceitável). É interessante realçar que o peso de usar o critério de 68% da amostra dentro da faixa de erro de $\pm 3,5\%$ de GC é diferente entre os sexos. Como exemplo, a média da %GC pela DXA nos rapazes foi de 17% e nas raparigas 32,9%. O critério de erro de 3,5% de GC representa 20,6% da média de GC nos rapazes e apenas 10,6% nas raparigas. Isso evidencia teoricamente uma maior dificuldade para validar os métodos nas raparigas, visto que a margem de erro relativa à sua média de %GC é muito menor que a dos rapazes. Logo, além de adotar critérios bem definidos para

a validação da %GC, também é interessante que em futuros estudos seja feito o ajuste desses critérios pautados na individualidade da amostra.

Uma limitação observada no presente estudo foi o tamanho amostral nos subgrupos. Embora o número de sujeitos nos subgrupos por sexo tenha sido similar, nos subgrupos por idade foi muito diferente, visto que havia um reduzido número de indivíduos com idade igual ou superior a 18 anos. Assim, recomenda-se para futuros estudos a utilização de um maior tamanho amostral e com número de sujeitos similar entre os subgrupos estudados. Outra limitação foi o recrutamento da amostra por conveniência. Devido a esta forma de recrutamento, pode existir algum viés em relação ao perfil dos voluntários, não retratando de fato as características da população estudada. Todavia, os achados deste estudo permanecem válidos especificamente para a amostra aqui estudada, e com cautela, para a população com características similares. Assim, recomenda-se que a validação do IAC, MGR e IGC seja realizada de forma específica às diferentes populações. Uma terceira limitação foi o uso da DXA como método referência, visto que o método mais indicado é a análise da composição corporal por quatro componentes (40). No entanto, a grande praticidade, acurácia e baixa emissão de radiação, a DXA vem sendo amplamente utilizada como método referência (41).

Como implicações práticas, tanto no ambiente de investigação como na prática clínica, a validação e o uso das equações IAC, MGR e IGC deve ser realizada de forma criteriosa e específica, pois podem induzir um erro de interpretação. De forma geral, para futuros estudos, sugere-se a criação de equações simples e ajustadas de forma específica para a população a que se destina. Além disso, seria interessante delinear diretrizes básicas para o desenvolvimento e validação de equações para predição da GC. Neste estudo foram adotados critérios bem definidos, os quais podem ser seguidos em pesquisas futuras com objetivos semelhantes. Todavia, a adequação dos critérios de acordo com a individualidade da amostra, como por exemplo por sexo ou percentis de %GC pode ser uma estratégia interessante.

6 Conclusão

Verificou-se na amostra estudada que os métodos IAC, MGR e IGC não foram válidos para predição da %GC independente do sexo e da faixa etária. A MGR atingiu o critério de validação somente no coeficiente de Kappa para a amostra total e na amostra

com idade inferior a 18 anos. Porém, o mesmo não foi observado na análise dos dados contínuos.

7 Referências

1. World Health Organization. Facts and Figures on Childhood Obesity. Commission on Ending Childhood Obesity [Internet]. Available online: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/en/> (accessed on 01 december 2020). 2019. p. 14–6. Available from: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/en/>.
2. Berg AH, Scherer PE. Adipose tissue, inflammation, and cardiovascular disease. *Circ Res*. 2005;96(9):939–49.
3. Hjartåker A, Langseth H, Weiderpass E. Obesity and diabetes epidemics. In: *Innovative Endocrinology of Cancer*. Springer; 2008. p. 72–93.
4. Lauby-Secretan B, Scoccianti C, Loomis D, Grosse Y, Bianchini F, Straif K. Body fatness and cancer—viewpoint of the IARC Working Group. *N Engl J Med*. 2016;375(8):794–8.
5. Zheng Y, Manson JE, Yuan C, Liang MH, Grodstein F, Stampfer MJ, et al. Associations of weight gain from early to middle adulthood with major health outcomes later in life. *Jama*. 2017;318(3):255–69.
6. Reilly JJ, Kelly J. Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. *Int J Obes*. 2011;35(7):891–8.
7. Tomiyama AJ, Hunger JM, Nguyen-Cuu J, Wells C. Misclassification of cardiometabolic health when using body mass index categories in NHANES 2005–2012. *Int J Obes*. 2016;40(5):883–6.
8. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. *Sport Med*. 1991;11(5):277–88.
9. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* [Internet]. 2008;11(5):566–72. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-58149132163&doi=10.1097%2FMCO.0b013e32830b5f23&partnerID=40&md5=b6896b8da911bca4e127c1d9e0421a25>.
10. Quetelet EGA. The average man and indices of obesity. *Nephrol Dial Transpl*. 2008;23(1):47–51.

11. Rothman KJ. BMI-related errors in the measurement of obesity. *Int J Obes*. 2008;32(3):S56–9.
12. Karchynskaya V, Kopcakova J, Klein D, Gába A, Madarasova-Geckova A, van Dijk JP, et al. Is BMI a Valid Indicator of Overweight and Obesity for Adolescents? *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(13):4815.
13. Vanderwall C, Clark RR, Eickhoff J, Carrel AL. BMI is a poor predictor of adiposity in young overweight and obese children. *BMC Pediatr*. 2017;17(1):1–6.
14. Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, et al. A better index of body adiposity. *Obesity*. 2011;19(5):1083–9.
15. Woolcott OO, Bergman RN. Relative fat mass (RFM) as a new estimator of whole-body fat percentage — A cross-sectional study in American adult individuals. *Sci Rep* [Internet]. 2018;8(1). Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85050598419&doi=10.1038%2Fs41598-018-29362-1&partnerID=40&md5=81ab555d6d9eb8d2518df9f039727f44>
16. Yang HI, Cho W, Ahn KY, Shin S, Kim J, Yoo S, et al. A new anthropometric index to predict percent body fat in young adults. *Public Health Nutr*. 2020;23(9):1507–14.
17. Vlassopoulos A, Combet E, Lean MEJ. Changing distributions of body size and adiposity with age. *Int J Obes* [Internet]. 2014;38(6):857–64. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84902280755&doi=10.1038%2Fijo.2013.216&partnerID=40&md5=c559b95cbe2b05e2c6b162c98ab0e34b>
18. Cerqueira MS, Santos CA Dos, Silva DAS, Amorim PRDS, Marins JCB, Franceschini S do CC. Validity of the Body Adiposity Index in Predicting Body Fat in Adults: A Systematic Review. *Adv Nutr*. 2018;9(5):617–24.
19. Wickel EE. Evaluating the utility of the body adiposity index in adolescent boys and girls. *J Sci Med Sport*. 2014;17(4):434–8.
20. Filgueiras MDS, Cecon RS, de Faria ER, de Faria FR, Pereira PF, Ribeiro AQ, et al. Agreement of body adiposity index (BAI) and paediatric body adiposity index (BAIp) in determining body fat in Brazilian children and adolescents. *Public Health Nutr*. 2019;22(1):132–9.
21. de Macêdo Cesário T, de Almeida-Neto PF, de Matos DG, Wells J, Aidar FJ, de Araújo Tinôco Cabral BG. Evaluation of the body adiposity index against dual-

- energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in children and adolescents. *Am J Hum Biol.* 2020;e23503.
22. Woolcott OO, Bergman RN. Relative Fat Mass as an estimator of whole-body fat percentage among children and adolescents: A cross-sectional study using NHANES. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–14.
 23. Marfell-Jones MJ, Stewart AD, De Ridder JH. International standards for anthropometric assessment. 2012.
 24. Kirchengast S. Gender differences in body composition from childhood to old age: an evolutionary point of view. *J Life Sci.* 2010;2(1):1–10.
 25. Bazzocchi A, Ponti F, Albisinni U, Battista G, Guglielmi G. DXA: technical aspects and application. *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1481–92.
 26. George D, Mallery P. IBM SPSS Statistics 26 step by step: A simple guide and reference. Routledge; 2019.
 27. Watson PF, Petrie A. Method agreement analysis: a review of correct methodology. *Theriogenology.* 2010;73(9):1167–79.
 28. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20(1):37–46.
 29. Lohman TG. The use of skinfold to estimate body fatness on children and youth. *J Phys Educ Recreat Danc.* 1987;58(9):98–103.
 30. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;159–74.
 31. Bottaro MF, Heyward VH, Bezerra RFA, Wagner DR. Skinfold method vs dual-energy x-ray absorptiometry to assess body composition in normal and obese women. *J Exerc Physiol Online.* 2002;5(2):11–8.
 32. Doran DA, Mc Geever S, Collins KD, Quinn C, McElhone R, Scott M. The validity of commonly used adipose tissue body composition equations relative to dual energy X-ray absorptiometry (DXA) in gaelic games players. *Int J Sport Med.* 2014;35:95–100.
 33. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;327(8476):307–10.
 34. Krouwer JS. Why Bland–Altman plots should use X , not $(Y + X)/2$ when X is a reference method. *Stat Med.* 2008;27(5):778–80.
 35. Ripka WL, Orsso CE, Haqq AM, Prado CM, Ulbricht L, Leite N. Validity and accuracy of body fat prediction equations using anthropometrics measurements in

- adolescents. *Eat Weight Disord Anorex Bulim Obes.* 2020;
36. Flegal KM, Graubard B, Ioannidis JPA. Use and reporting of Bland-Altman analyses in studies of self-reported versus measured weight and height. *Int J Obes (Lond)* [Internet]. 2019/12/02. 2020 Jun;44(6):1311–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31792334>
 37. Bland JM, Altman DG. A note on the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Comput Biol Med.* 1990;20(5):337–40.
 38. Johnson W, Chumlea WC, Czerwinski SA, Demerath EW. Concordance of the recently published body adiposity index with measured body fat percent in European-American adults. *Obesity.* 2012;20(4):900–3.
 39. Segheto W, Coelho FA, Cristina Guimar??es da Silva D, Hallal PC, Marins JCB, Ribeiro AQ, et al. Validity of body adiposity index in predicting body fat in Brazilians adults. *Am J Hum Biol.* 2017;29(1):1–8.
 40. Silva AM, Fields DA, Sardinha LB. A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. *J Obes.* 2013;2013:148696.
 41. Messina C, Albano D, Gitto S, Tofanelli L, Bazzocchi A, Ulivieri FM, et al. Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(8):1687.