

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Priscila Custódio Martins

**INDICADORES DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS E DE
SAÚDE CELULAR EM ATLETAS UNIVERSITÁRIOS:
COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MODALIDADES**

Florianópolis
2019

Priscila Custódio Martins

**INDICADORES DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS E DE
SAÚDE CELULAR EM ATLETAS UNIVERSITÁRIOS:
COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MODALIDADES**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva

Florianópolis
2019

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

Martins, Priscila Custódio

INDICADORES DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS E DE SAÚDE
CELULAR EM ATLETAS UNIVERSITÁRIOS: COMPARAÇÃO ENTRE
DIFERENTES MODALIDADES / Priscila Custódio Martins
; orientador, Diego Augusto Santos Silva, 2019.
148 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-
Graduação em Educação Física, Florianópolis,
2019.

Inclui referências.

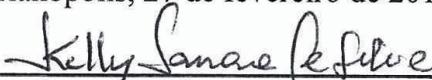
1. Educação Física. 2. Bioimpedância elétrica. 3.
Composição Corporal. 4. Atletas Universitários.
I. Santos Silva, Diego Augusto. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Educação Física. III. Título.

Priscila Custódio Martins

**INDICADORES DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS E DE
SAÚDE CELULAR EM ATLETAS UNIVERSITÁRIOS:
COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MODALIDADES**

Esta dissertação foi julgada e aprovado em defesa de mestrado
do Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

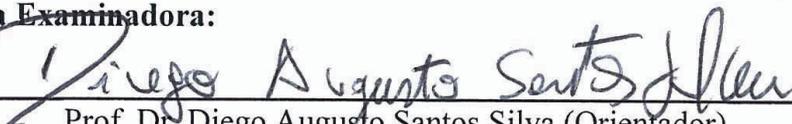
Florianópolis, 27 de fevereiro de 2019.



Profa. Dra. Kelly Samara da Silva

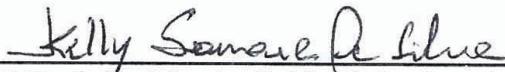
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Banca Examinadora:



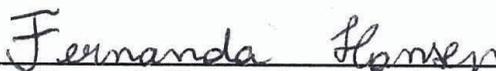
Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva (Orientador)

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Luis Alberto Gobbo (Membro titular externo -
Videoconferência)

Universidade Estadual Paulista



Profa. Dra. Fernanda Hansen (Membro titular interno)

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as mulheres que lutaram e lutam todos os dias em busca de seus direitos, de seu espaço e reconhecimento.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina pelo ensino de qualidade e estrutura. Agradeço a Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) que oportunizou a minha permanência nesta universidade. Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física e corpo docente pela formação acadêmica. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida, proporcionando a dedicação integral ao curso. Ao Centro de Ciências da Saúde, pela parceria no estudo e disponibilização do Laboratório de Antropometria e Ergonomia para a coleta.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva pela paciência, compreensão e acima de tudo comprometimento com o trabalho, sua dedicação é inspiradora!

Agradeço ao querido Prof. Dr. Luiz Rodrigo Augustemak de Lima, por me acolher e por possibilitar experiências acadêmicas inesquecíveis, muito obrigada.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Luis Alberto Gobbo, Profa. Dra. Fernanda Hansen, Profa. Dra. Michele Caroline de Souza e Profa. Dra. Andreia Pelegrini o agradecimento pelo aceite em contribuir para a construção e avaliação do trabalho. A Profa. Dra. Analiza Mônica da Silva, por compartilhar seu conhecimento.

Aos participantes do estudo pela confiança e disponibilidade, muito obrigada.

Aos membros do Núcleo de Cineantropometria & Desempenho Humano (NUCIDH), meu agradecimento especial. Aos meus queridos amigos de núcleo, Andressa, Carlos, Eliane, Mikael e Tiago pelas conversas e ensinamentos, sou muito grata por ter a presença de vocês em minha vida.

Agradeço, aos meus colegas de mestrado. As minhas amigas Aline, Anne e Francin por estarem ao meu lado em todos os momentos, muito obrigada.

As minhas famílias, pelo amor recebido e os valores que me ensinam a cada dia. Amo vocês.

Agradeço todos que carinhosamente me incentivaram a alcançar meus objetivos, muito obrigada.

RESUMO

A bioimpedância elétrica (BIA) avalia a qualidade e integridade das células por meio de indicadores de distribuição de fluidos, como a água corporal total (ACT), a água intracelular (AIC), extracelular (AEC) e a proporção de AEC/AIC, e indicadores de saúde celular, como a impedância (Z), reatância (X_c), resistência (R), ângulo de fase (AF), análise de vetor da BIA (BIVA), massa celular corporal (MCC) e AEC/MCC. No contexto esportivo, devido à alta carga de treinamento e o número elevado de competições esportivas, os atletas apresentam mudanças nos indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular. Portanto, o objetivo geral deste estudo foi investigar os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC, AEC/AIC) e de saúde celular (Z, X_c , R, AF, BIVA, MCC, AEC/MCC) avaliados pela BIA em atletas (ambos os sexos), de diferentes modalidades. Os objetivos específicos foram: 1) identificar, por meio de revisão sistemática, o(s) indicador(es) de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, X_c , R, AF, BIVA, MCC e AEC/MCC), avaliados pela técnica da BIA em atletas; 2) comparar, por meio de trabalho de campo, os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, X_c , R, AF, MCC e AEC/MCC) avaliados pela BIA em atletas universitários praticantes de esportes de equipe e individuais, de acordo com o sexo, controlando a interferência do tempo de prática esportiva, idade, massa isenta de gordura e osso (MIGO) e gordura corporal e; 3) comparar, por meio de trabalho de campo, a BIVA entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais e com a população não atleta. Para responder o primeiro objetivo específico, foram realizadas buscas sistemáticas nas bases de dados Lilacs, Medline, Pubmed, Science Direct, Scielo, Scopus, SportDiscus e Web of Science, em dezembro de 2017. Para responder aos demais objetivos específicos foi desenvolvido trabalho de campo em que foram avaliados 167 atletas universitários (18 a 35 anos de idade), de ambos os sexos, praticantes de diferentes esportes. Foi utilizada a BIA octopolar para mensurar os indicadores bioelétricos (ACT, AIC, AEC, Z, X_c , R, AF, BIVA, MCC e AEC/MCC) e para mensurar a MIGO e a gordura corporal foi utilizada a absorciometria por dupla emissão de raios-X (DXA). As variáveis de treinamento e competição foram obtidas por meio de anamnese. Como resultado da revisão sistemática foi encontrado 31 estudos com atletas. Para os estudos longitudinais (n=15), os parâmetros bioelétricos diretamente associados à saúde celular foram a AEC, AF, BIVA, X_c , R e AEC/MCC. Em relação aos achados das análises transversais, os

parâmetros investigados AEC, AF, BIVA, Z, MCC e AEC/MCC foram diretamente associados ao sexo, idade, nível de desempenho esportivo, modalidade e posição de jogo. Na pesquisa de campo, os atletas do sexo masculino que praticavam esportes individuais apresentaram maiores valores de AEC/AIC e AEC/MCC, quando comparado aos atletas que praticavam esportes de equipe. Os valores de Z, Xc e R foram maiores em atletas que praticavam modalidades de equipe do sexo masculino em comparação aos atletas praticantes de esportes individuais. As atletas do sexo feminino que praticavam esportes de equipe apresentaram maiores valores de Z e R quando comparadas as atletas praticantes de esportes individuais. Além disso, a BIVA demonstrou que não houve diferenças entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais de ambos os sexos e a maioria dos atletas ficou localizado nas elipses de 50% de tolerância, indicando hidratação adequada. Ainda, em comparação com população de referência não atleta, os atletas, de ambos os sexos, mostraram desvio do vetor de impedância para a esquerda no eixo menor (Xc) das elipses de tolerância, indicando maior MCC. Desta forma, sugere-se que a partir dos resultados encontrados o profissional de Educação Física poderá monitorar a saúde e integridade celular dos atletas, por meio dos indicadores bioelétricos que são mensuradas de forma simples e rápida pela BIA.

Palavras-chave: células, membrana plasmática, morte celular, composição corporal, esportes, exercício físico.

ABSTRACT

Electrical bioimpedance (BIA) evaluates cell quality and integrity by means of fluid distribution indicators such as total body water (TBW), intracellular water (ICW) and extracellular water (ECW), and the ratio of ECW/ICW, and cellular health indicators such as impedance (Z), reactance (Xc), resistance (R), phase angle (PA), vector analysis of BIA (BIVA), body cell mass (BCM) and ECW/BCM. In the sporting context, due to the high training load and the high number of sports competitions, the athletes present changes in the indicators of fluid distribution and cellular health. Therefore, the general objective of this study was to investigate the fluid distribution indicators (TBW, ICW, ECW and ECW/ICW) and cellular health (Z, Xc, R, PA, BIVA, BCM and AEC/BCM) in athletes (both sexes), of different modalities. The specific objectives were: 1) to identify, through a systematic review, the fluid distribution indicator(s) (TBW, ICW, ECW, ECW/ICW) and cellular health (Z, Xc, R, PA, BIVA, BCM and ECW/BCM), evaluated by the BIA technique in athletes; 2) to compare, through field work, the fluid distribution indicators (TBW, ICW, ECW and ECW/ICW) and health and cellular indicators (Z, Xc, R, PA, BIVA, BCM and ECW/BCM) BIA in college athletes practicing team sports and individual, according to sex, controlling the interference of sports practice time, age, lean soft tissue mass (LSTM) and body fat; 3) to compare, through fieldwork, the BIVA among athletes practicing team sports and individuals and with the non-athlete population. In order to answer the first specific objective, systematic searches were conducted in the Lilacs, Medline, Pubmed, Science Direct, Scielo, Scopus, SportDiscus and Web of Science databases in December 2017. In order to answer the other specific objectives, fieldwork was carried out in which 167 university athletes (18 to 35 years of age), of both sexes, were evaluated, practicing different sports. The octopolar BIA was used to measure bioelectrical indicators (TBW, ICW, ECW, ECW/ICW, Z, Xc, R, PA, BIVA, BCM and ECW/BCM) and to measure LSTM and body fat were used X-ray absorptiometry (DXA). As a result of the systematic review, 31 studies were found (30 were performed with professional athletes and one with university athletes). For longitudinal studies (n=15), the bioelectric parameters directly associated with health and cellular integrity were ECW, PA, BIVA, Xc, R and ECW/BCM. The ECW, PA, BIVA, Z, BCM and ECW/BCM investigated parameters were directly related to gender, age, sport performance level, modality and game position. In the field

survey, male athletes who practiced individual sports presented higher ECW/ICW and ECW values when compared to athletes who practiced team sports. The values of Z, Xc and R were higher in athletes who practiced collective males compared to athletes practicing individual sports. The female athletes who practiced collective modalities showed higher values of Z and R when compared to athletes practicing individual sports. In addition, BIVA demonstrated that there were no differences between athletes in team and individual sports of both sexes and most of the athletes were located in the ellipses of 50% of tolerance, indicating adequate hydration. Also, in comparison with non-athlete reference population, athletes of both sexes showed a shift of the impedance vector to the left on the minor axis (Xc) of the tolerance ellipses, indicating a higher BCM. In this way, it is suggested that from the results found, the Physical Education professional can monitor the health and cellular integrity of the athletes, through bioelectrical indicators that are measured in a simple and fast way by the BIA.

Keywords: cells, plasma membrane, cell death, body composition, sports, physical exercise.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1 - Fluxograma na busca e seleção de artigos incluídos na revisão. 68

ARTIGO III

Figura 1 - Fluxograma do processo de amostragem do presente estudo. 113

Figura 2 - Vetores de impedância média com elipses de confiança de 95% dos atletas praticantes de esportes de equipe em comparação com as elipses dos atletas praticantes de esportes individuais. 118

Figura 3 - Vetores de impedância média com elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos atletas praticantes de esportes de equipe em comparação com as elipses dos atletas praticantes de esportes individuais. 119

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1 - Características descritivas dos estudos incluídos (n = 31).	69
Tabela 2 - Procedimentos para a medição de estudos incluídos (n = 31).	72
Tabela 3 - Características específicas dos estudos incluídos (n = 31).	75
Tabela 4 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos (n = 31).	78

ARTIGO II

Tabela 1 - Características da amostra estratificada por sexo e modalidade praticada.	99
Tabela 2 - Associação entre indicadores bioelétricos e covariáveis em atletas universitários do sexo masculino.	101
Tabela 3 - Associação entre indicadores bioelétricos e covariáveis em atletas universitárias do sexo feminino.	102
Tabela 4 - Comparação da distribuição de fluidos e indicadores bioelétricos entre esportes em atletas universitários.	103
Tabela 5 - Regressão linear simples e múltipla entre os indicadores de distribuição de fluidos e bioelétricas e covariáveis em atletas universitários.	107

ARTIGO III

Tabela 1 - Características da amostra estratificada por sexo e modalidade praticada.	117
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Água corporal total
AEC	Água extracelular
AEC/AIC	Proporção de água extracelular e água intracelular
AEC/MCC	Proporção de água extracelular e massa celular corporal
AF	Ângulo de fase
AIC	Água intracelular
AIC	Critério de informação Akaike
BIA	Análise de bioimpedância elétrica
BIC	Critério de informação Bayesiano
BIVA	Análise de vetor da bioimpedância elétrica
CDS	Centro de Desportos
CCS	Centro de Ciências da Saúde
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
MCC	Massa celular corporal
MeSH	<i>Medical Subject Headings</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
R	Resistência
R/Xc	Relação resistência/reatância
Z	Impedância
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VIF	Fator de inflamação de variação
Xc	Reatância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	23
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	23
1.3 OBJETIVOS	31
1.3.1 Objetivo geral	31
1.3.2 Objetivos específicos	31
1.4 HIPÓTESES	31
1.5 JUSTIFICATIVA	32
1.6 DEFINIÇÃO DE TERMOS	35
1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	37
REFERÊNCIAS	37
2 RESULTADOS	45
2.1 ARTIGO I	46
2.2 ARTIGO II	81
2.3 ARTIGO III	110
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
APÊNDICES	127
ANEXOS	143

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da presente dissertação foi elaborada conforme modelo alternativo (coletânea de artigos científicos) do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEF/UFSC), artigo 6º da Norma 02/2008. Sendo assim, a dissertação foi elaborada em três capítulos. No primeiro capítulo foi apresentada a caracterização e formulação do problema de pesquisa, objetivos (geral e específicos), definição de hipóteses, justificativa do estudo, definição dos termos e delimitação do estudo.

O segundo capítulo são os resultados da pesquisa que foram descritos em três artigos científicos. Cada um dos artigos apresenta com detalhes a descrição metodológica. No primeiro artigo, a literatura foi revisada de forma sistemática, a fim de fornecer evidências científicas, demonstrando direcionamentos sobre a temática. O artigo foi intitulado “Indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliados pela bioimpedância elétrica: uma revisão sistemática de estudos com atletas” e encontra-se em avaliação no *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Os artigos originais foram desenvolvidos a partir dos resultados obtidos no trabalho de campo realizado pelo Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria & Desempenho Humano (NUCIDH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil. O primeiro artigo original foi intitulado “Distribuição de fluidos e indicadores de integridade celular avaliados por impedância bioelétrica em atletas universitários: comparação entre esportes de equipe e esportes individuais” e foi publicado no periódico *Physiological Measurement*. O segundo artigo original foi intitulado “Análise de vetor da biompedância elétrica (BIVA) em atletas universitários” e está em avaliação na *International Journal of Performance Analysis in Sports*.

No terceiro e último capítulo da dissertação são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A célula integra a unidade básica da vida, constituindo-se em suporte e estrutura de todos os seres vivos (ALBERTS; JOHNSON; LEWIS, 2002). As células musculares, ou fibras musculares, são constituídas de água, cerca de 70 a 85%, 1 a 3% de íons (bicarbonato,

cálcio, cloreto, fosfato, magnésio, sulfato, sódio, potássio), de 10 a 20% de proteínas, 2% de lipídios e de carboidratos, que variam de 1% até 6% (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006).

As células gordurosas (adipócitos) possuem concentrações distintas, em que a quantidade de água é inferior, cerca de 5% e a quantidade de lipídios pode chegar até 95% (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Apesar das diferenças encontradas na distribuição dos componentes das células existentes no corpo humano, todos os fluidos desempenham papel regulador, sendo importante a manutenção dos níveis adequados para a saúde (AIRES, 2012). Nesse sentido, a saúde celular reflete a capacidade das células em desempenhar funções necessárias à manutenção da vida, como o transporte de nutrientes aos diferentes tecidos corporais e realizar a regeneração celular (AIRES, 2012).

O número total de células é regulado no organismo pelo número de divisão celular (mitose) e pela taxa de morte celular (BOWEN; BOWEN; JONES, 1998). Em decorrência do mau funcionamento do organismo ou pelo processo de envelhecimento, natural do corpo, pode ocorrer dano e/ou morte das células (AIRES, 2012). Quando as células não são mais necessárias ao organismo ou por mecanismo de defesa, estas realizam apoptose, caracterizada por processo natural programado, em que as células danificadas são destruídas para o surgimento de novas células intactas (PITTALUGA *et al.*, 2006). A morte celular, também pode ser característica de processo patológico, em consequência de lesão aguda, em que as células perdem a capacidade de regeneração (AIRES, 2012). Este processo denominado necrose celular, proporciona inchaço da célula, que se rompe, devido à perda de integridade da membrana celular (PAROLIN; REASON, 2001). As células necróticas espalham conteúdos, causando inflamação e lesão em células ao redor (AIRES, 2012). Danos ou morte celular podem causar disfunções em diferentes tecidos corporais (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006).

As células podem sobreviver por meses ou por vários anos, desde que os fluidos que a circundam contenham os nutrientes adequados (AIRES, 2012). Nesse sentido, o líquido corporal total está distribuído, principalmente, em dois compartimentos, a água extracelular (AEC) e a água intracelular (AIC) (MATIAS *et al.*, 2016). Estes líquidos apresentam quantidades de íons diferentes e a regulação destes é de extrema importância para o adequado funcionamento das células (AIRES, 2012). Em exercícios extenuantes e prolongados pode ocorrer hipernatremia, caracterizada pela diminuição da AEC (GUYTON; HALL; GUYTON,

2006). A hipernatremia é causada por desidratação, devido à perda excessiva de água do corpo, e pode causar disfunções renais (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Ainda, alterações nas concentrações dos líquidos extra e intracelulares podem ocasionar edemas (acúmulo excessivo de líquidos), que geram disfunções no sistema metabólico dos tecidos e desnutrição celular (AIRES, 2012). Portanto, a avaliação de diferentes parâmetros pode evidenciar a distribuição de fluidos e a saúde celular de um indivíduo, com o objetivo de prevenir danos ou morte celular precoce por necrose.

Diferentes métodos são empregados na avaliação dos indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular. A diluição de isótopos de deutério e brometo é considerada referência na análise da água corporal total (ACT) (LUKASKI, 2017). A técnica reside na análise da urina, portanto, apresenta elevado custo financeiro e necessita de pessoal especializado (HEYWARD; STOLARCZYK, 1996). A partir deste método, a AIC é calculada como a diferença entre a ACT e a AEC. Outra técnica para avaliar a distribuição de fluidos é a ativação de nêutrons, sendo possível medir íons presentes na AEC e AIC, como cálcio, cloreto, fosfato e sódio, além da quantidade dos fluidos intra e extracelulares (LUKASKI, 2017). A avaliação é considerada de referência na análise dos íons, sendo método não invasivo, porém os equipamentos necessários apresentam alto custo financeiro, limitando a aplicação (HEYMSFIELD, 2005).

Alternativa para a avaliação da distribuição de fluidos por meio das concentrações ACT, AEC e AIC é a bioimpedância elétrica (BIA). Além disso, a partir da análise da BIA indicadores associados à saúde celular podem ser investigados (KYLE *et al.*, 2004). A BIA é empregada na avaliação da composição corporal (HEYMSFIELD, 2005; HEYWARD; STOLARCZYK, 1996), estado nutricional (KYLE *et al.*, 2004) e saúde celular (LUKASKI; KYLE; KONDRUP, 2017; NORMAN *et al.*, 2012). O princípio básico da técnica é que por meio de corrente elétrica alternada, denominada impedância (Z), composta por dois vetores, a resistência (R) e a reatância (X_c), é possível passar entre as células (corrente elétrica de baixa frequência) ou penetrá-las (corrente elétrica de alta frequência) (KYLE *et al.*, 2004). A R é a oposição ao fluxo da corrente elétrica que os diferentes tecidos corporais exercem (BRANTLOV *et al.*, 2017). Como cerca de 60% da massa corporal do corpo humano (indivíduo adulto saudável) é composto por água (AIRES, 2012), e este componente é condutor de energia, a R à corrente elétrica é baixa (KYLE *et al.*, 2004). A gordura corporal, os ossos e a pele

constituem meio de baixa condutividade, apresentando elevado valor de R (MATTHIE *et al.*, 2008). A X_c reflete a excitação das membranas celulares, e se comporta como campo eletrostático, armazenando tensão (energia) e está diretamente associada a qualidade das células (NORMAN *et al.*, 2012).

A utilização da técnica da BIA é popular, devido à praticidade e a gama de informações fornecidas (STOBÁS *et al.*, 2012). A BIA de única frequência permite a avaliação da ACT e AEC (KYLE *et al.*, 2004) e a partir da frequência de 50kHz é possível estimar a AIC (KYLE *et al.*, 2004). No contexto esportivo, a ACT detecta a desidratação corporal (MATIAS *et al.*, 2016), que pode causar câimbras, exaustão térmica ou síncope (perda dos sentidos), ou hiperhidratação (acúmulo de fluidos corporais) (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006).

A medida de AEC elevada pode levar a hipertensão (elevação da pressão hidrostática do sangue) e de edema extracelular (elevação do volume intersticial, ou seja, o líquido presente nos espaços celulares) (AIRES, 2012). Em indivíduos saudáveis, a quantidade de AIC é superior a AEC, para otimizar o funcionamento das membranas celulares (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Maiores concentrações de AEC em relação às concentrações de AIC estimulam respostas inflamatórias e podem agravar lesões teciduais já existentes (PAROLIN; REASON, 2001). Assim, a avaliação da relação AEC/AIC pode fornecer informações da saúde e integridade celular.

A avaliação da AIC vem sendo diretamente associada à força e a potência em atletas profissionais de diferentes modalidades durante temporada esportiva, pois está ligada ao processo de formação da massa muscular (MATIAS *et al.*, 2016). Por outro lado, o excesso de AIC pode ocasionar edema intracelular, decorrente de processo inflamatório nos tecidos (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Assim, ACT, a AIC e AEC parecem estar associadas à saúde e integridade celular, embora não tenha sido encontrado nenhum estudo que analisou estes componentes objetivando investigar a saúde celular em atletas.

A BIA utiliza equações para estimar os compartimentos corporais (LUKASKI, 2013; NORMAN *et al.*, 2012). Cada equação é construída para populações específicas com características próprias, o que torna pouco acurado o uso para a população em geral (LUKASKI, 2013). Assim, a investigação de dados brutos fornecidos pela técnica da BIA ganha aplicabilidade e pode ter maior acurácia para interpretação do que o uso de dados como percentual de gordura corporal e de massa magra, componentes esses que são fornecidos por alguns modelos de BIA.

Nesse sentido, os parâmetros brutos de Z , R e X_c e derivados (ângulo de fase – AF, e análise de vetor da BIA - BIVA) têm sido investigados, principalmente em respeito da possível relação destes com a saúde das células. A R está inversamente associada à quantidade de ACT presente nos tecidos, e proporcional à formação de coágulos de fibrina que leva à epiteliação (cicatrização) dos tecidos corporais (LUKASKI, 2013). Portanto, a R pode ser considerada biomarcador específico de crescimento celular (LUKASKI, 2012). Ainda, estudos investigaram atletas profissionais antes e após lesão muscular e observaram diminuição da X_c e AF após lesões, sendo mais acentuadas nas lesões de grau III comparada com as lesões de grau I, aumentando gradualmente os valores de X_c e AF até à recuperação do membro lesionado (FRANCAVILLA *et al.*, 2015; NESCOLARDE *et al.*, 2015; NESCOLARDE *et al.*, 2013). Ainda, o aumento de X_c , que é diretamente relacionado à massa celular corporal (MCC), indica proliferação epidérmica e granulação da ferida (recuperação) (LUKASKI, 2012). Assim, a BIA pode ilustrar a arquitetura celular e o processo de recuperação e cicatrização de feridas (LUKASKI, 2013).

Ademais, outros dois indicadores, como o AF e a BIVA derivados da relação da R e X_c , permitem avaliação descritiva da composição corporal, saúde e integridade celular, independente das equações da técnica da BIA (KYLE *et al.*, 2004). O AF é caracterizado fisiologicamente como índice da membrana celular que reflete a integridade e vitalidade das células (LUKASKI; KYLE; KONDRUP, 2017; STOBÄUS *et al.*, 2012). Valores mais altos de AF foram encontrados em atletas (NORMAN *et al.*, 2012), embora um estudo com grupo comparação (não atletas), não observou diferenças significativas nos valores do AF (MELCHIORRI *et al.*, 2017). Outros estudos observaram redução do AF após lesão muscular e/ou inflamação (FRANCAVILLA *et al.*, 2015; NESCOLARDE *et al.*, 2013). Assim, parece existir associação do AF com aspectos relacionados ao treinamento esportivo, portanto, especula-se a plausibilidade em investigar a saúde e integridade celular em atletas por meio de indicadores bioelétricos.

A análise da BIVA pode ser utilizada para avaliar o estado de hidratação do atleta, em que é observado o eixo de resistência/estatura (vetor longo), ou para avaliar a MCC, em que é observado o eixo reatância/estatura (vetor curto) (COVA *et al.*, 2017). Assim, a análise da BIVA, possibilita a investigação de indicativos de função celular (LUKASKI, 2013, NORMAN *et al.*, 2012). Estudos observaram que,

após competição esportiva, há mudanças nas elipses de tolerância, com encurtamento do vetor (MASCHERINI *et al.*, 2015), ou ainda declínio do vetor para a esquerda (MICHELI *et al.*, 2014). Estas mudanças podem indicar hiperhidratação e hidratação adequada, respectivamente (CARRASCO-MARGINET *et al.*, 2017). Outros estudos interpretaram a BIVA com o objetivo de identificar a quantidade de MCC (MICHELI *et al.*, 2014; POLLASTRI *et al.*, 2016a), que também pode ser obtida por meio de estimativas realizadas com a técnica da BIA.

A MCC é considerada o principal compartimento do tecido magro, utilizado para avaliar o estado nutricional e a integridade das membranas celulares (EARTHMAN *et al.*, 2000). Estudos investigaram a MCC em atletas e encontraram que esta reduziu após competição esportiva em relação ao período pré-competição (COUFALOVA *et al.*, 2014) e que atletas de menor rendimento esportivo apresentaram menores valores de MCC, quando comparado a atletas de maior rendimento (ANDREOLI *et al.*, 2003; MELCHIORRI *et al.*, 2017; MICHELI *et al.*, 2014). Outro parâmetro bioelétrico medido pela BIA é a relação AEC/MCC que é marcador sensível de desnutrição e, tem sido diretamente associado à mortalidade (GERONIKOLOU; BACOPOULOU; COKKINO, 2017). Em atletas de futebol, a proporção de AEC/MCC foi investigada, de acordo com a posição de jogo, não sendo observadas diferenças significativas (MALA *et al.*, 2015a) e, de acordo com o sexo, em que os atletas do sexo masculino quando comparados as atletas do sexo feminino apresentaram maiores concentrações (CECH *et al.*, 2013).

Os atletas geralmente apresentam baixa gordura corporal (HEYMSFIELD, 2005). As células gordurosas estão diretamente associadas a processos inflamatórios, que por sua vez podem causar danos às membranas celulares (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Devido ao efeito do treinamento, os atletas tendem a apresentar maiores concentrações de massa magra, quando comparados aos indivíduos não atletas (HEYMSFIELD, 2005). Parte da massa magra é constituída de MCC (KOHLENER *et al.*, 2018). Nesse sentido, os atletas podem apresentar melhores indicadores de saúde e integridade celular, comparado aos indivíduos não atletas. Ademais, os atletas apresentam grandes quantidades de massa muscular, que apresenta elevada quantidade de água corporal total.

O tecido muscular esquelético formado por células musculares, representa cerca de 40% da massa corporal total (indivíduo saudável). As contrações do músculo esquelético permitem os movimentos dos diversos

ossos e cartilagens do esqueleto (LOWE, ANDERSON, 2015). Portanto, o tecido muscular esquelético apresenta diferentes adaptações conforme a prática de treinamento físico. Assim, a utilização da BIA, em atletas, tem grande aplicabilidade, uma vez que, pode identificar, por meio de parâmetros bioelétricos, dano nas estruturas de células musculares (FRANCAVILLA *et al.*, 2013; NESCOLARDE *et al.*, 2015). Com base na aplicação da BIA localizada, foi observada diminuição do AF após lesões musculares em atletas profissionais, sendo mais acentuadas nas lesões musculares de grau III comparada com as lesões musculares de grau I, aumentando gradualmente os de AF até à recuperação do tecido lesionado (Nescolarde *et al.*, 2017; Francavilla *et al.*, 2015; Nescolarde *et al.*, 2013).

Por outro lado, estudos associaram o exercício físico prolongado a uma das causas do estresse oxidativo (KOYAMA, 2014; VECCHIO *et al.*, 2017). O estresse oxidativo é fator limitante para a célula, pois o aumento da concentração de radicais livres pode comprometer o funcionamento celular e/ou induzir a formação de células tumorais (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Portanto, ainda não está claro se os atletas apresentam todos os indicadores de saúde e integridade celular em níveis considerados saudáveis.

Apesar da literatura apresentar pesquisas que investigaram diferentes parâmetros bioelétricos em atletas, não foi encontrado nenhum estudo que apresentou como objetivo primário identificar se estes parâmetros estão associados à saúde e integridade celular nesta população. Os estudos encontrados tinham como objetivo identificar a relação de parâmetros isolados com aspectos relacionados ao treinamento esportivo, como a posição de jogo (MALA *et al.*, 2015b), a modalidade praticada (VEITIA *et al.*, 2017) e lesão muscular (FRANCAVILLA *et al.*, 2013; NESCOLARDE *et al.*, 2015). Porém, aspectos biológicos como o sexo e a idade e a composição corporal, também podem impactar na saúde celular dos atletas (VEITIA *et al.*, 2017), bem como o tempo de prática dentro da modalidade esportiva.

A palavra atleta vem do grego *athletes* e é considerado qualquer pessoa que pratique manifestação de desporto, seja educacional, de participação ou rendimento, podendo ser classificado quanto à forma da prática esportiva, em amador (praticante eventual, que o faz por prazer e saúde), não profissional (praticante regular, sem receber remuneração, podendo, porém, receber incentivos materiais ou patrocínios) e profissional (praticante regular, que faz do esporte o meio de sustento financeiro) (DO VALLE, 2003). Desta forma, os atletas universitários

são considerados atletas não profissionais e, portanto, a rotina de um atleta universitário pode ser diferenciada de um atleta profissional. O atleta universitário geralmente tem menor cobrança, menor rendimento esportivo em comparação ao atleta profissional e participa de poucas competições ao longo do ano. Por outro lado, o atleta universitário se diferencia do praticante eventual, pois tem uma carga de treinamento semanal e participa de competições. Assim, os atletas universitários podem apresentar diferenças na composição corporal se comparados a atletas profissionais e/ou se comparados a praticantes eventuais, o que pode impactar na distribuição de fluidos e nos indicadores de saúde celular.

Estudos avaliaram a composição corporal de atletas universitários em diferentes países, com foco principalmente na massa magra, massa gorda e na massa óssea (KIM *et al.*, 2018; TREXLER *et al.*, 2017). No Brasil, há poucos estudos com esta população (MINETT *et al.*, 2018; ROSSI; TIRAPÉGUI, 2008). No entanto, os resultados das pesquisas são semelhantes, em que foram observadas mudanças nos componentes da composição corporal, devido a carga e volume de treinamento. Desta forma, especula-se que os atletas universitários também apresentam alterações nos indicadores de distribuição de fluidos e nos indicadores de saúde celular, pois tais indicadores também estão relacionados à composição corporal e ao treinamento físico.

A literatura reporta que diferentes intensidades e volumes de treinamento, impactam de forma distinta na composição corporal, força muscular e em demais parâmetros físicos. Assim, é importante destacar as diferenças entre as práticas esportivas. Estudo identificou que esportes individuais apresentaram maior volume e carga de treino, quando comparado a esportes de equipe (PASULKA *et al.*, 2017). Além disso, os atletas praticantes de esportes individuais participaram de mais competições esportivas (PASULKA *et al.*, 2017). Estes fatores, aliados as características do biótipo de cada modalidade podem impactar em diferenças nos indicadores de distribuição de fluidos e nos indicadores de saúde celular. Portanto, o presente estudo tem os seguintes problemas de pesquisas: 1) Qual(is) é(são) o(s) indicador(es) de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliado(s) pela técnica da BIA em atletas e; 2) O(s) indicador(es) de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliados pela técnica da BIA diferem de acordo com a modalidade esportiva praticada?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Investigar os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, Xc, R, AF, BIVA, MCC e AEC/MCC) avaliados pela BIA, em atletas (ambos os sexos) de diferentes modalidades.

1.3.2 Objetivos específicos

Descrever o(s) indicador(es) de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, Xc, R, AF, BIVA, MCC e AEC/MCC), avaliados pela técnica da BIA em atletas de ambos os sexos;

Comparar os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, Xc, R, AF, BIVA, MCC e AEC/MCC) em atletas universitários de diferentes modalidades, de acordo com o sexo, controlando a interferência do tempo de prática, da idade, da massa isenta de gordura e osso e da gordura corporal;

Comparar a BIVA entre os atletas, de ambos os sexos, praticantes de esportes de equipe e individuais e com população de referência não atleta.

1.4 HIPÓTESES

Os indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliados pela técnica da BIA mais investigados em atletas, de ambos os sexos, serão a ACT e o AF, respectivamente.

Os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) serão maiores em atletas praticantes de esportes individuais, enquanto os indicadores de saúde celular (Z, Xc, R, AF, MCC e AEC/MCC) serão maiores em atletas de esportes de equipe.

Os atletas universitários de ambas as modalidades e de ambos os sexos apresentaram hidratação adequada.

Os atletas universitários praticantes de esportes de equipe apresentarão maior MCC em comparação aos atletas praticantes de esportes de individuais.

Os atletas universitários de ambas as modalidades e de ambos os sexos apresentarão maior MCC, em comparação com a população não atleta.

1.5 JUSTIFICATIVA

Cada célula ou conjunto de células desempenha função específica no corpo (JORGENSEN; RAYAMAJHI; MIAO, 2017). Embora, as diversas células existentes sejam ligeiramente diferentes umas das outras, todas possuem características em comum, como os líquidos corporais que as envolvem (GUYTON; HALL; GUYTON, 2006). Quando o organismo está funcionando corretamente, os líquidos corporais, ou seja, o fluido intracelular (localizado no interior das células) corresponde cerca de 40% do corpo humano e o fluido extracelular, que circunda as células, corresponde cerca de 20% (AIRES, 2012).

No contexto esportivo, devido às particularidades do esporte de rendimento, como o volume de treinamento e a participação em competições esportivas, os atletas podem apresentar modificações nos volumes corporais, como a perda excessiva de água corporal (desidratação) (MATIAS *et al.*, 2016). A água é componente essencial para a sobrevivência das células (JORGENSEN; RAYAMAJHI; MIAO, 2017), assim, perdas excessivas deste componente podem comprometer as funções celulares e causar danos à estrutura da membrana celular (LISTON; MASTERS, 2017). Além das mudanças no estado de hidratação, os atletas podem sofrer lesões esportivas (PRENDICE, 2009), que podem causar rupturas nas estruturas teciduais e, conseqüentemente, danos à saúde e integridade celular (VECCHIO *et al.*, 2017).

Além disso, os atletas possuem grandes concentrações de massa magra (HEYMSFIELD, 2005), constituída principalmente de água e de MCC, que é indicador de integridade celular (MOORE; BOYDEN, 1963). Porém, a investigação da ACT, AIC e AEC, além da MCC por métodos diretos, pode dificultar a realização de pesquisas, devido ao alto custo financeiro e a necessidade de pessoal especializado. Assim, a BIA vem sendo considerada método alternativo para a análise destes

componentes (KYLE *et al.*, 2004; MALINA, 2007; MATIAS *et al.*, 2016).

A BIA pode ser utilizada para avaliar a integridade celular dos indivíduos, por meio de indicadores bioelétricos (KYLE *et al.*, 2004; NORMAN *et al.*, 2012). Além da ACT, AIC e AEC, e da MCC, a BIA fornece outros parâmetros que vem sendo associados à integridade celular em diferentes populações (NORMAN *et al.*, 2012). Em atletas, diferentes parâmetros foram investigados (MASCHERINI *et al.*, 2015; POLLASTRI *et al.*, 2016b; VEITIA *et al.*, 2017). No entanto, grande parte desses estudos realizaram as avaliações durante o período de competição esportiva, o que pode impactar nos resultados, pois durante as competições os atletas são submetidos ao estresse máximo da competição e a sobrecarga de treinamento (PRENDICE, 2009), que pode causar desidratação. Além disso, a ocorrência de lesões pode gerar dano ou morte das células, ocasionando diminuição do AF (NESCOLARDE *et al.*, 2013). Desta forma, são necessários estudos que avaliem os atletas fora do período de competição esportiva.

A idade (KOURY; TRUGO; TORRES, 2014; NORMAN *et al.*, 2012) e o sexo (LUKASKI *et al.*, 1990; VEITIA *et al.*, 2017) podem interferir nos parâmetros de saúde e integridade celular, como observado por estudos anteriores. Estudo encontrou associação direta entre o AF e a idade (KOURY; TRUGO; TORRES, 2014). Em relação ao sexo, os atletas do sexo masculino podem apresentar maiores concentrações de ACT, devido a maior quantidade de massa muscular, comparado às atletas do sexo feminino (PRENDICE, 2009). Outros estudos investigaram o AF, de acordo com o sexo e também encontraram que o sexo masculino apresentou valores elevados, quando comparado às atletas do feminino (VEITIA *et al.*, 2017). Porém, as diferenças entre os sexos, podem ser explicadas pelo menos em partes, pelas diferenças nos padrões da composição corporal (DUTHIE *et al.*, 2006; MALINA, 2007), portanto, controlar a interferência de indicadores de composição corporal torna-se importante.

Fatores relacionados ao esporte, também podem influenciar os indicadores de saúde celular, como o tipo de modalidade praticada e o tempo de prática do atleta. Cada modalidade esportiva apresenta características e exigências próprias, assim, de acordo com o volume de treinamento, a perda de água pode variar (MALA *et al.*, 2015b). Ademais, o tipo de modalidade e o tempo de prática dos atletas podem alterar a composição corporal (DUTHIE *et al.*, 2006). Assim, considerar estes

fatores é importante na avaliação dos indicadores de saúde e integridade celular nesta população.

Por meio da literatura levantada em respeito da investigação de indicadores de saúde e integridade celular em atletas, avaliados pela técnica da BIA, se observou as seguintes lacunas: (i) os estudos encontrados com atletas não tinham como objetivo primário investigar os parâmetros de saúde e integridade celular, fornecidos pela BIA; (ii) a maior parte dos estudos se concentrou em apenas um ou alguns indicadores, fornecendo assim visão restrita do perfil de saúde celular do atleta, tendo em vista que os indicadores possuem relação entre si; (iii) poucos estudos com atletas universitários.

O esporte universitário tem grande impacto no esporte internacional. Diferentes pesquisas com foco na avaliação da composição corporal foram realizadas com atletas universitários com ênfase, principalmente, na massa gorda, massa magra e massa óssea (CARBUHN *et al.*, 2010; ESCO *et al.*, 2015). No entanto, no Brasil, há poucos estudos com esta população. Além disso, o esporte universitário no Brasil apresenta características distintas, em que há poucos investimentos (STAREPRAVO *et al.*, 2010). Desta forma, não há crescente interesse na pesquisa. Porém, os atletas universitários apresentam carga de treinamento físico semanal, o que impacta diretamente na composição corporal. Assim, investigar os indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular nesta população pode trazer informações úteis à comunidade universitária e científica. Além disso, a literatura apresenta que diferentes modalidades esportivas proporcionam alterações distintas em parâmetros físicos. Estudo realizado com atletas universitários de esportes de equipe como o futebol, e individuais, como o remo e a ginástica, observou que os atletas praticantes de esportes individuais apresentaram menos massa gorda, em comparação com os atletas praticantes de esportes de equipe, por outro lado, os atletas de esportes de equipe apresentaram mais massa livre de gordura (FIELDS *et al.*, 2018). Portanto, identificar as diferenças nos indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular em atletas praticantes de esportes de equipe e individuais poderá auxiliar os profissionais da área da Educação Física, a fim de otimizar o treinamento, de acordo com as especificidades da modalidade esportiva praticada.

Nesse sentido, a presente dissertação se propõe a investigar a literatura, de forma sistemática com o intuito de preencher a lacuna existente, uma vez que, não está claro quais são os indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular investigados em atletas. Por

meio do trabalho de campo, este trabalho visa contribuir para o conhecimento comparando os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde celular (Z, Xc, R, AF, MCC, AEC/MCC) avaliados pela BIA em atletas universitários de diferentes modalidades, de acordo com o sexo, controlando a interferência do tempo de prática, idade, massa isenta de gordura e osso e gordura corporal.

A partir deste trabalho, o profissional terá subsídios para identificar os parâmetros estimados pela BIA que podem representar relevância na investigação da saúde e integridade celular em atletas. A realização desta pesquisa se justifica também pela contribuição para o campo da Educação Física que poderá monitorar a saúde e integridade celular dos atletas universitários, por meio dos indicadores bioelétricos que são mensurados de forma simples e rápida pela BIA. O monitoramento destes indicadores pode fornecer informações acerca do estado de hidratação do atleta, considerado importante para a saúde e desempenho no esporte, além de prevenir dano celular.

1.6 DEFINIÇÃO DE TERMOS

Água corporal total (ACT): Componente mais abundante da massa corporal no nível molecular em adultos saudáveis (WANG *et al.*, 1992). É distribuída em dois compartimentos principais: água intracelular e água extracelular (MATIAS *et al.*, 2016).

Água intracelular (AIC): Consiste em todo líquido que está dentro da célula. Garante o metabolismo dentro da célula e a manutenção de suas funções, ainda representa aproximadamente 40% da massa corporal total (AIRES, 2012).

Água extracelular (AEC): Consiste em todo líquido que está fora da célula. Faz parte do metabolismo de um organismo pluricelular, ou seja, é por meio desse líquido e seus componentes que as células realizam trocas metabólicas e representa aproximadamente 20% da massa corporal total (AIRES, 2012).

Impedância (Z): É oposição que a eletricidade encontra ao percorrer pelos diferentes tecidos corporais. Possui dois vetores: resistência e reatância (KYLE *et al.*, 2004).

Reatância (Xc): É a propriedade de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático, e está diretamente associada com a celularidade, o tamanho da célula e a integridade da membrana celular (LUKASKI, 1990).

Resistência (R): Oposição ao fluxo de uma corrente elétrica alternada por meio de soluções iônicas intracelulares e extracelulares (LUKASKI, 1990).

Ângulo de fase (AF): Parâmetro derivado da bioimpedância elétrica que reflete a integridade das membranas, empregado na análise do estado nutricional e incremento no risco de morbidade e mortalidade (LUKASKI; KYLE; KONDRUP, 2017; NORMAN *et al.*, 2012).

Análise de vetor da bioimpedância elétrica (BIVA) clássica: Consiste na representação gráfica bivariada, isto é, um gráfico com as regiões de probabilidade elípticas (elipses de 50%, 75%, e 95% de tolerância) nos planos abcissa resistência/estatura e ordenada reatância/estatura. Analisa o estado de hidratação e nutricional e a saúde e integridade celular do indivíduo (PICCOLI *et al.*, 2002).

Análise de vetor da bioimpedância elétrica (BIVA) específica: Consiste na representação gráfica bivariada, com gráfico de regiões de probabilidade elípticas (elipses de 50%, 75%, e 95% de tolerância) nos planos abcissa ordenada em que é considerado o tamanho corporal (estatura, perímetro da cintura, braço relaxado e panturrilha) para normalizar os valores de resistência e reatância. É considerada mais adequada para avaliar a composição corporal e o estado de hidratação (MARINI *et al.*, 2013).

Massa celular corporal (MCC): Reflete os componentes celulares do corpo envolvidos em processos bioquímicos e no metabolismo energético. Consiste na porção celular não gorda de tecidos, músculo esquelético, vísceras, órgãos, sangue e cérebro (MOORE; BOYDEN, 1963).

Proporção de água extracelular e água intracelular (AEC/AIC): Refere-se à proporção de líquido extracelular em relação à água intracelular (CECH *et al.*, 2013).

Proporção de água extracelular e massa celular corporal (AEC/MCC): Refere-se à proporção de líquido extracelular em relação à massa celular corporal (CECH *et al.*, 2013). Marcador sensível de desnutrição e, tem sido diretamente associado à mortalidade (GERONIKOULOU; BACOPOULOU; COKKINO, 2017).

1.7 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo delimitou-se em analisar os indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliados pela BIA em atletas profissionais e universitários (ambos os sexos), de diferentes modalidades esportivas, por meio de revisão sistemática da literatura. O trabalho de campo, etapa posterior à revisão sistemática da literatura, delimitou-se a investigar os indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular avaliados em atletas universitários (ambos os sexos), de diferentes modalidades, na faixa etária de 18 a 35 anos, matriculados nos cursos de Graduação ou Pós-Graduação da UFSC, Brasil.

REFERÊNCIAS

AIRES, M. M. **Fisiologia**. In: Fisiologia, 2012.

ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da biologia celular**. Artmed Editora, 2002.

ANDREOLI, A. *et al.* Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. **Acta Diabetologica**, v. 40, n. 1, p. 122–125, out. 2003.

BRANTLOV, S. *et al.* Critical factors and their impact on bioelectrical impedance analysis in children: a review. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 41, n. 1, p. 22-35, jan. 2017.

BOWEN, I. D.; BOWEN, S. M.; JONES, A.; H. **Mitosis and apoptosis**. Garland Science, 1998.

CARBUHN, A. F. *et al.* Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1710-1717, jun. 2010.

CARRASCO-MARGINET, M. *et al.* Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. **Plos One**, v. 12, n. 6, p. e0178819, jun. 2017.

CECH, P. *et al.* Body composition of elite youth pentathletes and its gender differences. **Sports Science**, v. 6, n. 2, p. 29-35, dez. 2013.

COVA, L. *et al.* Nutritional status and body composition by bioelectrical impedance vector analysis: A cross sectional study in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. **Plos One**, v. 12, n. 2, p. e0171331, fev. 2017.

COUFALOVA, K. *et al.* Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. **Archives of Budo**, v. 10, n. 1, p. 161-168, jun. 2014.

DO VALLE, M P. **Atletas de alto rendimento: identidades em construção**. Dissertação de Mestrado em Psicologia Social e de Personalidade apresentada à Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil, 2003.

DUTHIE, G. M. *et al.* Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 202-207, mar. 2006.

EARTHMAN, C. *et al.* Bioimpedance spectroscopy for clinical assessment of fluid distribution and body cell mass. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 22, n. 4, p. 389-405, ago. 2007.

ESCO, M. R. *et al.* Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 918-925, abr. 2015.

FIELDS, J. B. *et al.* Comparison of body composition variables across a large sample of National Collegiate Athletic Association women athletes from 6 competitive sports. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 9, p. 2452-2457, abr. 2018.

FRANCAVILLA, V. C. *et al.* Localized bioelectrical impedance analysis: How useful is it in the follow-up of muscle injury? A case report. **Medicina Dello Sport**, v. 68, n. 2, p. 323-334, jun. 2015.

GERONIKOLOU, S. A.; BACOPOULOU, F.; COKKINOS, D. Bioimpedance Measurements in Adolescents with Polycystic Ovary Syndrome: A Pilot Study. **GeNeDis**, v. 987, n. 1, p. 291-299, out. 2017.

GUYTON, A.; HALL, J. E.; GUYTON, A. C. **Tratado de Fisiologia Médica**. Elsevier Brasil, 2006.

HEYMSFIELD, S. **Human Body Composition**. Human Kinetics, 2005.

HEYMSFIELD, S. STOLARCZYK, L. M. **Applied Body Composition Assessment**. Human Kinetics, 1996.

JORGENSEN, I.; RAYAMAJHI, M.; MIAO, E. A. Programmed cell death as defense against infection. **Nature Reviews Immunology**, v. 17, n. 3, p. 151-164, mar. 2017.

KIM, J. *et al.* Longitudinal changes in body composition throughout successive seasonal phases among Canadian University football players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2284-2293, nov. 2018.

KOURY, J. C.; TRUGO N. M. F.; TORRES, A. G. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 5, p. 798-804, jan. 2014.

KOHLER, A. *et al.* Cardiopulmonary fitness is strongly associated with body cell mass and fat-free mass. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.1, n. 1, p. 1-8, fev. 2018.

KOYAMA, K. Exercise-induced oxidative stress: A tool for “hormesis” and “adaptive response”. **The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v. 3, n. 1, p. 115-120, mar. 2014.

KYLE, U. G. *et al.* Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226-1243, out. 2004.

LISTON, A.; MASTERS, S. L. Homeostasis-altering molecular processes as mechanisms of inflammasome activation. **Nature Reviews Immunology**, v. 17, n. 3, p. 208-214, mar. 2017.

LOWE, J. S.; ANDERSON, P. G. **Stevens & Lowe's Human Histology**. 4.ed. Philadelphia: Elsevier, Mosby, 2015. p. 77, 81-82.

LUKASKI, H. C. **Body Composition: Health and Performance in Exercise and Sport**. CRC Press, 2017.

LUKASKI, H. C.; KYLE, U. G.; KONDRUP, J. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 20, n. 5, p. 330-339, set. 2017.

LUKASKI, H. C. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 1, p. 2-9, jan. 2013.

LUKASKI, H. C.; MOORE, M. Bioelectrical impedance assessment of wound healing. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 209-212, jan. 2012.

LUKASKI, H. C. *et al.* Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 30, n. 4, p. 434-440, dez. 1990.

MALA, L. *et al.* Body composition of elite youth soccer players with respect to field position. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 15, n. 4, p. 678-684, dez. 2015a.

MALA, L. *et al.* Body composition of elite female players in five different sports games. **Journal of human kinetics**, v. 45, n. 1, p. 207-215, mar. 2015b.

MALINA, R. M. Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. **Clinics in Sports Medicine**, v. 26, n. 1, p. 37-68, jan. 2007.

MARINI, E. *et al.* Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 17, n. 6, p. 515-521, ago. 2013.

MASCHERINI, G. *et al.* Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 55, n. 7-8, p. 749-755, out. 2015.

MATTHEWS, J. I. *et al.* University students intend to eat better but lack coping self-efficacy and knowledge of dietary recommendations. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, v. 48, n. 1, p. 12-19, set. 2016.

MATIAS, C. N. *et al.* Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 2, p. 468-474, mar. 2016.

MATTHIE, J. R. Bioimpedance measurements of human body composition: critical analysis and outlook. **Expert Review of Medical Devices**, v. 5, n. 2, p. 239-261, mar. 2008.

MELCHIORRI, G. *et al.* Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 6, p. 21-35, jan. 2017.

MICHELI, M. L. *et al.* Bioimpedance and Impedance Vector Patterns as Predictors of League Level in Male Soccer Players. **International Journal of Sports Physiology & Performance**, v. 9, n. 3, p. 532-539, jun. 2014.

MINETT, M. M. *et al.* Changes in body composition and bone of female collegiate soccer players through the competitive season and off-season. **Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions**, v. 17, n. 1, p. 386, mar. 2017.

MOORE, F. D. **The body cell mass and its supporting environment: body composition in health and disease.** WB Saunders Co., 1963.

NESCOLARDE, L. *et al.* Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 36, n. 1, p. 27, jan. 2015.

NESCOLARDE, L. *et al.* Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological Measurement**, v. 34, n. 2, p. 237-245, fev. 2013.

NORMAN, K. *et al.* Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 854-861, dez. 2012.

PAROLIN, M. B.; IARA, J. Apoptosis as a mechanism of tissue injury in hepatobiliary diseases. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 38, n. 2, p. 138-144, abr/jun. 2001.

PASULKA, J. *et al.* Specialization patterns across various youth sports and relationship to injury risk. **The Physician and Sports Medicine**, v. 45, n. 3, p. 344-352, set. 2017.

PICCOLI, A. *et al.* Reference values of the bioelectrical impedance vector in neonates in the first week after birth. **Nutrition**, v. 18, n. 5, p. 383-387, maio. 2002.

PITTALUGA, M. *et al.* Cellular and biochemical parameters of exercise-induced oxidative stress: relationship with training levels. **Free Radical Research**, v. 40, n. 6, p. 607-614, jun. 2006.

PRENTICE, W. E. **Fisioterapia na prática esportiva.** AMGH Editora, 2009.

POLLASTRI, L. *et al.* Body Water Status and Short-term Maximal Power Output during a Multistage Road Bicycle Race (Giro d'Italia 2014). **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 04, p. 329-333, abr. 2016a.

POLLASTRI, L. *et al.* Body fluid status and physical demand during the Giro d'Italia. **Research in Sports Medicine**, v. 24, n. 1, p. 30-38, mar. 2016b.

ROSSI, L.; TIRAPÉGUI, J. Avaliação antropométrica de atletas de Karatê. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 3, p. 39-46, jan. 2008.

STAREPRAVO, F. A. *et al.* Esporte universitário brasileiro: uma leitura a partir de suas relações com o Estado. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 31, n. 3, p.131-148, maio. 2010.

STOBÄUS, N. *et al.* Determinants of bioelectrical phase angle in disease. **British Journal of Nutrition**, v. 107, n. 8, p. 1217-1220, abr. 2012.

TREXLER, E. T. *et al.* Longitudinal body composition changes in NCAA division I college football players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 1, p. 1-8, jan. 2017.

VECCHIO, M. *et al.* The Oxidative Stress Response in Elite Water Polo Players: Effects of Genetic Background. **BioMed Research International**, v. 2017, n. 1, p. 1-10, jul. 2017.

VEITIA, W. C. *et al.* Body composition analysis using bioelectrical parameters in the Cuban sporting population. **Archivos de Medicina**, v. 34, n. 4, p. 207-215, fev. 2017.

2 RESULTADOS

Os resultados da presente dissertação estão detalhados em forma de três artigos. De acordo com Norma 02/2008 do PPGEF/UFSC, um dos artigos que compõem a dissertação deve estar aceito para publicação, previamente à realização da defesa. Ainda, conforme a referida norma, os artigos devem ser compilados na língua portuguesa, mas nas normas de cada um dos periódicos submetidos.

O primeiro artigo, intitulado “Indicadores de integridade celular avaliados por bioimpedância elétrica: uma revisão sistemática de estudos com atletas” está em avaliação no periódico *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (Qualis/CAPES da área 21: B1). O segundo artigo, intitulado "Distribuição de fluidos e indicadores de integridade celular avaliados por impedância bioelétrica em atletas universitários: comparação entre esportes de equipe e individuais" trata do trabalho de campo e foi publicado no periódico *Physiological Measurement* (Qualis/CAPES da área 21: B1). O terceiro artigo intitulado “Análise de vetor da bioimpedância elétrica (BIVA) em atletas universitários” está submetido no periódico *International Journal of Performance Analysis in Sports* (Qualis/CAPES da área 21: A2).

2.1 ARTIGO I

INDICADORES DE SAÚDE E INTEGRIDADE CELULAR AVALIADOS PELA BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM ATLETAS ADULTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA

Resumo

Objetivo: Investigar os indicadores de saúde e integridade celular avaliados pela BIA em atletas. **Método:** A busca dos artigos foi realizada em dezembro de 2017, nas bases de dados Lilacs, Medline, Pubmed, Science Direct, Scielo, Scopus, SportDiscus e Web of Science. A busca sistemática seguiu os procedimentos da declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). **Resultados:** A busca totalizou 31 artigos (30 foram realizados com atletas profissionais e um com atletas universitários). Para os estudos longitudinais (n=15), os parâmetros bioelétricos diretamente associados à saúde e integridade celular foram à água extracelular (AEC), ângulo de fase (AF), análise de vetor da BIA (BIVA), dados brutos de reatância (X_c) e resistência (R) e a proporção de AEC para massa celular corporal (MCC). Em relação aos achados das análises transversais (n=16), os parâmetros investigados AEC, AF, BIVA, Z, MCC e AEC/MCC foram diretamente associados com o sexo, idade, nível de desempenho esportivo, modalidade e posição de jogo. **Conclusão:** Os indicadores de fluidos e de saúde celular investigados em atletas foram à ACT, AIC e a AEC, dados brutos (Z, X_c e R) e calculados como o AF, BIVA, MCC e a AEC/MCC.

1. Introdução

A saúde celular reflete a integridade das membranas celulares, ou seja, a capacidade das células em desempenhar funções necessárias à manutenção da vida, como o transporte de nutrientes aos diferentes tecidos corporais e a regeneração celular (Aires, 2012). As células são constituídas de água, íons, proteínas, lipídios e carboidratos (Guyton, Hall & Guyton, 2006), que podem ser estimados por diferentes métodos.

Dentre esses métodos tem-se a ativação de nêutrons, que mensura a quantidade de íons de cálcio, cloreto, fosfato e sódio presentes na água intra (AIC) e extracelular (AEC) (Heymsfield, 2005), e a diluição de isótopos de deutério e brometo, considerado método de referência na avaliação da água corporal total (ACT) (Matias et al., 2016). Embora, estes métodos sejam precisos, apresentam alto custo financeiro e necessitam de pessoal especializado. Desta forma, a bioimpedância elétrica (BIA), ganha espaço e aplicabilidade na prática clínica.

A BIA é um método rápido, não invasivo (Heymsfield, 2005; Lukaski, 2013), utilizado para estimar a composição corporal (Kyle et al., 2004), estado nutricional (Earthman, 2015; Norman et al., 2012) e saúde e integridade celular (Lukaski, Kyle & Kondrup, 2017). A técnica fornece diferentes parâmetros bioelétricos por meio de modelos matemáticos (Kyle et al., 2004), como a ACT, AIC e AEC, valores brutos de impedância (Z), reatância (X_c) e resistência (R), estimativas para o cálculo do ângulo de fase (AF), da análise de vetor da BIA (BIVA) (Norman et al., 2012), da massa celular corporal (MCC) e a proporção de AEC/MCC (Earthman, 2015). Estes parâmetros vêm sendo investigados como marcadores de saúde e integridade celular em diferentes populações (Lukaski, Kyle, Kondrup, 2017; Norman et al., 2012).

No contexto esportivo, devido às particularidades do esporte de rendimento, como a carga e o volume de treinamento, os atletas apresentam modificações na composição corporal (Heymsfield, 2005), que por sua vez podem alterar os parâmetros bioelétricos associados à saúde e integridade celular (Norman et al., 2015). O treinamento físico geralmente está associado à autorregulação dos sistemas endógenos de defesa e de reparação de antioxidantes (Heymsfield, 2005), explicando em partes porque os atletas podem apresentar menos dano celular do que indivíduos não atletas. Estudos demonstraram que indivíduos atletas, comparados aos não atletas apresentaram melhores condições de integridade celular (Andreoli et al., 2003; Lenka, Tomáš, 2015), avaliada por meio de parâmetros bioelétricos da BIA. Entretanto, também se encontra na literatura pesquisas que não observaram diferenças entre atletas e não atletas (Melchiorri et al., 2017) para os parâmetros investigados. Essas discrepâncias nos achados remete a necessidade de compilação das informações da literatura a respeito do tema. Até o presente momento não foi encontrado na literatura revisão sistemática sobre os parâmetros bioelétricos que são investigados em atletas e, por essa razão, um trabalho dessa natureza pode ser útil aos profissionais do esporte e da nutrição que trabalham com o alto rendimento. Desta forma,

o objetivo desta pesquisa foi investigar os indicadores de saúde e integridade celular avaliados pela BIA que são utilizados em atletas e apresentar o direcionamento dessas evidências.

2. Métodos

O presente estudo caracteriza-se como revisão sistemática, cuja síntese foi fundamentada em artigos científicos originais, que investigaram os indicadores de saúde e integridade celular, avaliados por meio da técnica da BIA em atletas universitários e profissionais. O método desta revisão seguiu os procedimentos da declaração *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). O protocolo para esta revisão sistemática foi registrado na International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO), sob o número: CRD42017082751, e está disponível na íntegra no site do programa (<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>).

Estratégias de busca

Previamente, foi realizado teste piloto para identificar as principais bases de dados e os termos mais adequados para a estratégia de busca. Procedimentos bibliométricos (Lei de *Bradford e Zipf*) foram utilizados. Em dezembro de 2017, oito bases de dados eletrônicas foram consultadas (*Lilacs, Medline, Pubmed, Science Direct, Scielo, Scopus, SportDiscus e Web of Science*). A busca foi realizada utilizando os operadores booleanos AND e OR, parênteses e aspas. O termo AND foi usado para agregar ao menos uma palavra de cada grupo. O termo OR foi utilizado para relacionar ao menos uma palavra de cada bloco. Os parênteses foram utilizados para combinar os termos de pesquisa por categorias do desfecho, técnica empregada e a população de interesse. As aspas foram utilizadas para procurar termos exatos ou expressões. Os descritores foram provenientes dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e do *Medical Subject Headings* (MeSH) e palavras-chave relacionadas com a temática.

Os grupos de descritores da estratégia de busca da pesquisa foram divididos em três blocos, sendo o bloco um, o desfecho de interesse – indicadores de saúde e integridade celular: (“*total body water*” OR “*intracellular water*” OR “*extracellular water*” OR “*body fluid*” OR “*intracellular fluid*” OR “*extracellular fluid*” OR “*body fluid compartments*” OR *dehydration* OR *hydration* OR “*fluid therapy*” OR “*phase angle*” OR “*interstitial fluid*” OR “*body cell mass*” OR “*cellular health*” OR “*cellular function*” OR “*cellular integrity*” OR “*impedance*”).

vector analysis” OR “*bioimpedance vector analysis*” OR *BIVA*). No segundo bloco foi inserido os descritores da técnica empregada - BIA: (“*electric impedance*” OR “*electric resistance*” OR “*bioelectrical impedance analysis*” OR “*multifrequency bioimpedance measurements*” OR “*bioelectrical impedance*” OR *BIA*). E no último bloco, a população de interesse - atletas: (*athletes* OR “*university athletes*” OR *players* OR “*sports team*” OR “*sports athletes*” OR *athletic* OR “*collegiate athletes*” OR “*varsity athletes*” OR “*college athletes*”).

Buscas manuais foram realizadas nas referências dos estudos inclusos e foi consultada a ferramenta *Google Scholar* com agrupamento de descritores, com o objetivo de identificar possíveis artigos não inseridos previamente.

Extração dos dados

Os dados extraídos das bases de dados foram exportados para o *software* gerenciador de referência Zotero®, versão 5.0 (Roy Rosenzweig Center for History and New Media, Fairfax, EUA). Após a extração, os dados duplicados foram excluídos. Os dados dos artigos elegíveis foram extraídos por dois revisores, de forma independente. Em caso de divergência, o terceiro revisor, foi consultado. Em planilha do Excel, versão 2016 (Microsoft®, Washington, EUA), foram extraídas as informações: autor(es), ano, local do estudo, população, faixa etária, e objetivo primário.

Critérios de seleção

Os critérios de seleção foram: 1) artigo original; 2) estudos que avaliaram atletas universitários e/ou profissionais na faixa etária de 18 a 59 anos de idade; 3) artigos que empregaram a técnica da BIA; 4) artigos em qualquer idioma. Artigos de revisão, monografias/dissertações/teses, resumos, capítulos de livros, ponto de vista/opinião de especialistas foram excluídos.

Avaliação da qualidade dos estudos

A qualidade metodológica foi realizada por dois revisores, de forma independente. Em caso de divergência, o terceiro revisor, foi consultado. Para a avaliação foi utilizada a ferramenta *Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies* - NHLBI, NIH (National Heart & Institute, 2014), que se baseou nos critérios da *Evidence-based Practice Centers* (AHRQ’s). A ferramenta contém 14

critérios em que a qualidade é determinada, incluindo se a população estudada foi claramente especificada e definida, se os avaliadores de resultados foram cegados e uma avaliação da taxa de participação. Os critérios foram classificados como sim, não pode ser determinado, não reportado ou não aplicável. Em seguida, uma classificação geral foi estabelecida em que para determinar o escore total, considerou-se a equação: $\text{Escore total} = \text{total de respostas positivas} / \text{total de questões consideradas para aquele estudo}$. Posteriormente o escore final foi classificado em: $\geq 0,70$ (baixo risco de viés); $< 0,70$ (moderado risco de viés); $< 0,50$ (elevado risco de viés). Tal classificação foi utilizada por Kent et al. (2017).

3. Resultados

De 1.985 artigos encontrados nas bases de dados, 1.609 foram mantidos para avaliação dos títulos e resumos. Considerando-se as perdas ($n=1.538$) por não apresentarem relação com o tema, 71 artigos foram lidos na íntegra. Deste montante, 12 artigos foram excluídos por estarem fora da faixa etária, quatro estudos foram excluídos porque realizaram comparações entre métodos, oito por não utilizar a bioimpedância para avaliação, seis eram resumos publicados em anais de evento, nove não eram atletas e dois estudos não foram localizados na íntegra após três tentativas de contato com os autores. Além disso, um estudo foi incluído após a leitura das referências. A síntese descritiva contou com a participação de 31 artigos originais (Figura 1).

Dos 31 estudos incluídos na presente revisão, 30 investigaram atletas profissionais e um estudo com atletas universitários (Tabela 1). No que diz respeito ao local de estudo, dos 31 artigos incluídos, 27 foram realizados no Continente Europeu, dois na América do Sul, um estudo na América do Norte e um na América Central (Tabela 1). Em relação ao delineamento do estudo, 15 foram pesquisas longitudinais (Tabela 1). Dos estudos com delineamento longitudinal, um estudo utilizou amostra de atletas de polo aquático, três de ciclistas, quatro com atletas de futebol e um estudo investigou atletas de karatê, triatlão e rugby (Tabela 1).

Das investigações transversais ($n=16$), cinco utilizaram diferentes modalidades para compor as amostras, quatro estudos investigaram atletas de voleibol, dois estudos com atletas de futebol e um de handebol, karatê, e atletas de pentatlo (Tabela 1). Dos 15 artigos provenientes de análises longitudinais, seis utilizaram a técnica da

bioimpedância multifrequencial, nove estudos utilizaram bioimpedâncias de única frequência. Dos 16 artigos transversais, dez empregaram a técnica da BIA multifrequencial e cinco utilizaram a BIA de única frequência (Tabela 2).

Dos estudos com delineamento longitudinal, dois estudos apresentaram grupo para comparação com/entre os atletas, sendo que estes compararam os atletas com indivíduos não atletas (Tabela 2). Das investigações transversais, 14 estudos apresentaram grupo para comparação com/entre os atletas. Desses estudos, três compararam atletas com indivíduos não atletas, seis compararam atletas de diferentes categorias e/ou modalidades ou posições de jogo, três estudos compararam atletas de diferentes faixas etárias e dois estudos compararam atletas de ambos os sexos (Tabela 2).

Água corporal total (ACT)

Em relação aos estudos longitudinais, sete (Bauduer et al., 2011; Coufalova et al., 2014; Gligoroska et al., 2016a; Lenka, Tomáš, 2015; Marra et al., 2014; Mala et al., 2010; Melchiorri et al., 2017) avaliaram a ACT em atletas profissionais, sendo que dois (Gligoroska et al., 2016a; Marra et al., 2014) não encontraram mudanças neste componente entre as avaliações. No entanto, os estudos de Mala et al. (2016) e Coufalova et al. (2014) encontraram que a ACT diminuiu após a redução da massa corporal e pós-competição, respectivamente. Outros dois estudos realizaram comparações entre grupos (Lenka, Tomáš, 2015; Melchiorri et al., 2017), sendo que o estudo de Melchiorri et al. (2017) não encontrou diferenças significativas entre atletas e indivíduos não atletas. O estudo de Lenka & Tomáš (2015) observou que os atletas apresentaram maiores concentrações de ACT, quando comparado aos não atletas.

Dos estudos provenientes de análises transversais, seis (Dopsaj et al., 2017; Gligoroska et al., 2016; Kasum; Dopsaj, 2012; Kutáč, Sigmund, 2017; Mala et al., 2010; Socha et al., 2017) investigaram a ACT. Um desses estudos encontrou que os atletas apresentaram maiores concentrações de ACT, comparado aos indivíduos não atletas (Kutáč, Sigmund, 2017), ou de maior nível de rendimento esportivo (Dopsaj et al., 2017). Por outro lado, outros estudos não encontraram diferenças entre atletas profissionais e não atletas (Socha et al., 2017), ou diferenças entre níveis de rendimento esportivo (Gligoroska et al., 2016), ou ainda entre atletas profissionais de diferentes faixas etárias (Mala et al., 2010). Ademais, um estudo identificou que 55% da composição corporal dos

atletas profissionais era composta por ACT (Kasum, Dopsaj, 2012) (Tabela 2).

Água intracelular (AIC)

Dos achados provenientes de pesquisas longitudinais, três (Coufalova et al., 2014; Gligoroska et al., 2016b; Lenka, Tomáš, 2015) investigaram a AIC dos atletas profissionais, sendo que um estudo não encontrou alterações na AIC ao longo do período de treinamento (Gligoroska et al., 2016b). Por outro lado, um estudo (Coufalova et al., 2014) encontrou redução da AIC no período pré-competição em relação ao período pós-competição. Ainda, no estudo de Lenka e Tomáš (2015) foi observado que os atletas apresentaram maiores quantidades de AIC comparado aos indivíduos não atletas.

Nas análises transversais, dois estudos investigaram AIC em atletas (Kutáč; Sigmund, 2017; Socha et al., 2017), e estes encontraram que os atletas tinham maiores quantidades de AIC, comparado aos indivíduos não atletas. Adicionalmente, ao comparar atletas profissionais com atletas amadores, Kutáč & Sigmund (2017) não encontraram diferenças na AIC.

Água extracelular (AEC)

Dos achados provenientes de estudos longitudinais, seis estudos (Bunc, Hrasky & Skalská, 2015; Coufalova et al., 2014; Gligoroska et al., 2016b; Lenka, Tomáš, 2015; Mala et al., 2016; Melchiorri et al., 2017) investigaram a AEC dos atletas profissionais. Um dos estudos (Gligoroska et al., 2016b) não observou mudanças antes e após o período preparatório para a competição. Outra pesquisa também não observou diferenças na AEC ao longo da temporada esportiva (Bunc, Hrasky & Skalská, 2015). Por outro lado, dois estudos (Coufalova et al., 2014; Lenka, Tomáš, 2015) identificaram redução da AEC no período pós-competição em relação ao momento pré-competição. E o estudo de Mala et al. (2016) observou redução da AEC após a redução da massa corporal. Ainda, um estudo comparou atletas profissionais com indivíduos não atletas e não observou diferenças significativas na AEC (Melchiorri et al., 2017) (Tabela 2).

Em relação aos estudos transversais verificou-se que três estudos investigaram a AEC (Cech et al., 2013; Mala et al., 2010; Maly et al., 2011). Um estudo (Cech et al., 2013) realizou comparações entre os sexos e identificou que o sexo masculino apresentou maiores concentrações deste parâmetro. Um estudo comparou duas equipes de diferentes países

e não encontrou diferenças na AEC (Maly et al., 2011). Por fim, o estudo de Mala et al. (2010) comparou equipes de diferentes faixas etárias e encontrou que as atletas mais velhas (19 anos) tinham maiores concentrações de AEC comparada as atletas mais novas (18 anos) (Tabela 2).

Ângulo de fase (AF)

Das investigações provenientes de estudos longitudinais, oito (Francavilla et al., 2015; Marra et al., 2016, 2014; Mala et al., 2016; Mascherini et al., 2015; Matias et al., 2015; Melchiorri et al., 2017; Nescolarde et al., 2013), investigaram o AF, sendo que dois estudos não encontraram diferenças significativas entre as avaliações e/ou entre grupos de atletas com indivíduos não atletas (Matias et al., 2015; Melchiorri et al., 2017). Por outro lado, seis estudos encontraram mudanças significativas no AF. Três desses estudos encontraram redução dos valores do AF durante e após o período de competição quando comparado ao período pré-competição (Mala et al., 2016; Marra et al., 2016, 2014). Um desses estudos encontrou redução dos valores do AF no final da temporada quando comparado ao início da temporada esportiva (Mascherini et al., 2015). Um estudo observou redução do AF após os atletas sofrerem lesões musculares (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013) e um encontrou redução nos valores de AF após os atletas reduzirem a massa corporal (Mala et al., 2016) (Tabela 2).

Em relação aos achados dos estudos transversais, verificou-se que cinco estudos (Koury, Trugo & Torres, 2014; Mala et al., 2015a; Maly et al., 2011; Micheli et al., 2014; Veitia et al., 2017) investigaram o AF. Um estudo encontrou que as atletas do sexo feminino apresentaram menores valores do AF, comparado aos atletas do sexo masculino (Veitia et al., 2017), outro estudo encontrou diferenças entre atletas de diferentes níveis de rendimento esportivo, em que os atletas de maior nível, apresentaram maiores valores do AF (Micheli et al., 2014). Outros estudos não identificaram diferenças no AF entre atletas de duas nacionalidades (Maly et al., 2011) e entre diferentes modalidades esportivas (Mala et al., 2015a), um estudo (Koury, Trugo & Torres, 2014) verificou associação inversa do AF com a idade (Tabela 2).

Análise de vetor da bioimpedância (BIVA)

No que se refere à análise de vetor da bioimpedância elétrica (BIVA), três estudos longitudinais (Mascherini et al., 2015; Pollastri et al., 2016a, 2016b) investigaram este parâmetro e estes estudos

encontraram encurtamento do vetor após o período de competição, que indica hiperhidratação, ou seja, excesso de água corporal nos tecidos moles do corpo. Nos estudos provenientes de análises transversais, dois estudos investigaram a BIVA, sendo que Micheli et al. (2014), identificaram que o vetor da BIVA dos atletas com maior nível de desempenho mostrou mudança para a esquerda, comparado aos atletas de menor desempenho esportivo, que indica estado de hidratação adequado. O estudo de Veitia et al. (2017) identificou elipses da BIVA maiores nas atletas do sexo feminino comparado aos atletas do sexo masculino. Elipses maiores refletem maiores quantidades de gordura corporal (Tabela 2).

Impedância (Z), reatância (Xc) e resistência (R)

No que diz respeito aos estudos longitudinais nenhum estudo incluso na presente revisão investigou o parâmetro de Z. Três estudos exploraram a Xc (Francavilla et al., 2015; Mala et al., 2016; Nescolarde et al., 2013), sendo que o estudo de Mala et al. (2016) observou aumento da Xc após a redução da massa corporal e dois estudos observaram que a Xc diminuiu após os atletas sofrerem lesão muscular (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013). Três pesquisas longitudinais investigaram a R (Francavilla et al., 2015; Mala et al., 2016; Nescolarde et al., 2013), sendo que um estudo observou queda deste parâmetro após a redução da massa corporal (Mala et al., 2016) e dois estudos observaram que a R diminuiu após os atletas sofrerem lesão muscular (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013) (Tabela 2).

Com delineamento transversal, um estudo apresentou dados de Z (Veitia et al., 2017), e não foi observada diferenças significativas entre os sexos. Em relação a Xc, dois estudos (Lukaski et al., 1990; Veitia et al., 2017) investigaram esse parâmetro. Um deles (Veitia et al., 2017) encontrou que as atletas do sexo feminino apresentaram menores valores de Xc comparado ao masculino. No entanto, outro estudo (Lukaski et al., 1990) observou que as atletas do sexo feminino apresentaram maiores valores de Xc comparado ao sexo oposto. Duas pesquisas transversais (Lukaski et al., 1990; Veitia et al., 2017) investigaram o parâmetro R e observaram associações distintas, sendo que um estudo encontrou que as atletas profissionais do sexo feminino apresentaram maiores valores de R, comparado ao sexo masculino (Veitia et al., 2017). Por outro lado, o estudo de Lukaski et al. (1990) encontrou que as atletas do sexo feminino apresentaram menores valores de R comparado aos atletas do sexo masculino (Tabela 2).

Massa celular corporal (MCC)

Das análises longitudinais, dois estudos (Coufalova et al., 2014; Mala et al., 2014), investigaram a MCC, sendo que um estudo (Marra et al., 2014) não observou alterações significativas neste parâmetro ao longo da temporada esportiva. Outro estudo (Coufalova et al., 2014) observou redução da MCC pós-competição em atletas profissionais.

Em relação aos achados dos estudos transversais, três estudos (Andreoli et al., 2003; Maly et al., 2011; Micheli et al., 2014), investigaram a MCC, sendo que o estudo de Andreoli et al. (2003) comparou atletas de diferentes modalidades com um grupo controle e encontrou que os atletas tinham maiores quantidades de MCC, outro estudo (Micheli et al., 2014), identificou que os atletas de maior nível de desempenho apresentaram maiores concentrações de MCC, comparado aos atletas de menor nível (Micheli et al., 2014) e um estudo não encontrou diferenças entre duas equipes de nacionalidades distintas (Maly et al., 2011).

Água extracelular / massa celular corporal (AEC/MCC)

No que diz respeito à investigação da AEC/MCC, um estudo longitudinal (Bunc, Hrasky & Skalská, 2015) investigou este parâmetro. Os autores encontraram que no meio da temporada esportiva houve aumento da AEC/MCC, comparado ao momento pré e pós-temporada (Bunc; Hrasky & Skalská, 2015).

Dos achados dos estudos transversais, três investigaram a AEC/MCC (Cech et al., 2015; Mala et al., 2015a; Maly et al., 2011), sendo que dois não encontraram diferenças significativas de acordo com o sexo (Mala et al., 2015a) e nacionalidade (Maly et al., 2011). Por outro lado, o estudo de Cech et al. (2015) observou que o sexo masculino apresentou maiores valores da AEC/MCC comparado as atletas do sexo feminino.

Qualidade metodológica dos estudos

Em relação à qualidade metodológica dos estudos investigados, verificou-se que dos 15 estudos longitudinais inclusos na presente revisão, dois apresentaram baixo risco de viés (Mascherini et al., 2015; Matias et al., 2015) e 13 apresentaram moderado risco de viés (Bauduer et al., 2011; Bunc, Hráský & Skalská, 2015; Coufalova et al., 2014; Francavilla et al., 2015; Gligoroska et al., 2016a; Lenka, Tomáš, 2015; Mala et al., 2016; Marra et al., 2016, 2014; Melchiorri et al., 2017; Nescolarde et al., 2013; Pollastri et al., 2016a; 2016b) (Tabela 3).

Dos 16 estudos transversais incluídos na presente revisão, dois apresentaram baixo risco de viés (Dopsaj et al., 2017; Veitia et al., 2017), nove estudos apresentaram moderado risco de viés (Cech et al., 2013; Kasum, Dopsaj, 2012; Koury, Trugo & Torres, 2014, Kutáč, Sigmund, 2017; Mala et al., 2015a, 2015b; Maly et al., 2011; Micheli et al., 2014; Socha et al., 2017) e cinco apresentaram elevado risco de viés (Andreoli et al., 2003; Gligoroska et al., 2016b; Lukaski et al., 1990; Mala et al., 2010; Melchiorri et al., 2007) (Tabela 3).

4. Discussão

Diferentes parâmetros bioelétricos associados à integridade celular foram investigados em atletas (R, Xc, Z, ACT, AIC, AEC, AF, BIVA, MCC, AEC/MCC). A técnica da BIA tem sido amplamente utilizada no contexto esportivo, devido à praticidade, precisão e a gama de medidas fornecidas que podem indicar desde aspectos relacionados à saúde celular, até medidas de desempenho (Matias et al., 2015). A técnica da BIA é segura, não invasiva, rápida e de baixo custo, além de apresentar opções portáteis (Kyle et al., 2004). A variabilidade de modelos e a frequência emitida pelos instrumentos são recorrentes a técnica. No que diz respeito à frequência, diferentes estudos incluídos na presente revisão utilizaram bioimpedâncias multifrequenciais, que permitem a estimativa da ACT em AIC e AEC, pois penetram nas membranas celulares (Mialich, Sicchieri & Junior, 2014). Apesar de equipamentos multifrequenciais demonstrarem maior validade concorrente comparado aos aparelhos de única frequência, muitas pesquisas utilizaram instrumentos monofrequenciais no presente estudo (n=13), devido à ampla opção de equações construídas com a frequência de 50 kHz (Kyle et al., 2015).

Os estudos longitudinais inclusos na presente revisão, apresentaram tempo de seguimento variados, sendo o mínimo de cinco dias (Coufalova et al., 2014), para identificar mudanças nos parâmetros bioelétricos devido à perda de massa corporal e, no máximo um ano, ao longo de uma temporada esportiva (Bunc et al., 2011; Mascherini et al., 2015; Melchiorri et al., 2017). Em relação ao número de avaliações de BIA realizadas, a média foi de 3,28 avaliações por estudo. No que diz respeito aos grupos de comparação, os estudos compararam atletas profissionais com indivíduos não atletas (Lenka, Tomáš, 2015; Melchiorri et al., 2017).

Os estudos de análises transversais apresentaram grande variabilidade de grupos de comparação para identificar os parâmetros bioelétricos mensurados pela BIA. Grande parte das pesquisas compararam atletas com indivíduos não atletas (Kutáč, Sigmund, 2017; Socha et al., 2017), porém foram encontradas comparações também em relação nível de desempenho esportivo (Dopsaj et al., 2017; Koury, Trugo & Torres, 2014; Micheli et al., 2014) ao sexo (Lukaski et al., 1990; Veitia et al., 2017), idade (Gligoroska et al., 2016b), posição de jogo (Mala et al., 2015a; Melchiorri et al., 2007), e ainda entre modalidades esportivas (Mala et al., 2015b).

Os resultados dos estudos longitudinais incluídos na presente revisão, em respeito da ACT de atletas divergiram, sendo que estudos encontraram diminuição deste parâmetro ao longo do seguimento (Coufalova et al., 2014; Mala et al., 2016) e outros estudos não observaram mudanças significativas (Gligoroska et al., 2016a; Marra et al., 2014). A diferença entre os achados pode ser explicada pelos diferentes momentos de avaliação, além das características específicas de cada modalidade, uma vez que os estudos investigaram diferentes modalidades esportivas (karatê, judô, ciclismo, polo aquático e triátlon). Em relação às análises transversais, foi observada discrepância dos resultados encontrados, em que estudos observaram maiores concentrações de ACT em atletas, comparado aos indivíduos não atletas (Kutáč, Sigmund, 2017), ou ainda em atletas de maior rendimento esportivo (Dopsaj et al., 2017). Por outro lado, outros estudos não observaram tais diferenças (Gligoroska et al., 2016b; Socha et al., 2017). A carência e a heterogeneidade das pesquisas dificultam a comparação e o direcionamento das evidências. No entanto, grande parte dos estudos justificou a importância de avaliar da ACT em atletas, visto que este parâmetro pode indicar o estado de hidratação, além de estar associado à quantidade de massa muscular e a saúde celular, o que pode afetar o desempenho (Melchiorri et al., 2017).

No que diz respeito às análises longitudinais que investigaram a AIC, os resultados não apresentaram único direcionamento das evidências, em que um estudo não encontrou alterações na AIC durante as avaliações (Gligoroska et al., 2016b), entretanto, outro estudo encontrou diminuição da AIC no período pré-competição em relação ao período pós-competição (Coufalova et al., 2014). A inconsistência das descobertas pode estar relacionada ao tempo de seguimento dos estudos, visto que o estudo de Coufalova et al. (2014) acompanhou os atletas por cinco dias e realizou duas avaliações. Por outro lado, o estudo de

Gligoroska et al. (2016a) seguiu os atletas por três meses. As mudanças na AIC podem ser perceptíveis em pequeno período de tempo, como após a perda de massa corporal para competição esportiva (Matias et al., 2016), mas pode não apresentar mudanças em longo prazo a depender do tipo de treinamento e estado de hidratação atual do atleta no momento da avaliação (Matias et al., 2016). A redução da AIC é prejudicial aos atletas, pois foi diretamente associada à perda de força e potência (Matias et al., 2015) e está associada a diminuição da MCC (Mialich, Sicchieri & Junior, 2014). Ademais, um estudo longitudinal (Lenka, Tomáš, 2015), observou que os atletas apresentaram maiores quantidades de AIC, comparado aos indivíduos não atletas. Estes resultados foram em oposição ao achado da análise transversal (Kutáč, Sigmund, 2017), que comparou atletas profissionais com atletas amadores e não observaram diferenças na AIC (Kutáč, Sigmund, 2017).

Dos achados provenientes de análises longitudinais houve direcionamento das evidências para a redução da AEC após a redução da massa corporal (Mala et al., 2016) ou pós-competição em atletas profissionais (Coufalova et al., 2014; Lenka, Tomáš, 2015). Os resultados dos estudos transversais demonstraram que o sexo (masculino) e a idade (mais avançada) apresentaram maiores quantidades de AEC, comparado às atletas do sexo feminino e atletas mais jovens, respectivamente (Cech et al., 2013; Mala et al., 2010). Apesar da carência de estudos que objetivaram investigar a AEC de atletas, este parâmetro pode fornecer importantes informações, pois está inversamente associada a grandes quantidades de membranas celulares intactas e de massa muscular esquelética (Matias et al., 2015).

Os resultados dos estudos longitudinais incluídos na presente revisão, em respeito do AF fornecem evidências da redução deste parâmetro após o período de competição e lesão muscular. Estes achados demonstram que o AF está associado à integridade celular dos atletas (Veitia et al., 2017). Durante as competições esportivas os atletas são submetidos ao estresse máximo e a sobrecarga de treinamento. Além disso, lesões musculares podem ocasionar dano ou morte das células, ocasionando diminuição do AF (Coufalova et al., 2014). Os estudos provenientes de análises transversais realizaram comparações entre os sexos, diferentes níveis de desempenho e modalidades esportivas. Em relação ao sexo, foi observado que as atletas do sexo feminino apresentaram menores valores do AF, comparado aos atletas do sexo masculino (Veitia et al., 2017). Possível explicação para estes achados reside no fato de que o AF está diretamente associado à quantidade de

massa muscular e inversamente com a gordura corporal (Baumgartner, Chumlea & Roche, 1988). As atletas do sexo feminino geralmente apresentam maiores concentrações de gordura corporal, quando comparado aos atletas do sexo masculino (Heyward & Stolarczyk, 2000), portanto, podem apresentar menores valores do AF. Em respeito das comparações entre níveis esportivos, foi observado que quanto maior o nível de desempenho do atleta, maior o AF (Micheli et al., 2014). Em relação às comparações entre modalidades esportivas, não foi observada diferença entre os grupos (Mala et al., 2015a).

Os achados provenientes de estudos longitudinais em respeito à análise da BIVA foram conclusivos, em que foi observado encurtamento do vetor da BIVA nos atletas após o período de competição esportiva (Mascherini et al., 2015; Pollastri et al., 2016a, 2016b). O encurtamento do vetor pode indicar hiperhidratação, ou seja, excesso de água corporal nos tecidos moles do corpo, uma vez que o comprimento do vetor está inversamente relacionado a ACT (Carrasco-Marginet et al., 2017). Em relação aos resultados de estudos transversais, os estudos compararam atletas de diferentes níveis esportivos e entre os sexos. Os resultados indicam que atletas de maior nível esportivo apresentaram mudanças do vetor da BIVA para a esquerda (Micheli et al., 2014), que indica estado de hidratação adequado (Picolli et al., 1994), e que as atletas do sexo feminino apresentaram maiores elipses do vetor, comparado aos atletas do sexo masculino (Veitia et al., 2017). Elipses maiores refletem maiores quantidades de gordura corporal (Carrasco-Marginet et al., 2017).

Para o parâmetro bioelétrico Z não foram encontrados estudos longitudinais. Para as evidências transversais, um estudo investigou a Z comparando os sexos, e não foi observada diferença entre os grupos (Veitia et al., 2017). A carência de estudos que objetivaram analisar a Z em atletas pode ser explicada por pouca aplicação deste parâmetro isolado no contexto esportivo. O parâmetro Z pode ser compreendido como a oposição da tensão à corrente elétrica (Kyle et al., 2004). Dos achados de estudos longitudinais em respeito da Xc de atletas profissionais observou-se que houve redução da Xc após lesão muscular (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013) ou redução da massa corporal (Mala et al., 2016). A Xc é a propriedade de armazenar energia elétrica sob a forma de campo eletrostático, em modos práticos a Xc reflete a permeabilidade das membranas celulares, portanto, correlaciona-se diretamente com a MCC, que é indicativo de integridade e saúde celular (Marini et al., 2013).

Dos resultados de estudos transversais, dois estudos investigaram a Xc, um em atletas (Veitia et al., 2017), em que foi observado que as

atletas do sexo feminino apresentaram menores valores de X_c , e outro estudo em que a associação foi oposta, ou seja, as atletas do sexo feminino apresentaram maiores valores de X_c (Lukaski et al., 1990). A X_c está diretamente associada ao conteúdo intracelular (Gatterer et al., 2014), que por sua vez apresenta associação direta com a massa muscular, portanto, as diferenças encontradas entre os estudos em relação ao sexo podem residir na composição corporal dos atletas investigados. Ambos os estudos (Lukaski et al., 1990; Veitia et al., 2017) investigaram atletas de diferentes modalidades, o que proporciona elevada heterogeneidade da amostra.

Em relação ao parâmetro R , as evidências de estudos longitudinais indicaram que este reduziu após a perda de massa corporal (Mala et al., 2016) e após os atletas sofrerem de lesões musculares (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013). Dos resultados de estudos transversais, dois estudos investigaram a R , um (Veitia et al., 2017), em que foi observado que as atletas do sexo feminino apresentaram menores valores de R , e outro em que a associação foi oposta (Lukaski et al., 1990). Os valores de R aumentam quando a concentração de íons diminui, a viscosidade dos fluidos corporais e a estatura do indivíduo são maiores, ou quando o diâmetro do corpo é menor (Lukaski, 1996). Portanto, os valores de R são influenciados diretamente pela composição corporal do indivíduo. Possível explicação para as diferenças encontradas pode residir na quantidade de massa muscular e de massa gorda dos atletas investigados, em ambos os estudos.

Dos achados provenientes de análises longitudinais não houve direcionamento das evidências em respeito da MCC em atletas profissionais, sendo que um estudo não observou diferenças neste parâmetro ao longo da competição (Mala et al., 2014), no entanto, outro estudo observou redução da MCC em atletas profissionais (Coufalova et al., 2014). Em relação aos achados de análises transversais, foram realizadas comparações de acordo com o nível de desempenho do atleta, em que foi observada maior MCC nos atletas de maior nível de desempenho, comparado aos atletas de menor rendimento esportivo (Micheli et al., 2014), ou ainda entre atletas e não atletas, em que foi encontrada maior MCC nos atletas (Andreoli et al., 2003). A MCC é o componente metabolicamente ativo da massa sem gordura do corpo, utilizada para avaliar o estado nutricional, além de ser um dos parâmetros associados à saúde e integridade celular. A MCC maior em atletas pode indicar melhor função celular (Andreoli et al., 2003). O aumento das fibras musculares devido a hipertrofia, ocasionada pela alta carga de

treinamento dos atletas diminui os valores de R (Micheli et al., 2014), pois a massa muscular é um excelente condutor de corrente elétrica. Como a R está diretamente associada a MCC, os atletas podem apresentar maiores concentrações deste parâmetro.

No que diz respeito à investigação da AEC/MMC, um estudo de análise longitudinal investigou este parâmetro, em que se identificou que no meio da temporada esportiva houve aumento da AEC/MCC, comparado ao momento pré e pós-temporada esportiva. A maior concentração de AEC em relação a MCC está associada à retenção de água corporal nos espaços extracelulares, formando edemas que pode refletir dano ou morte celular (Earthman, 2015). Das análises transversais, os resultados foram distintos em relação à AEC/MCC de atletas ao fazer comparações de acordo com o sexo. Estudo observou que os atletas do sexo masculino apresentaram maiores valores de AEC/MCC, comparada às atletas do sexo feminino (Cech et al., 2013), embora outro estudo não encontrou nenhuma diferença (Mala et al., 2015a).

A presente revisão apresenta limitações como a heterogeneidade dos estudos incluídos, pois os diferentes objetivos e métodos empregados dificultam a comparação dos estudos. Além disso, apenas um estudo investigou atletas universitários, o que demonstra a falta de evidência para todos os grupos de atletas adultos. Ainda, estudos (Marra et al., 2014; Mascherini et al., 2015, Pollastri et al., 2016a) informaram em seus objetivos que alguns parâmetros bioelétricos seriam objeto de investigação, porém não apresentaram resultados dos mesmos. Contudo, aspectos positivos desta revisão devem ser elencados, como o número elevado de estudos investigados desde a seleção inicial até a inclusão final. O grande número de bases de dados incluídas na busca sistemática de informações é aspecto positivo desta revisão. Ainda, a avaliação do risco de viés dos estudos inclusos também é considerada ponto forte.

Para os estudos provenientes de análises longitudinais, pode-se concluir que os parâmetros bioelétricos diretamente associados à integridade celular investigados em atletas foram a AEC, AF, análise da BIVA, Xc, R e AEC/MCC. Em relação aos achados transversais os parâmetros investigados AEC, AF, BIVA, Z, MCC e AEC/MCC foram diretamente associados ao sexo, idade, nível de desempenho esportivo, modalidade e posição de jogo.

Referências

Aires, M.M. 2012. Fisiologia. In: Fisiologia.

Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., De Lorenzo, A. 2003. Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol.* 40 (1), s122-s125.

Bauduer, F., Monchaux, C., Burtin, M.L., Dubroca, B., Mathieu, J.P. 2011. Déséquilibres biochimiques, déshydratation, récupération et rugby professionnel—données du suivi longitudinal de la Ligue nationale de rugby et de l'exploration par bioimpédance multifréquence. *Sci. Sports.* 26 (1), 19-24.

Baumgartner, R.N., Chumlea, W., Roche, A.F. 1998. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 48 (1), 16-23.

Bunc, V., Hrasky, P., Skalská, M. 2015. Changes in body composition, during the season, in highly trained soccer players. *Open Sports Sci. J.* 8 (1), 18-24.

Carrasco-Marginet, M., Castizo-Olier, J., Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Rodríguez, F.A., Chaverri, D., Irurtia, A. 2017. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *Plos One* 12 (6), e0178819.

Cech, P., Maly, T., Mala, L., Zahalka, F. 2013. Body composition of elite youth pentathletes and its gender differences. *Sports Sci.* 6 (2), 29-35.

Coufalova, K., Cochrane D.J., Maly, T., Heller, J. 2014. Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. *Arch. Budo Sci.* 10 (1), 161-168.

Dopsaj, M., Valdevit, Z., Ilic, D., Pavilovic, L., Petronijevic, M. 2017. Body Structure Profiles of R. of Serbia's Senior Handballers from Different Competitive Levels as Measured by the Multichannel Bioelectric Impedance Method. *FU. Phys. Ed. Sport* 15 (1), 49-61.

Earthman, C.P. 2015. Body composition tools for assessment of adult malnutrition at the bedside. *JPEN*. 39 (7), 787-822.

Francavilla, V.C., Bongiovanni, T., Genovesi, F., Minafra, P., Francavilla, G. 2015. Localized bioelectrical impedance analysis: how useful is it in the follow-up of muscle injury? A case report. *Med. Sport* 68 (2), 323-334.

Gatterer, H., Schenk, K., Laninschegg, L., Schlemmer, P., Lukaski, H., Burtscher, M. 2014. Bioimpedance identifies body fluid loss after exercise in the heat: a pilot study with body cooling. *Plos One* 9 (10), e109729.

Gligoroska, J.P., Todorovska, L., Mancevska, S., Karagjozova, I., Petrovska, S. 2016a. Bioelectrical Impedance Analysis in Karate Athletes: BIA Parameters Obtained with Inbody720 Regarding the Age. *Res. Phy. Ed. Sport Health* 5 (2), 117-121.

Gligoroska, J.P., Manchevska, S., Matveeva, N., Sivevska, E., Kostovski, Z. 2016b. Bioelectrical Impedance Analysis of Body Composition in Karate Athletes Regarding the Preparatory Period. *Sports Sci Health* 6 (2), 81-86.

Guyton, A., Hall, J.E., Guyton, A. C. 2006. *Tratado de Fisiologia Médica*. Elsevier Brasil.

Heymsfield, S. 2005. *Human Body Composition*. Human Kinetics.

Heyward, V.H., Stolarczyk, L.M. 2000. *Avaliação da composição corporal aplicada*. Manole, Brasil.

Kasum, G., Dopsaj, M. 2012. Descriptive Profile of Body Structure of Top Greco-Roman Style Wrestlers Defined with Method of Multichannel Bioelectric Impedance. *SportLogia* 8 (2), 213-228.

Kent, S., Fusco, F., Gray, A., Jebb, S.A., Cairns, B.J., Mihaylova, B. 2017. Body mass index and healthcare costs: a systematic literature review of individual participant data studies. *Obes Rev*. 18 (8), 869-879.

Koury, J.C., Trugo, N.M.F., Torres, A.G. 2014. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *International J. Sports Phy. Perform.* 9 (5), 798-804.

Kutáč, P., Sigmund, M. Assessment of body composition of female volleyball players of various performance levels. *J. Phys Edu. Sport* 17 (2), 556-562, 2017.

Kyle, U.G., Earthman, C. P., Pichard, C., Coss-Bu, J.A. 2015. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *Eur. J. of Clin. Nutr.* 69 (12), 1298.

Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Scharfetter, H. 2004. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.* 23 (5), 1226-1243.

Lenka, K. Tomáš, H. 2015. Water balance changes associated with performance level in the Half Ironman. *J. Phys Edu. Sport* 15 (1), 466–471.

Lukaski, H.C., Kyle, U.G., Kondrup, J. 2017. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 20 (5), 330-339.

Lukaski, H.C. 2013. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur. J Clin Nutr.* 67 (S1), 2-9.

Lukaski, H.C., Bolonchuk, W.W., Siders, W.A., Hall, CB. 1990. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 30 (4), 434-440.

Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Dragijsky, M. 2016. Changes in body composition due to weight reduction by elite youth judo athletes in short period pre-competition. *Arch. Budo Sci. Martial Arts Ex. Sports* 12 (1), 197-203.

- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., Tuma, M. 2015a. Body composition of elite female players in five different sports games. *J. Hum. Kinet.* 45 (1), 207-215.
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Hrasky, P. 2015b. Body composition of elite youth soccer players with respect to field position. *J. Phys. Edu. Sport* 15 (4), 678.
- Mala, L., Maly, T., Záhalka, F., Bunc, V. 2010. The profile and comparison of body composition of elite female volleyball players. *Kinesiology* 42 (1), 90-97.
- Malý, T., Malá, L., Zahálka, F., Baláš, J., Čada, M. 2011. Comparison of body composition between two elite women's volleyball teams. *Acta Gym.* 41 (1), 15-22.
- Marra, M., Da Prat, B., Montagnese, C., Caldara, A., Sammarco, R., Pasanisi, F., Corsetti, R. 2016. Segmental bioimpedance analysis in professional cyclists during a three week stage race. *Physiol. Meas.* 37 (7), 1035.
- Marra, M., Da Prat, B., Montagnese, C., Sgroi, M., Sicilia, G., Caldara, A., Corsetti, R. 2014. Body composition changes in professional cyclists during the 2011 Giro d'Italia, a 3-week stage race. *Nutr. Therapy Metab.* 32 (1), 31-34.
- Marini, E., Sergi, G., Succa, V., Saragat, B., Sarti, S., Coin, A., Buffa, R. 2013. Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J. Nutr. Health & Aging* 17 (6), 515-521.
- Mascherini, G., Gatterer, H., Lukaski, H., Burtscher, M., & Galanti, G. 2015. Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 55 (1), 749-755.
- Matias, C.N., Santos, D.A., Júdice, P.B., Magalhães, J. P., Minderico, C.S., Fields, D.A., Silva, A.M. 2016. Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models. *Clin. Nutr.* 35 (2), 468-474.

Matias, C.N., Monteiro, C.P., Santos, D.A., Martins, F., Silva, A.M., Lares, M.J., Sardinha, L. B. 2015. Magnesium and phase angle: a prognostic tool for monitoring cellular integrity in judo athletes. *Magnesium Res.* 28 (3), 92-98.

Melchiorri, G., Viero, V., Sorge, R., Triossi, T., Campagna, A., Volpe, S., Andreoli, A. 2017. Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 47 (1), 1-9.

Melchiorri, G., Monteleone, G., Andreoli, A., Calla, C., Sgroi, M., De Lorenzo, A. 2007. Body cell mass measured by bioelectrical impedance spectroscopy in professional football (soccer) players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 47 (4), 408.

Micheli, M.L., Pagani, L., Marella, M., Gulisano, M., Piccoli, A., Angelini, F., Gatterer, H. 2014. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *IJSPP.* 9 (3), 532-539.

Mialich, M.S., Sicchieri, J.M., F., Junior, A.A.J. 2014. Analysis of body composition: a critical review of the use of Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes bioelectrical impedance analysis. *Int. J. Clin. Nutr.* 2 (1), 1-10.

Nescolarde, L., Yanguas, J., Lukaski, H., Alomar, X., Rosell-Ferrer, J., Rodas, G. 2013. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Phys. Meas.* 34 (2), 237.

Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., Bony-Westphal, A. 2012. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin. Nutr.* 31 (6), 854-861.

Norman, K., Wirth, R., Neubauer, M., Eckardt, R., & Stobäus, N. 2015. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. *JAMDA.* 16 (2), 173-e17.

Piccoli, A., Rossi, B., Pillon, L., & Bucciante, G. 1994. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int.* 46 (2), 534-539.

Pollastri, L., Lanfranconi, F., Tredici, G., Burtscher, M., & Gatterer, H. 2016a. Body water status and short-term maximal power output during a multistage road bicycle race (Giro d'Italia 2014). *Int. J. Sports Med.* 37 (4), 329-333.

Pollastri, L., Lanfranconi, F., Tredici, G., Schenk, K., Burtscher, M., & Gatterer, H. 2016b. Body fluid status and physical demand during the Giro d'Italia. *Res. Sports Med.* 24 (1), 30-38.

Socha, M., Witkowski, K., Jonak, W., Sobleck, K.A. 2017. Body composition and selected anthropometric traits of elite Polish female judokas in relation to the performance of right-dominant, left-dominant, or symmetrical judo techniques in vertical posture (tachi waza). *Arch. Budo* 12 (1), 257-265.

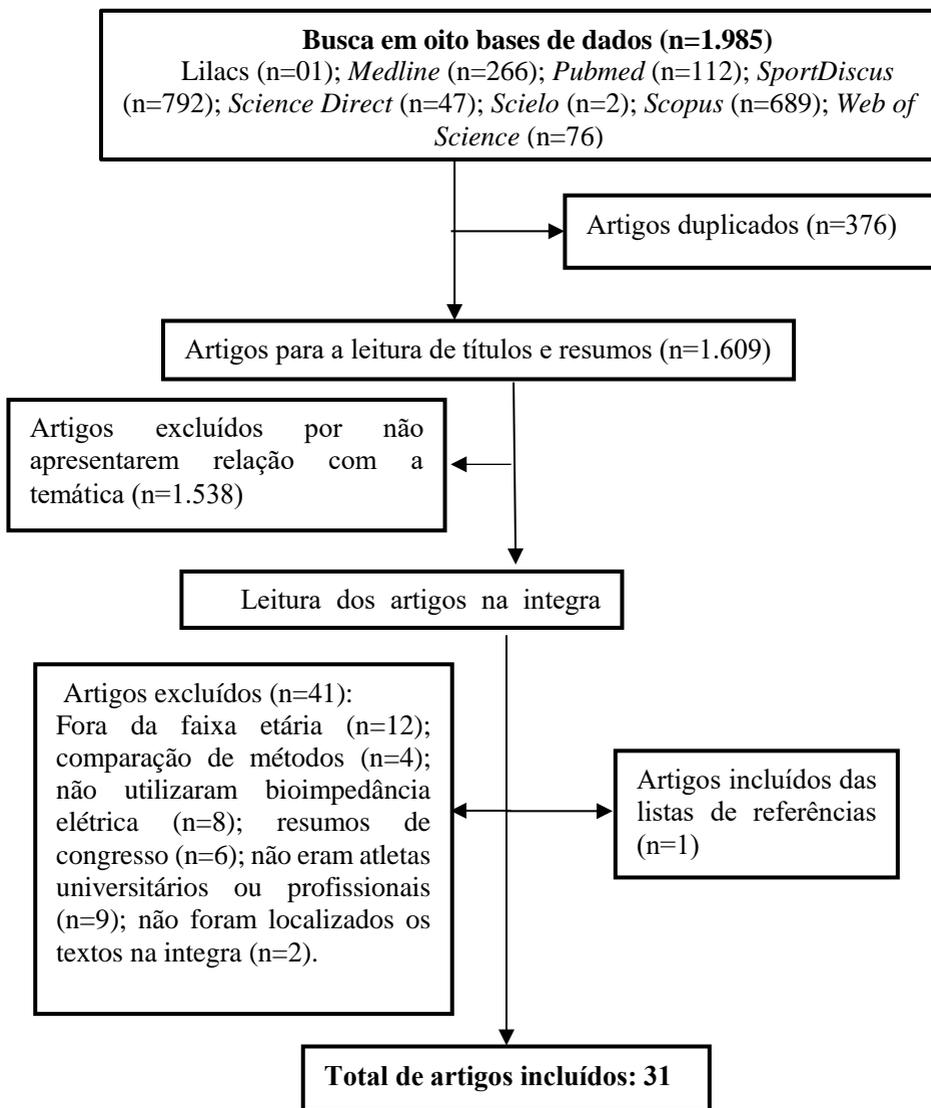


Figura 1. Fluxograma sobre a busca e seleção dos artigos incluídos na revisão.

Tabela 1. Características descritivas dos estudos incluídos (n=31).

Referência	Local	População	Idade [média (±dp)]	Parâmetros bioelétricos investigados
Estudos longitudinais (n=15)				
Melchiorri et al., 2017	Italia	21 atletas profissionais do polo aquático	22,77 (±4,5)	ACT, AIC, AEC, AF, MCC
Pollastri et al., 2016a	Italia	Nove ciclistas profissionais	28,2 (±4,7)	BIVA, AF
Gligoroska et al., 2016a	República da Macedónia	11 atletas de karatê profissionais	21,8 (±3,8)	ACT, AIC, AEC
Pollastri et al., 2016b	Italia	Oito ciclistas profissionais	28,8 (±4,7)	AF, MCC, BIVA
Marra et al., 2016	Italia	Nove ciclistas profissionais	28,8 (±3,5)	AF
Mala et al., 2016	República Tcheca	10 judocas profissionais	22,1 (±2,8)	R, Xc, ACT, AIC, AEC, BIVA, AF, MCC, AEC/MCC
Matias et al., 2015	Portugal	20 judocas profissionais	22,9 (±2,9)	AF
Mascherini et al., 2015	Italia	18 atletas de futebol profissional	21,8 (±3,0)	R, Xc, AIC, BIVA, AF, MCC
Lenka; Tomáš, 2015	República Tcheca	16 triatletas profissionais	32,75 (±6,8)	ACT, AIC, AEC
Francavilla et al., 2015	Italia	Dois atletas de futebol profissional	24,0 anos (ambos)	R, Xc, AF
Bunc; Hráský; Skalák, 2015	República Tcheca	45 atletas de futebol profissional	21,9 (±3,1)	AEC, MCC, AEC/MCC
Marra et al., 2014	Italia	Nove ciclistas profissionais	26,7 (±2,5)	ACT, AF, MCC
Čoufalova et al., 2014	República Tcheca	Nove judocas profissionais	22,3 (±2,4)	ACT, AIC, AEC, MCC

Nescolarde et al., 2013	Argentina	Três atletas de futebol profissional	19, 21 e 26 anos	R, Xc, AF
Bauduer et al., 2011	França	52 atletas de rugby profissional	26,7 anos ($\pm 3,2$)	ACT, AIC
Estudos transversais (n=16)				
Veitia et al., 2017	Cuba	943 atletas profissionais de 26 modalidades esportivas	22,75 ($\pm 4,1$)	R, Xc, Z, BIVA, AF
Socha et al., 2017	Polónia	25 atletas do voleibol profissional	20,2 ($\pm 3,1$)	ACT, AIC, AEC, MCC
Kutiáč, Sigmund, 2017	Roménia	39 atletas do voleibol profissional	23,4 ($\pm 2,8$)	ACT, AIC, AEC, MCC
Dopsaj et al., 2017	Sérvia	94 atletas de handebol profissional	23,8 ($\pm 4,8$)	ACT
Glitgorška et al., 2016b	República da Macedónia	21 atletas de karatê profissionais	19,4 ($\pm 1,5$)	ACT, AIC, AEC
Maia et al., 2015a	República Tcheca	73 atletas de futebol profissional	18,3 ($\pm 0,3$)	ECM/MCC
Maia et al., 2015b	República Tcheca	80 atletas profissionais de diferentes modalidades	24,9 ($\pm 4,4$)	ACT, AIC, AEC, AF, MCC, AEC/MCC
Micheli et al., 2014	Itália	554 atletas de futebol profissional	24,1 ($\pm 5,1$)	R, Xc, ACT, AIC, AEC, BIVA, AF MCC

Koury; Trugo; Torres, 2014	Brasil	90 atletas profissionais de várias modalidades	28,9 ($\pm 7,3$)	R, Xc, ACT, AF
Cech et al., 2013	República Tcheca	12 atletas do pentatlo profissional	18,7 ($\pm 2,6$)	ACT, AIC, AEC, MCC, AEC/MCC
Kasum; Dopsaj, 2012	Sérvia, Croácia, Montenegro e Grécia	22 lutadores profissionais	23,1 ($\pm 2,4$)	ACT, AIC, AEC, MCC
Maly et al., 2011	República Tcheca e Rússia	21 atletas de voleibol profissional	24,30 ($\pm 2,6$) (República Tcheca), 20,7 ($\pm 2,0$) (Rússia)	ACT, AIC, AEC, AF, MCC, AEC/MCC
Maia et al., 2010	Eslováquia	36 atletas de voleibol profissional	17-19 anos ($\pm 0,48$)	ACT, AIC, AEC, MCC
Melchiorri et al., 2007	Itália	22 atletas de futebol profissional	21,8 ($\pm 3,0$)	MCC
Andreoli et al., 2003	Itália	62 atletas profissionais de diferentes modalidades	25,1 ($\pm 2,6$)	MCC
Lukaski et al., 1990	Estados Unidos	104 atletas universitários de diferentes modalidades	Masculino: 20,3 ($\pm 0,3$) Feminino: 19,8 ($\pm 0,2$)	R, Xc

dp; desvio-padrão; R: resistência; Xc: reatância; Z: impedância; ACT: água corporal total; AIC: água intracelular; AEC: água extracelular; BIV.A: análise de vetor da bioimpedância elétrica; AF: ângulo de fase; MCC: massa celular corporal; ECM/MCC: proporção de água intracelular e massa celular corporal.

Tabela 2. Procedimentos para avaliação dos estudos incluídos (n=31).

Referências	Instrumento utilizado	Tipo de eletrodos	Posição dos avaliados	Período de mensuração	Recomendações
Estudos longitudinais (n = 15)					
Melchiorri et al., 2017	Akern BIA, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos.
Pollastrì et al., 2016a	BIA 101 Anniversary, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Vespertino	Não informado.
Głogowska et al., 2016b	InBody 720, multifrequencial	Contato	Orosnática	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos.
Pollastrì et al., 2016a	BIA 101 Anniversary, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Vespertino	Não informado.
Marrs et al., 2016	BIA Human IM Plus II, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	Temperatura ambiente entre 22-24°C.
Maia et al., 2016	BIA 2000M, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.
Mattias et al., 2015	BIS 4000B Xitron, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	10 minutos de repouso anteriores a avaliação.
Mascherini et al., 2015	BIA 101 Anniversary, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	Temperatura ambiente entre 22-24°C, 12 horas sem praticar exercícios físicos.
Lenka & Tomáš, 2015	Tanita.MC-980MA, multifrequencial	Contato	Supinada	Não informado	Não informado
Francavilla et al., 2015	BIA 101 Akern, unifrequencial	Adesivo	Supinada	30 minutos antes das sessões de treinamento (antes da lesão) e 24 horas após a lesão.	Não informado
Bunc et al., 2015	BIA 2000M, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.

Marra et al., 2014	BIA Human IM Plus II, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Vespertino	Temperatura ambiente entre 22-24°C
Nescolarde et al., 2013	BIA 101 Akern, unifrequencial	Adesivo	Supinada	30 minutos antes das sessões de treinamento (antes da avaliação e temperatura ambiente entre 22-24°C horas após a lesão)	15 minutos de repouso anteriores a avaliação e temperatura ambiente entre 22-24°C
Coufalova et al., 2014	InBody 720, multifrequencial	Contato	Ortostática	Não informado	12 horas de jejum, incluindo líquidos. 12 hours sem praticar exercícios.

Estudos transversais (n=16)

Verità et al., 2017	Seca mBCA 514/515, multifrequencial	Contato	Ortostática	Não informado	20 minutos de repouso anteriores a avaliação.
Socha et al., 2017	Tetrapolar, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	Não informado.
Kuráč & Sigmund, 2017	InBody 770 analyser, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	Não informado.
Dopsaj et al., 2017	InBody 770 analyser, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	Não informado.
Gligerovska et al., 2016a	InBody 720, multifrequencial	Contato	Ortostática	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos.
Maia et al., 2015b	Tanita MC-980MA, multifrequencial	Contato	Ortostática	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.
Maia et al., 2015a	BIA 2000M, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.
Micheli et al., 2014	BIA 101 Akern, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	Não informado.
Koury et al., 2014	BIA 101 Quantum, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos e temperatura ambiente entre 22-24°C.

Cech et al., 2013	BIA 2000M multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos e temperatura ambiente entre 22-24°C.
Kasun, Dopsaj, 2012	InBody 720, multifrequencial	Contato	Ortostática	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos e temperatura ambiente entre 22-24°C.
Maly et al., 2011	BIA 2000M, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos e temperatura ambiente entre 22-24°C.
Mala et al., 2010	BIA 2000M, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Matutino	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos e Temperatura ambiente entre 22-24°C.
Melchorri et al., 2007	Xitron 400B, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	Não informado.
Andreoli et al., 2003	BIS 400B Xitron, multifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.
Lukasz et al., 1990	101 Deltroit MI, unifrequencial	Adesivo	Supinada	Não informado	12 horas de jejum, incluindo líquidos, 12 horas sem praticar exercícios físicos.

Tabela 3. Características específicas dos estudos incluídos (n=31).

Referências	Grupo comparação	Principais resultados
Estudos longitudinais (n=15)		
Melchiorri et al., 2017	X	Não houve diferenças na ACT e no AF entre os atletas e indivíduos não atletas.
Pollastri et al., 2016ba		Houve encurtamento do vetor BIVA no eixo menor (Xc) ao longo da competição, indicando perda de MCC.
Gligorska et al., 2016b		Não houve aumento significativo na ACT, AIC, AEC antes e depois do período preparatório para competição esportiva.
Pollastri et al., 2016b		Houve encurtamento do vetor BIVA no eixo menor (Xc) ao longo da competição, indicando perda de MCC.
Marra et al., 2016		O AF total e segmentar diminuiu no final da competição, embora durante a competição não foi observada diferença
Maia et al., 2016		Os valores de R, AF e ACT diminuíram, enquanto Xc aumentou após a redução da massa corporal.
Mattias et al., 2015		O AF não diferiu entre os momentos 1 (massa corporal estável) e 2 (pré-competição) com perda de massa corporal.
Mascherini et al., 2015		O comprimento do vetor BIVA e AF aumentaram no meio da estação em comparação com pré e pós temporada.
Lenka & Tomáš, 2015	X	Atletas profissionais apresentaram maiores concentrações de ACT e AIC em comparação com indivíduos não treinados.
Francavilla et al., 2015		A R, Xc e AF diminuíram após a lesão muscular e retornaram aos valores basais após o período de reabilitação.
Bunc et al., 2015		A MCC apresentou maiores concentrações no meio da temporada em comparação com o início da temporada e o final.
Marra et al., 2014		Nenhuma diferença significativa foi observada na ACT durante a competição, no entanto, uma diminuição na MCC e no AF foi observada.
Nescolarde et al., 2013		A R, Xc e AF diminuíram com a presença de lesão muscular em comparação aos valores pré-lesão.
Bauduer et al., 2011		77% dos atletas estavam desidratados de acordo com a técnica de BIA.

Coutalova et al., 2014

Houve redução de ACT, AIC, AEC e MCC no período pós-competição em relação ao período pré-competição.

Estudos transversais (n=16)

Veitia et al., 2017		Atletas do sexo feminino apresentaram menores valores de R, Xc e AF e maiores elipses da BIVA quando comparados aos do sexo masculino.
Socha et al., 2017	X	Atletas apresentaram maiores AIC quando comparados aos não atletas. Para o ACT, não houve diferenças entre os grupos.
Kuiát & Sigmund, 2017	X	Atletas apresentaram maiores concentrações de ACT e AIC quando comparados aos não atletas. No entanto, nenhuma diferença foi observada nesses parâmetros entre atletas profissionais e atletas amadores.
Dopaj et al., 2017	X	Atletas de nível de desempenho elevado apresentaram maiores concentrações de ACT quando comparados aos atletas com os atletas de níveis mais baixos de desempenho esportivo.
Ghigeroska et al., 2016a	X	Não houve diferença entre atletas <18 anos, quando comparados aos atletas >18 anos para ACT.
Mála et al., 2015a		Nenhuma diferença significativa foi encontrada na AEC/MCC de acordo com a posição do jogo dos atletas.
Mála et al., 2015b	X	Atletas de futebol apresentaram menor MCC aos atletas de voleibol, basquetebol, handebol e softball.
Micheli et al., 2014	X	Comparado com os atletas de nível elite, os jogadores com níveis mais baixos de desempenho apresentaram menor AF e MCC.
Koury et al., 2014	X	O AF foi inversamente associado com a idade em atletas adultos.
Cech et al., 2013		Atletas do sexo masculino apresentaram maior AEC e AEC/MCC em comparação as atletas do sexo feminino.
Kasum, Dopsaj, 2012		Cerca de 55% dos atletas investigados, estavam desidratados.
Maly et al., 2011	X	Não houve diferença na AEC, AF e MCC entre atletas de duas equipes de voleibol de países diferentes.

Mala et al, 2010	X	As atletas da equipe com idade avançada (24 anos) apresentaram valores maiores de ACT e AEC em comparação as atletas de 17 a 19 anos.
Melchiorri et al., 2007	X	Atletas profissionais das divisões de futebol de nível mais elevado apresentaram maiores valores de MCC quando comparados aos atletas de divisões inferiores.
Andreoli et al., 2003	X	Atletas amadores apresentaram MCC inferior em relação aos atletas profissionais.
Lukaski et al 1990		Atletas universitárias do sexo feminino apresentaram maiores valores de R e Xc em relação aos atletas do sexo masculino.

R: resistência; Xc: reatância; Z: impedância; ACT: água corporal total; AIC: água intracelular; AEC: água extracelular; BVA: análise vetorial de bioimpedância elétrica; AF: ângulo de fase; MCC: massa celular corporal; AEC/MCC: proporção de água extracelular e massa celular corporal.

Tabla 4. Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos (n=31).

Referência	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Escore	Risco de viés
	Evidências de estudos longitudinais (n=16)															
Melchiorri et al., 2007	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	S	N	0,64	Moderado risco de viés
Pollastri et al., 2016a	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	S	N	0,64	Moderado risco de viés
Gigeroska et al., 2016a	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	N	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
Pollastri et al., 2016b	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	S	0,64	Moderado risco de viés
Marra et al., 2016	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,64	Moderado risco de viés
Maia et al., 2016	S	S	NR	NR	S	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,64	Moderado risco de viés
Mattias et al., 2015	S	S	NR	S	NR	S	S	S	S	S	S	NR	S	S	0,78	Baixo risco de viés
Mascherini et al., 2015	S	S	NR	S	S	S	S	S	S	S	S	NR	S	S	0,85	Baixo risco de viés
Lentka; Tomáš, 2015	S	N	NR	NR	NR	S	S	S	N	N	S	NR	NR	S	0,64	Moderado risco de viés
Francavilla et al., 2015	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
Bunc; Hráský; Szalská, 2015	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
Marra et al., 2014	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	S	0,64	Moderado risco de viés

Evidências de estudos transversais (n = 16)																
Nescolarde et al., 2013	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
Bauduer et al., 2011	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	S	0,64	Moderado risco de viés
Coufálova et al., 2014	S	S	S	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,64	Moderado risco de viés
Veitía et al., 2017	S	S	S	S	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,72	Baixo risco de viés
Socha et al., 2017	S	S	NR	S	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,66	Moderado risco de viés
Kutáč; Sigmund, 2017	S	S	NR	S	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,54	Moderado risco de viés
Dopsaj et al., 2017	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,63	Baixo risco de viés
Gligoroska et al., 2016a	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,45	Elevado risco de viés
Mala et al., 2015a	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,66	Moderado risco de viés
Mala et al., 2015b	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,54	Moderado risco de viés
Micheiti et al., 2014	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,66	Moderado risco de viés
Koury; Trugo; Torres, 2014	S	S	NR	S	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,45	Elevado risco de viés
Čech et al., 2013	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,66	Moderado risco de viés
Kasum; Dopsaj, 2012	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	N	NA	NA	N	0,50	Moderado risco de viés
Maty et al., 2011	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,66	Moderado risco de viés
Mala et al., 2010	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,45	Elevado risco de viés

Melchiorri et al., 2007	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,45	Elevado risco de viés
Andreoli et al., 2003	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,45	Elevado risco de viés
Lukaški et al., 1990	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,66	Moderado risco de viés

Q1: A questão de pesquisa ou objetivo foi claramente indicado neste artigo?; Q2: A população do estudo foi claramente especificada e definida?; Q3: A taxa de participação de pessoas elegíveis foi de pelo menos 50%?; Q4: Todos os participantes foram selecionados ou recrutados nas mesmas populações ou semelhantes (incluindo o mesmo período de tempo)? Os critérios de inclusão e exclusão estão no estudo pré-especificados e aplicados uniformemente a todos os participantes?; Q5: Uma justificativa do tamanho de amostra, descrição de poência ou estimativas de variação e efeito foram fornecidas?; Q6: Para as análises neste artigo, as exposições(s) de interesse foram medidas antes do resultado(s) a ser medido(s)?; Q7: O tempo de acompanhamento era suficiente para que se pudesse razoavelmente esperar uma associação entre exposição e resultado se existisse?; Q8: Para as exposições que podem variar em quantidade ou nível, o estudo examinou diferentes níveis de exposição como relacionados ao resultado (por exemplo, categorias de exposição ou exposição medida como variável contínua)?; Q9: As medidas de exposição (variáveis independentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?; Q10: A exposição(s) foi avaliada mais de uma vez ao longo do tempo?; Q11: As medidas de resultado (variáveis dependentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas de forma consistente em todos os participantes do estudo?; Q12: Os avaliadores dos resultados foram cegados ao status de exposição dos participantes?; Q13: A perda do seguimento após a linha de base foi de 20% ou menos?; Q14: As principais variáveis de confusão variáveis foram medidas e ajustadas estatisticamente por seu impacto na relação entre exposição(s) e resultado?; S: sim; N: não; NR: não reportado; NA: não aplicável; Sim; $\geq 0,70$: baixo risco de viés; $< 0,70$: moderado risco de viés; $< 0,50$ elevado risco de viés; * para determinar o escore total, considerou-se a seguinte equação: (total de respostas positivas/ total de questões consideradas para aquele estudo).

2.2 ARTIGO II

Indicadores de distribuição de fluidos e integridade celular avaliados por bioimpedância elétrica em atletas universitários: comparação entre esportes de equipe e individuais

Resumo

Objetivo: Comparar indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular em atletas universitários através de um estudo transversal com 167 atletas universitários (18-35 anos) que competiam em esportes de equipe e esportes individuais. *Método:* A bioimpedância foi utilizada para estimar a água corporal total (ACT), água intracelular (AIC), extracelular (AEC), a proporção de AEC/AIC, impedância (Z), reatância (Xc), resistência (R), ângulo de fase (AF), massa celular corporal (MCC), e a proporção de AEC/MCC. A absorciometria por dupla emissão de raios-X (DXA) foi utilizada para mensurar a gordura corporal e a massa livre de gordura e osso. As covariáveis sexo, idade, tempo de prática e tipo de modalidade foram obtidas por meio de questionário. *Resultados:* Os atletas do sexo masculino que praticavam esportes individuais apresentaram maiores valores de AEC/AIC (diferença de médias – MD=0,006, p=0,020) e AEC/MCC (MD=0,006, p=0,017) quando comparado aos atletas que praticavam esportes de equipe. Os valores de Z (MD=24,988, p=0,009), Xc (MD=3,327, p=0,008) e R (MD=24,755, p=0,090) foram maiores em atletas que praticavam modalidades coletivas do sexo masculino. Para as atletas do sexo feminino, as modalidades coletivas apresentaram maiores valores de Z (MD=32,029, p=0,015) e R (MD=31,987, p=0,015). *Conclusão:* A AEC/AIC e a AEC/MCC foram maiores entre os atletas do sexo masculino que praticavam modalidades individuais. Para os valores de Z, R e Xc, as modalidades coletivas apresentaram maiores valores, mesmo após o ajuste das covariáveis. Para o sexo feminino, as modalidades foram diferentes em relação aos valores de Xc, em que maiores valores foram encontrados para os atletas de modalidades coletivas.

Palavras-chave: saúde dos estudantes, impedância elétrica, membrana celular, composição corporal, água corporal, desempenho atlético.

Introdução

A análise de bioimpedância elétrica (BIA) é um método seguro, rápido e não invasivo, que fornece estimativas da composição corporal, estado nutricional, saúde e integridade celular (Kyle et al., 2004). A BIA mede respostas biológicas por meio de corrente elétrica controlada, desta forma, é um método secundário de avaliação, que fornece diferentes parâmetros, por meio de equações de regressão, como os volumes de água corporal total (ACT), água intracelular (AIC), extracelular (AEC), e a proporção de AEC/AIC (Kyle et al., 2004).

Estudos identificaram que valores elevados de AEC/AIC foram prejudiciais à saúde das células, já que refletem a formação de edemas (acúmulo de fluidos) (Li et al., 2018; Ohashi et al., 2012). Além disso, estudo com atletas de rugby identificou que grande parte da amostra apresentava baixos níveis de água intracelular, o que impacta negativamente no funcionamento das células (Bauduer et al 2011). Além dos volumes de água corporal, a BIA possibilita a estimativa de massa celular corporal (MCC) e AEC/MCC (Matias et al., 2016). A MCC é considerada o principal compartimento do tecido magro e está diretamente associada à integridade das membranas celulares (Melchiorri et al., 2017).

Além de parâmetros obtidos a partir de equações matemáticas, a BIA fornece parâmetros brutos, como os valores de impedância (Z), resistência (R) e reatância (X_c) e derivados da relação entre R e X_c , como o ângulo de fase (AF) e a análise de vetor da bioimpedância (BIVA) (Norman et al., 2012). Com base na aplicação da BIA localizada, diminuição do X_c e AF foram observados após lesões em atletas profissionais, sendo mais acentuadas nas lesões de grau III comparada com as lesões de grau I, aumentando gradualmente os valores de X_c e AF até à recuperação do tecido lesionado (Nescolarde et al., 2017; Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2013) e o AF esteve diretamente associado a qualidade e vitalidade das células em diferentes populações (Giorgi et al., 2018; Norman et al., 2012). Desta forma, os diferentes parâmetros da BIA podem fornecer valiosas informações acerca da saúde e integridade celular.

No contexto esportivo, o monitoramento da composição corporal é importante, pois fornece informações das adaptações específicas de diferentes cargas e volumes do treinamento, além de aspectos relacionados à saúde em geral, como o estado de hidratação (Quiterio et al., 2009). No entanto, dados de uma revisão sistemática informaram que

a maior parte da literatura pesquisada investigou somente o nível molecular da composição corporal, com foco na massa de gordura e na massa livre de gordura (Castizo-Olier et al., 2018). O nível celular, que inclui a avaliação da MCC e a distribuição de fluidos foi pouco explorado, o que limita inferência sobre esses parâmetros em atletas (Quiterio et al., 2009). Reduções na MCC alteram o metabolismo energético e diminuem a força muscular, bem como a capacidade pulmonar e imunológica, interferindo também no desempenho atlético (Andreoli et al., 2003). Ainda, a avaliação da distribuição de fluidos e dos indicadores de saúde e integridade celular avaliados pela BIA pode fornecer importantes informações para pesquisas em ciências do esporte, principalmente quanto à fisiologia celular e níveis de hidratação (Pollastri et al., 2016; Andreoli et al., 2003; Quiterio et al., 2009).

Estudos avaliaram os indicadores da BIA na população atlética de alto rendimento em diferentes momentos da competição ou da temporada esportiva (pré, durante e pós) (Gligoroska et al., 2016; Pollastri et al., 2016; Santos et al., 2014) e com grupos de comparação com atletas de diferentes níveis de desempenho e não atletas (Melchiorri et al., 2017; Socha et al., 2017; Marra et al., 2016). Pollastri et al. (2016) identificaram que o AF e a MCC estavam diretamente associados com a potência média máxima em ciclistas durante competição esportiva. A diminuição da potência média máxima possivelmente reflete fadiga progressiva durante a corrida. Rodríguez-Marroyo et al (2009) afirmaram que durante as corridas, o aumento da fadiga pode afetar a capacidade dos ciclistas de sustentar cargas de trabalho de alta intensidade. No entanto, não foram encontrados estudos com atletas universitários, o que poderia resultar em mudanças nos resultados, devido às particularidades dessa população. Os atletas universitários podem apresentar diferentes características em relação aos atletas de alto rendimento, como o menor número de competições, carga de treino e a exigência no esporte, porque possuem menos incentivos financeiros e menor acompanhamento físico, nutricional e psicológico (Starepravo et al., 2010).

Ainda, aspectos biológicos como o sexo (Lenka; Tomás, 2015) e a idade (Veitia et al., 2017) podem impactar nos indicadores de integridade celular. Pesquisas desenvolvidas com diferentes esportes identificaram que os atletas profissionais do sexo masculino apresentaram valores superiores de MCC (Koury et al., 2014), quando comparado as atletas do sexo feminino. Por outro lado, as atletas do sexo feminino apresentaram maiores valores de Z e R (Lukaski et al., 1990). Estudos

também encontraram diferenças nos indicadores de integridade celular conforme a idade dos atletas, em que associações inversas entre essas variáveis foram encontradas para parâmetros como a MCC e AF (Koury et al., 2014). Ademais, aspectos relacionados a prática esportiva, como a posição de jogo (Mala et al., 2015) e o nível de desempenho esportivo (Bunc et al., 2015) foram investigadas, porém, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos (Mala et al., 2015a). Nenhum estudo comparou modalidades esportivas coletivas com modalidades individuais, o que limita as inferências relatadas, pois as modalidades possuem diferenças entre si, sobretudo para aspectos da composição corporal, carga de treinamento e presença de lesão (Pasulka et al., 2017). Estudo realizado com atletas universitários de modalidades coletivas (basquetebol, voleibol, futebol e hóquei) e individuais (remo e ginástica) observaram que os atletas de remo e ginástica apresentaram menores valores de gordura corporal quando comparado as demais modalidades e que os atletas praticantes de modalidades coletivas apresentaram maiores valores de massa livre de gordura (Fields et al., 2018). Além disso, estudo realizado com atletas jovens identificou que os esportes individuais apresentaram maior carga semanal de treinamento, bem como maior número de lesões esportivas, quando comparado aos atletas de modalidades coletivas (Pasulka et al., 2017). Estes achados reforçam a necessidade de investigar a distribuição de fluidos e a saúde e integridade celular em atletas de esportes coletivos e individuais.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar os indicadores distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC) e de saúde e integridade celular avaliados pela BIA (Z, Xc, R, AF, MCC e AEC/MCC) em atletas universitários de esportes coletivos e individuais. A principal hipótese do presente estudo é que os atletas universitários de esportes coletivos apresentam indicadores de saúde e integridade celular mais satisfatórios, quando comparado aos atletas de esportes individuais. A justificativa reside nas diferenças entre volume, carga de treinamento e demanda durante a competição que são mais elevadas em atletas de esportes individuais quando comparado a atletas de esportes coletivos (Pasulka et al., 2017), o que pode favorecer o surgimento de acúmulos de fluidos (Hall; Guyton; Hall, 2017).

Método

Desenho do estudo

Estudo transversal, realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. A coleta de dados foi realizada entre os meses de setembro a novembro de 2017. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC, sob o número: 2.308.476. Todos os atletas universitários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

População e amostra

A população foi composta por atletas universitários de diferentes modalidades esportivas, regularmente matriculados em Programas de Graduação e Pós-Graduação da UFSC. A amostra do estudo foi por conveniência, de modo que todos os atletas que participavam dos treinos para as competições esportivas, na faixa etária de 18 a 35 anos de idade, de ambos os sexos, foram recrutados. O número total de atletas vinculados às modalidades esportivas era de 179, de acordo com a participação nos Jogos Universitários Catarinenses (JUC's) de 2017, divulgado pela Secretária de Esporte da instituição.

Os critérios de inclusão foram: 1) atletas de 18 a 35 anos de idade, de ambos os sexos; 2) regularmente matriculados na UFSC; 3) participar de pelo menos uma competição esportiva estadual, regional, nacional e ou internacional ao longo de uma temporada esportiva no ano de 2017. Os critérios de exclusão foram: 1) atletas que foram submetidos a cirurgias que alteram a composição corporal, como cirurgia bariátrica; 2) atletas formados, ou aqueles que não apresentavam mais vínculo com a UFSC. Foram consideradas recusas os atletas que rejeitaram o convite para participar do estudo durante o período de coleta de dados. Os atletas que aceitaram participar do estudo, porém não compareceram ao encontro de coleta de dados, em até três tentativas foram considerados como perdas. Assim, seis atletas foram considerados recusas, e seis foram considerados como perdas. Desta forma, foram avaliados 167 atletas, sendo 92 do sexo masculino [atletismo ($n = 11$), badminton ($n = 02$), basquetebol ($n = 01$), futebol de campo ($n = 30$), futsal ($n = 14$), hóquei de grama ($n = 03$), judô ($n = 08$), natação ($n = 07$), skate ($n = 01$), tênis de mesa ($n = 4$) e voleibol ($n = 11$)], e 75 do sexo feminino [atletismo ($n = 06$), badminton ($n = 01$), *flag football* ($n = 13$), futsal ($n = 20$), handebol ($n = 09$), hóquei de grama ($n = 04$), judô ($n = 06$), skate ($n = 03$), tênis de mesa ($n = 01$) e voleibol ($n = 12$)]. O tamanho da amostra foi calculado *a posteriori*, considerando erro do tipo I ($\alpha = 0,05$) e tipo II ($\beta = 0,80$) para identificar diferenças entre os esportes de equipe e individuais com

tamanho do efeito médio (*Effect size* = 0,50) (Cohen, 1988) para os indicadores de integridade celular. Para a correlação linear de Pearson, Spearman e a regressão linear múltipla, análises *a posteriori* indicaram que com o nível de $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,80$, a amostra de 167 atletas (esportes coletivos $n = 117$ e individuais $n = 50$) permitiu encontrar associações com tamanho de efeito de 0,50. Todos os cálculos foram realizados no *software* G*Power® versão 3.1.9.2 (Universitat Dusseldorf, Alemanha).

Variáveis dependentes

Indicadores de saúde e integridade celular

A BIA foi usada para determinar os parâmetros de distribuição de fluidos ACT, AIC, AEC, AEC/AIC) e integridade celular (Z, R, Xc, AF, MCC e AEC/MCC). O modelo utilizado foi o InBody® 720 de múltiplas frequências, (Biospace, Los Angeles, EUA), com oito eletrodos, medindo a resistência em cinco frequências (1, 50, 250, 500 e 1000 kHz) e reatância em três (5, 50 e 250 kHz). A BIA foi utilizado para estimar os componentes ACT, AIC, AEC e AEC/AIC por meio de equações matemáticas. O modelo de BIA utilizado apresentou nível aceitável de reprodutibilidade e acurácia para a estimativa de tecidos de composição corporal na frequência de 50 kHz (Castro et al 2018). Além disso, o fabricante enfatiza no manual do equipamento que um alto nível de precisão é encontrado ao seguir os procedimentos corretos de medição. A técnica forneceu dados de Z e Xc na frequência de 50 kHz e, a partir deles, o valor de R foi calculado pela soma proporcional do corpo, em que os membros superiores representam 40% do corpo total R, o tronco representa 10% e os membros inferiores representam 50% e, posteriormente, o AF, utilizando a fórmula do arco tangente $(Xc / R) \times 180^\circ / \pi$ e valores expressos em graus.

Para a avaliação da BIA a estatura foi mensurada pelo protocolo da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), por pesquisador nível 1, com estadiômetro da marca AlturaExata® (Belo Horizonte, Brasil), resolução de 1 mm. Durante a avaliação dos atletas permaneceram em posição ortostática, segurando dois manetes e com os pés posicionados sob uma plataforma. A avaliação durou cerca de dois minutos. Todos os atletas foram instruídos a atenderem as recomendações pré-teste que incluíam: jejum por pelo menos quatro horas, uso de roupas leves (biquínis, sunga, maios, top, short de lycra), estar descalços, sem o uso de brincos e/ou anéis e/ou

qualquer tipo de metal, abstenção de atividade física intensa no dia anterior, abstenção de bebidas com alto teor de cafeína nas 12 horas anteriores. Mulheres que estavam no período menstrual no dia da avaliação, foram reagendas para outro momento.

Variável independente

A variável independente foi o tipo de esporte praticado. Dos 167 atletas participantes do estudo, 117 praticavam esportes de equipe (basquetebol, *flag football*, futebol de campo, futsal, handebol, hóquei de grama e voleibol) e 50 atletas praticavam esportes individuais e/ou em duplas (badminton, judô, natação, skate e tênis de mesa). Assim, para termos de análise do presente estudo, a modalidade foi dicotomizada em coletiva (sexo masculino, n = 59; sexo feminino, n = 58), e modalidade individual ou em duplas (sexo masculino, n = 33; sexo feminino, n = 17). Decidiu-se pela estratificação conforme a modalidade porque os esportes coletivos são caracterizados por cargas intermitentes, e o sistema aeróbico é predominante (Mala et al., 2015a). Por outro lado, os esportes individuais ou em duplas utilizam principalmente o sistema anaeróbico, o que pode influenciar nas características na forma e tamanho corporal (Andreoli et al., 2003). Além disso, a perda de água corporal pode ser acentuada em esportes individuais em que dividem os esportes em classes de peso, como o judô (Silva et al., 2011).

Covariáveis

A idade (anos completos), o tempo de prática da modalidade (meses), a presença de lesão (sim; não), a participação em competições por ano (número de competições) e a carga de treino (volume semanal) foram obtidas por meio de aplicação da ficha de anamnese, respondida individualmente por cada atleta. A massa isenta de gordura e osso MIGO (absoluta) e a gordura corporal (absoluta) foram obtidas por meio da absorciometria por dupla emissão de raios-X, equipamento Lunar Prodigy Advance, modelo Discovery Wi Fan-Beam - S/N 81593, (GE®, Medical Systems, Madison, EUA). As alterações na gordura corporal (valores relativos e absolutos) e estimativas de massa livre de gordura mensuradas pela DXA não diferiram significativamente daquelas obtidas pelo modelo de quatro compartimentos em atletas (Santos et al., 2010). A atenuação dos raios-X nos tecidos corporais foi computada por *software* Encore 2011, versão 13.60.033 (GE® Lunar Corporation, Madison, WI, USA). Calibrações mensais, semanais e diárias foram realizadas, para garantir o

controle de qualidade. Pesquisador, previamente treinado, executou as avaliações seguindo procedimentos padronizados (Crabtree et al., 2014). Durante as avaliações, os participantes estavam com vestuários apropriados, descalços, sem o uso de brincos e/ou anéis.

Análise estatística

Para análise descritiva dos dados foi calculada a mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão. Curtose e assimetria foram utilizadas para verificar a normalidade dos dados (intervalo entre -2 e + 2). Foi realizado o teste T de *Student* para identificar diferenças entre os sexos em relação aos indicadores de saúde e integridade celular e ao número e duração dos treinos. Para identificar diferenças entre as modalidades quanto a presença de lesão e a participação em competições esportivas foi utilizado o teste Qui-quadrado. O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado para determinar a relação entre os indicadores de distribuição de fluidos (ACT, AIC, AEC, AEC/AIC), e os indicadores de integridade celular (Z, R, Xc, AF, MCC e AEC/MCC) com a idade, MIGO, gordura corporal e o tempo de prática. Para testar a relação entre os indicadores de fluidos e de integridade celular com o tipo de modalidade (1 = modalidades coletivas; 2 = modalidades individuais e/ou duplas) foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman. Como não houve interação entre o tipo de modalidade e as covariáveis, foi realizada a análise de covariância (ANCOVA). Modelos de comparação entre as modalidades foram construídos de acordo com o sexo para cada indicador bioelétrico: o modelo 1, considerado o modelo bruto, verificou a diferença entre os grupos sem covariáveis; o modelo 2 testou a idade como covariável; o modelo 3 incluiu a idade, e a MIGO; o modelo 4 incluiu a idade, a MIGO e a gordura corporal e o modelo 5 incluiu todas as variáveis do modelo anterior, e o tempo de prática na modalidade esportiva.

A análise de regressão linear simples foi utilizada para testar a associação entre os indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular com as covariáveis (idade, MIGO, gordura corporal e tempo de prática). A regressão linear múltipla foi ajustada pelo tipo de modalidade. Foram estimados os coeficientes de regressão (β), intervalo de confiança de 95% e coeficiente de determinação para cada modelo analisado (R^2). Além disso, para avaliar a qualidade dos modelos foram empregadas técnicas de diagnóstico de multicolinearidade (VIF), critério de informação de akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC).

Todas as análises foram realizadas no *software* STATA® (StataCorp LLC, Texas, EUA), versão 14.0.

Resultados

No total, 167 atletas de diferentes modalidades esportivas (masculino = 92, feminino = 75) participaram deste estudo. A média de idade dos atletas do sexo masculino foi de 22,18 (\pm 3,47) anos, e a idade média das atletas do sexo feminino foi de 22,98 (\pm 3,25) anos (dados não apresentados em tabelas e figuras). Atletas do sexo masculino que praticavam esportes individuais apresentaram maiores razões AEC/AIC e AEC/MCC ($p=0,04$). Em relação aos parâmetros bioelétricos, os atletas do sexo masculino que praticavam esportes de equipe apresentaram maiores valores de Z, Xc e R ($p<0,01$). Para as variáveis relacionadas ao treinamento, observou-se que atletas do sexo masculino praticantes de esportes individuais participaram de maior número de competições durante a temporada esportiva ($p<0,01$), e tiveram maior carga de treinamento ($p<0,01$) quando comparados aos atletas praticantes de esportes de equipe.

As atletas do sexo feminino praticantes de esportes de equipe apresentaram maiores valores de Z e R quando comparados aos praticantes de esportes individuais ($p=0,04$). Para as variáveis de treinamento, observou-se que as atletas do sexo feminino praticantes de esportes individuais tiveram maior carga de treinamento ($p<0,01$) (Tabela 1). Para as variáveis de treinamento, foi observado que as atletas do sexo feminino praticantes de modalidades individuais apresentaram maior carga de treino ($p<0,01$) em comparação as atletas praticantes de esportes de equipe (Tabela 1).

No sexo masculino, os resultados demonstraram que houve correlação direta entre a AEC/AIC ($\rho=0,24$; $p=0,04$) e a AEC/MCC ($\rho = 0,21$; $p=0,04$) em que os atletas de modalidades individuais apresentaram maiores valores de AEC/AIC e AEC/MCC. Os valores de Z ($\rho= -0,24$; $p=0,01$), Xc ($\rho = -0,25$; $p = 0,01$) e R ($\rho= -0,24$; $p=0,01$) foram inversamente correlacionados à modalidade, ou seja, os atletas praticantes de modalidades coletivas apresentaram maiores valores de Z, Xc e R (Tabela 2). Para o sexo feminino, a correlação linear demonstrou que as atletas praticantes de modalidades coletivas apresentaram maiores valores de R ($\rho= -0,23$; $p=0,04$), quando comparado às atletas de modalidades individuais (Tabela 3).

Os atletas do sexo masculino praticantes de esportes individuais apresentaram valores mais altos de AEC/AIC (MD=0,006, p=0,020) e AEC/MCC (MD=0,006, p=0,017) em comparação aos atletas praticantes de esportes de equipe. Os valores de Z (MD=24,988, p=0,009), Xc (MD=3,327, p=0,008) e R (MD=24,755, p=0,09) foram maiores nos atletas do sexo masculino praticantes de esportes de equipe. Para as atletas do sexo feminino, os participantes do esporte coletivo apresentaram maiores valores de Z (MD=32,029, p=0,015) e R (MD=31,987, p=0,015) (Tabela 4). Para o sexo masculino, a regressão linear mostrou que os atletas individuais apresentaram maior AEC/AIC ($\beta=0,01$, IC95%:0,01, 0,10, $R^2=0,05$) e AEC/MCC ($\beta=0,01$, IC95%:0,01, 0,10, $R^2=0,02$) quando comparados aos atletas praticantes de esportes de equipe, mesmo após ajuste da idade, MIGO, gordura corporal e tempo de prática na modalidade. Para os parâmetros brutos da BIA, a regressão linear múltipla mostrou que os atletas do sexo masculino participantes de esportes coletivos apresentaram maiores Z ($\beta= -27,51$, IC 95%: -45,57, -9,45, $R^2=0,29$), Xc ($\beta= -3,56$, IC95%: -6,08, -1,70, $R^2=0,20$), e R ($\beta= -27,27$; IC95%: -45,24; -9,30; $R^2=0,29$) quando comparados a atletas de esportes individuais, mesmo após ajuste das variáveis de controle (Tabela 5). A análise mostrou que, para as atletas do sexo feminino, as participantes de esportes coletivos apresentaram maiores valores de Z ($\beta= -32,10$, IC95%: -57,64, -6,55, $R^2=0,39$) e R ($\beta=32,05$, IC95%: -57,59, -6,51, $R^2=0,39$), quando comparados as atletas praticantes de esportes individuais, mesmo após ajuste por idade, MIGO, gordura corporal e tempo de prática na modalidade (Tabela 5).

Discussão

Os principais resultados do presente estudo foram que atletas universitários do sexo masculino que praticavam esportes individuais, quando comparado aos atletas que praticavam esportes de equipe apresentaram valores superiores de AEC/AIC e AEC/MCC. Em relação aos parâmetros brutos da BIA, a Z, a Xc e a R foram maiores em atletas do sexo masculino que praticavam esportes de equipe quando comparado aos atletas de esportes individuais. Para as atletas do sexo feminino, o principal achado foi que maiores valores de Z e R foram encontrados em atletas praticantes de esportes de equipe quando comparada às atletas de esportes individuais.

No presente estudo, os maiores valores de AEC/AIC e AEC/MCC e os menores valores de Xc em atletas do sexo masculino que

praticavam esportes individuais quando comparados aos atletas esportes de equipe, podem ser justificados devido ao maior número e duração dos treinos que os atletas de esportes individuais realizavam semanalmente, quando comparado aos atletas de modalidades coletivas. A maior carga e volume de treinamento pode favorecer o acúmulo de fluidos (Buffa et al., 2013). O acúmulo de fluidos pode diminuir a via de transporte de oxigênio para as células e aumentar a compressão dos capilares sanguíneos, o que pode impactar negativamente no desempenho esportivo e pode causar dano celular (Hall; Guyton; Hall, 2017). Ainda, o aumento da AEC/AIC pode desencadear disfunções no sistema metabólico dos tecidos e desnutrição das células (Hall; Guyton; Hall, 2017), o que é indicativo de saúde celular prejudicada. Além desses fatores, a alta carga de treinamento foi associada ao estresse oxidativo (Vecchio et al., 2017), que é fator limitante para a célula, pois o aumento da concentração de radicais livres pode comprometer o funcionamento celular e/ou induzir a formação de células tumorais (Hall; Guyton; Hall, 2017).

Para os valores de AEC/MCC, resultados semelhantes foram encontrados em atletas da Seleção Nacional da República Tcheca, em que foram observados valores superiores em tenistas, corredores e nadadores, quando comparado aos atletas de esportes de equipe (futebol e hóquei no gelo) (Bunc et al., 2015). O aumento das concentrações de AEC reflete o desequilíbrio entre os fluidos corporais, que leva a redução da AIC, e, em consequência, a redução da MCC (Earthman et al., 2007). No presente estudo, os atletas praticantes de esportes individuais participaram de mais competições ao longo de uma temporada esportiva, o que pode ter impactado em perda da MCC. Isso foi especulado porque Coufalova et al. (2014) observaram perda significativa da MCC em atletas de judô após os períodos de competições esportivas, quando comparado aos momentos pré-competições. Nesse sentido, o estresse às células provocado pelas competições esportivas parece ser prejudicial à medida que os atletas são submetidos à mais competições esportivas ao longo de uma temporada.

Em relação aos parâmetros Z e R da BIA, foi observado, no presente estudo que atletas de ambos os sexos que praticavam esportes coletivos tiveram maiores valores quando comparado aos atletas de esportes individuais. Os valores de R estão inversamente associados à AEC e diretamente associados à formação de coágulos de fibrina que leva à epitelização (cicatrização) dos tecidos corporais (Lukaski; Moore, 2012; Lukaski et al., 2013). Essa cicatrização dos tecidos corporais é um indicador satisfatório de recuperação e saúde celular

(Lukaski et al., 2013). Estudos investigaram os valores de R antes e após lesão muscular em atletas de elite, e identificaram queda deste parâmetro após à formação de edema, e aumento no período de recuperação (Francavilla et al., 2015). Portanto, os resultados do presente estudo indicam que atletas que praticavam esportes de equipe apresentaram melhores indicadores de saúde e integridade celular, quando comparado aos atletas de esportes individuais.

Os parâmetros de distribuição de água corporal (ACT, AIC e AEC), ângulo de fase e MCC não foram diferentes entre as modalidades coletivas e individuais no presente estudo. Além disso, também não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros da composição corporal (massa corporal, gordura corporal e MIGO), entre as modalidades esportivas. A ausência de diferenças entre as modalidades coletivas e individuais para os parâmetros de distribuição de água corporal (ACT, AIC e AEC), AF e MCC, podem ser justificadas devido à ausência de alterações entre as modalidades na composição corporal, tendo em vista que há relação da saúde celular com a composição corporal e, o ângulo de fase está inversamente associado a gordura corporal e diretamente associado à massa livre de gordura (Norman et al., 2012). Ainda, a MIGO possui elevada quantidade de água corporal (Hall; Guyton; Hall. 2017), o que também poderia favorecer diferenças entre as modalidades. Nesse sentido, como não se encontraram diferenças na composição corporal entre os atletas de ambas as modalidades, tais parâmetros de distribuição de água corporal também não diferiram.

Este estudo apresenta pontos fortes, como o elevado número de atletas universitários investigados de diferentes modalidades esportivas, além da investigação de diferentes parâmetros para avaliar a saúde e integridade celular em atletas. Ainda, a utilização da DXA, considerada medida de referência para avaliar a gordura corporal e a MIGO é outro ponto forte. Outro destaque desse estudo é a investigação dos indicadores de integridade celular, tema ainda pouco estudada na área de composição corporal de atletas que, durante muito tempo se preocupou somente com a distribuição de gordura corporal e massa corporal magra.

Este estudo apresenta limitações, como a ausência de informações sobre o histórico de lesões, o que poderia justificar os achados encontrados, uma vez que a literatura apresenta associação inversa entre quantidade de lesões e os indicadores de saúde e integridade celular (Francavilla et al., 2015; Nescolarde et al., 2015). A BIA é um método secundário e apenas estima ou prediz as variáveis de composição corporal por equações de regressão. Outra limitação é que os fabricantes

de equipamentos BIA não fornecem as equações usadas para calcular os volumes corporais (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC). Além disso, não foi possível realizar comparações entre atletas de diferentes posições em cada modalidade investigada, pois isso reduziria o poder amostral das análises. Ainda, a ausência de controle de qual período da temporada (pré ou pós-competição) as equipes estavam, pode ter interferido nos resultados. A categorização dos esportes em coletivos e individuais também pode ser destacada como uma limitação. Por fim, o delineamento do estudo transversal, não permite estabelecer relações de causa e efeito e nem permite estabelecer relações ao longo de uma temporada esportiva.

Conclui-se que houve diferença entre as modalidades esportivas, em que os atletas de modalidades individuais do sexo masculino apresentaram maiores valores de AEC/AIC e AE/MCC, e menores valores de X_c . Para os parâmetros Z e R, os atletas universitários que praticavam esportes coletivos, de ambos os sexos, apresentaram maiores valores que os atletas de modalidades individuais. Portanto, os atletas universitários de modalidades coletivas apresentaram melhores indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular, quando comparado aos atletas de modalidades individuais. Estes resultados podem auxiliar os profissionais da área da saúde no monitoramento da distribuição de fluidos e de indicadores de integridade celular de atletas universitários, com o objetivo de manter o desempenho esportivo e a saúde, com a utilização de método simples, rápido e de fácil manuseio.

Aplicações práticas

Os indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular (AEC/AIC, AEC/MCC, Z, X_c e R) podem ser utilizados como marcadores de excesso de treinamento para os atletas, especialmente para os praticantes de esportes individuais. Considerando o fácil manuseio da BIA, os indicadores fornecidos podem ser empregados no planejamento, triagem e monitoramento dos atletas, com o objetivo de evitar danos ou morte celular.

Referências

Andreoli A, Melchiorri G, Brozzi M, Di Marco A, Volpe SL, Garofano P, et al 2003 Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol.* **40** S122–5.

Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E 2013 Accuracy of Specific BIVA for the Assessment of Body Composition in the United States Population. *Plos One*. **8** e58533.

Bunc V, Hráský P, Skalská M 2015 Changes in body composition, during the season, in highly trained soccer players. *Open Sports Sci. J.* **8** 18–24.

Castizo-Olier J, Irurtia A, Jemni M, Carrasco-Marginet M, Fernández-García R, Rodríguez FA 2018 Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *Plos One*. **13** e0197957.

Codognotto, M., Piazza, M., Frigatti, P, Piccoli, A 2008 Influence of localized edema on wholbody and segmental bioelectrical impedance. *Nutrition*. **24** 569-574.

Cohen, J 1988 *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cech P, Maly T, Mala L, Zahalka F 2013 Body composition of elite youth pentathletes and its gender differences. *Sport Sci.* **6** 29–35.

Crabtree NJ, Arabi A, Bachrach LK, Fewtrell M, Fuleihan GE-H, Kecskemethy HH, et al 2014 Dual-energy X-ray absorptiometry interpretation and reporting in children and adolescents: the revised 2013 ISCD Pediatric Official Positions. *J. Clin. Densitom.* **17** 225–242.

Earthman C, Traughber D, Dobratz J, Howell W 2007 Bioimpedance spectroscopy for clinical assessment of fluid distribution and body cell mass. *Nutr. Clin. Pract.* **22** 389–405.

Fields, J. B., Metoyer, C. J., Casey, J. C., Escó, M. R., Jagim, A. R., & Jones, M. T 2018 Comparison of Body Composition Variables Across a Large Sample of National Collegiate Athletic Association Women Athletes From 6 Competitive Sports. *J. Strength Cond. Res.* **32** 2452-2457.

Francavilla VC, Bongiovanni T, Genovesi F, Minafra P, Francavilla G 2015 Localized bioelectrical impedance analysis: How useful is it in the follow-up of muscle injury? *Med. Sport (Roma)*. **68** 323–34.

Giorgi A, Vicini M, Pollastri L, Lombardi E, Magni E, Andreazzoli A, et al 2018 Bioimpedance patterns and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) of road cyclists. *J. Sports Sci.* **1** 1–6.

Gligoroska JP, Manchevska S, Matveeva N, Sivevska E, Kostovski Z 2016 Bioelectrical Impedance Analysis of Body Composition in Karate Athletes Regarding the Preparatory Period. *Sports Sci. Health Sport Nauke. Zdr.* **6** 81–6.

Hall JE Guyton E Hall 2007 *Tratado De Fisiologia Médica*. Elsevier Brasil.

Koury JC, Trugo N MF, Torres AG 2014 Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **9** 798–804.

Kovacsik R, Soós I, de la Vega R, Ruíz-Barquín R, Szabo A 2018 Passion and exercise addiction: Healthier profiles in team than in individual sports. *Int. J. Sport Exerc. Psychol.* **1** 1-11.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al 2004 Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.* **23** 1226–1243.

Lenka K, Tomáš H 2015 Water balance changes associated with performance level in the Half Ironman. *J. Phys. Educ. Sport.* **15** 466–71.

Li Q, Li X, Leng Y, Zhu X, Yao G 2018 Assessing nutritional status of severe malnutrition patients by bioelectrical impedance technique: a multicenter prospective study. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue.* **30** 181–184.

Lukaski HC 2013 Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2** S1.

Lukaski HC, Moore M 2012 Bioelectrical impedance assessment of wound healing. *J. Diabetes Sci. Technol.* **6** 209–212.

Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders W A, Hall CB 1990. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* **30** 434–40.

Mala L, Maly T, Zahalka F, Dragijsky M 2016 Changes in body composition due to weight reduction by elite youth judo athletes in short period pre-competition. *Arch. Budo Sci. Martial Arts Extreme Sports.* **12** 197–203.

Mala L, Maly T, Zahalka F, Hrasky P 2015 Body composition of elite youth soccer players with respect to field position. *J. Phys. Educ. Sport* **15** 678–685.

Mala L, Maly T, Zahalka F, Bunc V, Kaplan A, Jebavy R, et al 2015b Body composition of elite female players in five different sports games. *J. Hum. Kinet.* **45** 207–215.

Marra M, Da Prat B, Montagnese C, Caldara A, Sammarco R, Pasanisi F, et al 2016 Segmental bioimpedance analysis in professional cyclists during a three week stage race. *Physiol. Meas.* **37** 1035–40.

Matias CN, Santos DA, Júdice PB, Magalhães JP, Minderico CS, Fields DA, et al 2016 Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models. *Clin. Nutr.* **35** 468–74.

Melchiorri G, Viero V, Sorge R, Triossi T, Campagna A, Volpe SL, et al 2017 Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* **58** 1269–1274.

Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G 2015 Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. *Physiol. Meas.* **36** 27–42.

Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G 2013 Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiol. Meas.* **34** 237–45.

Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bopsy-Westphal A 2012 Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin. Nutr.* **31** 854–61.

Ohashi Y, Tai R, Aoki T, Mizuiri S, Ogura T, Tanaka Y, et al 2015 The associations of malnutrition and aging with fluid volume imbalance between intra-and extracellular water in patients with chronic kidney disease. *J. Nutr. Health Aging.* **19** 986–993.

Pasulka J, Jayanthi N, McCann A, Dugas LR, LaBella C 2017 Specialization patterns across various youth sports and relationship to injury risk. *Phys. Sports Med.* **45** 344–352.

Pollastri L, Lanfranconi F, Tredici G, Schenk K, Burtscher M, Gatterer H 2016 Body fluid status and physical demand during the Giro d’Italia. *Res. Sports Med.* **24** 30–8.

Quiterio AL, Carnero EA, Silva AM, Baptista F, Sardinha LB 2009 Weekly training hours are associated with molecular and cellular body composition levels in adolescent athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* **49** 54–63.

Santos D.A., Dawson J.A., Matias C.N., Rocha P.M., Minderico C.S., Allison D.B., et al 2015 Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *Plos One* **9** 1-9.

Silva AM, Fields DA, Heymsfield SB, Sardinha LB 2011 Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *J. Strength Cond. Res.* **25** 2488–95.

Socha M, Witkowski K, Jonak W, Sobiech KA 2017 Body composition and selected anthropometric traits of elite Polish female judokas in relation to the performance of right-dominant, left-dominant, or symmetrical judo techniques in vertical posture (tachi waza). *Arch. Budo* **12** 257–65.

Starepravo FA, de Almeida Reis, LJ, Mezzadri FM, Marchi JW 2010 Esporte universitário brasileiro: uma leitura a partir de suas relações com o Estado. *Rev. Bras. Cien. Esp.* **31** 131-148.

Vecchio M, Currò M, Trimarchi F, Naccari S, Caccamo D, Ientile R, et al 2017 The Oxidative Stress Response in Elite Water Polo Players: Effects of Genetic Background. *BioMed Res. Int.* **1** 1-9.

Veitia WC, Campo YD, Garcia IME, Chavez DA, Gutiérrez LRE, Cordova A 2017 Body composition analysis using bioelectrical parameters in Cuban sporting population [Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana]. *Arch. Med. Deporte.* **34** 207–15.

Tabela 1. Características da amostra estratificada por sexo e modalidade praticada.

	Masculino (n = 92)				Feminino (n = 75)			
	Esporte coletivo (n = 59)		Esporte Individual (n = 33)		Esporte coletivo (n = 58)		Esporte Individual (n = 17)	
	Média (±dp)	Cohen'D	p-valor	Cohen'D	Média (±dp)	Cohen'D	p-valor	Cohen'D
Massa corporal (kg)	72,14 ±9,08	71,72 ±8,46	0,82	0,04	59,99 ±8,19	59,00 ±9,09	0,86	0,11
Estatura (cm)	178,48 ±5,86	176,28 ±6,95	0,11	0,48	163,18 ±6,29	162,10 ±6,31	0,08	0,34
Gordura corporal (kg)	10,48 ±6,29	11,00 ±4,36	0,67	0,09	18,94 ±5,89	18,12 ±6,16	0,62	0,13
MFGO (kg)	58,71 ±5,82	56,84 ±11,14	0,29	0,22	38,04 ±4,67	38,11 ±4,58	0,95	0,01
ACT (L)	46,19 ±4,82	46,03 ±5,48	0,88	0,03	32,67 ±4,08	32,47 ±3,77	0,85	0,05
AIC (L)	29,19 ±3,05	28,98 ±3,36	0,75	0,06	20,41 ±2,54	20,28 ±2,39	0,85	0,05
AEC (L)	16,99 ±1,80	17,04 ±2,13	0,89	0,02	12,26 ±1,55	12,18 ±1,39	0,85	0,05
AEC/AIC (L)	0,58 ±0,01	0,57 ±0,01	0,04	0,43	0,60 ±0,01	0,60 ±0,01	0,92	0,02
Z (Ω /m)	473,53 ±44,29	448,01 ±50,69	0,01	0,54	581,98 ±59,44	549,66 ±52,24	0,04	0,55
Xc (Ω /m)	53,60 ±5,63	50,37 ±6,96	0,01	0,52	54,96 ±6,03	53,16 ±5,07	0,26	0,30
R(Ω /m)	470,44 ±44,10	445,14 ±50,34	0,01	0,54	579,33 ±59,36	547,05 ±52,17	0,04	0,55
AF (°)	6,57 ±0,48	6,45 ±0,55	0,27	0,23	5,48 ±0,51	5,60 ±0,46	0,40	0,23
MCC (kg)	41,72 ±4,32	41,31 ±4,70	0,66	0,02	29,07 ±3,73	29,06 ±3,43	0,99	0,02
AEC/MCC (L)	0,40 ±0,01	0,41 ±0,01	0,04	0,44	0,42 ±0,02	0,41 ±0,01	0,65	0,12

Tempo de prática (meses)	8,81 ±11,00	12,84 ±15,00	0,14	0,32	9,94 ±13,12	7,76 ±11,22	0,53	0,17
Competições	1,30 ±1,23	3,11 ±3,51	<0,01	1,37	1,78 ±1,55	1,69 ±1,81	0,83	0,05
Carga de treinos (frequência *semana)	239,27 ±90,83	337,77 ±101,08	<0,01	1,04	224,48 ±99,12	334,50 ±93,49	<0,01	1,12
	n (%)	n (%)	p-valor		n (%)	n (%)	p-valor	p-valor
Presença de lesão (sim)	22 (37,26%)	13 (39,39%)	0,91		24 (40,68%)	05 (31,25%)		0,06

Dp: desvio-padrão; ACT: água corporal total; AIC: água intracelular; AEC: água extracelular; AEC/AIC: proporção de água extracelular e água intracelular; Z: impedância; Xc: resistência; R: resistência; AF: ângulo de fase; MCC: massa celular corporal; AEC/MCC: proporção de água extracelular e massa celular corporal; GC: gordura corporal; MIGO: massa isenta de gordura e osso.

Table 2. Associação entre os indicadores bioelétricos e as covariáveis em atletas universitários do sexo masculino.

	Coeficiente de correlação de Pearson e Spearman													
	ACT	AIC	AEC	AEC/AIC	Z	Xc	R	Angulo de fase	MCC	AEC/MCC	Idade	GC	MIGO	Modalidade
AIC	0,99*													
AEC	0,99*	0,97*												
AEC/AIC	0,16	0,09	0,29†											
Z	-0,62*	-0,60*	-0,64*	-0,29†										
Xc	-0,50	-0,45*	-0,58*	-0,74*	0,79*									
R	-0,62*	-0,60*	-0,64*	-0,29†	1,00*	0,79*								
Angulo de fase	0,04	0,10	-0,04	-0,73*	-0,09	0,48*	-0,09							
MCC	0,98*	0,98*	0,96*	0,12	-0,58*	-0,43*	-0,58*	0,10						
AEC/MCC	0,25†	0,20	0,33†	0,70*	-0,35*	-0,69*	-0,34*	-0,59*	0,08					
Idade	0,07	0,06	0,09	0,16	-0,27†	-0,20	-0,27	0,06	0,08	0,05				
GC	0,33†	0,33†	0,311†	0,06	-0,20†	-0,21†	-0,20	-0,08	0,34†	0,01	0,20†			
MIGO	0,92*	0,91*	0,91*	0,18	-0,58*	-0,41*	-0,58	0,07	0,92*	0,16	0,10	0,10		
Modalidade**	0,04	0,02	0,07	0,24†	-0,24†	-0,25†	-0,24†	-0,14	0,01	0,23†	0,11	0,11	0,01	
Tempo de prática	0,13	0,14	0,12	-0,02	-0,09	-0,02	-0,10	-0,03	0,13	-0,01	0,34*	0,04	0,20†	0,08

***Spearman; *p-valor <0,001; † p-valor <0,05; ACT: agna corporal total; AIC: agna intracelular; AEC: agna extracelular; AEC/AIC: proporção de agna extracelular e agna intracelular; Z: impedância; Xc: reatância; R: resistência; MCC: massa celular corporal; AEC/MCC: proporção de agna extracelular e massa celular corporal; GC: gordura corporal; MIGO: massa isenta de gordura e isso.

Tabela 3. Associação entre os indicadores bioelétricos e as covariáveis em atletas universitários do sexo feminino.

	Coeficiente de correlação de Pearson e Spearman													
	ACT	AIC	AEC	AEC/ AIC	Z	Xc	R	Ângulo de fase	MCC	AEC/ MCC	Idade	GC	MIGO	Modalidade
AIC	0,99*													
AEC	0,99*	0,98*												
AEC/AIC	0,02	-0,03	0,12											
Z	-0,66*	-0,66*	-0,63*	0,14										
Xc	-0,51*	-0,47*	-0,57*	-0,65*	0,61*									
R	-0,65*	-0,66*	-0,63*	0,14	1,00*	0,60*								
Ângulo de fase	0,15	0,20	0,06	-0,88*	-0,39*	0,43*	-0,40*							
MCC	0,94*	0,94*	0,93*	-0,04	-0,58*	-0,63*	-0,61*	0,20						
AEC/MCC	0,10	0,07	0,14	0,38*	-0,05	-0,23†	-0,05	0,34†	-0,22					
Idade	0,25†	0,25†	0,25†	0,04	-0,11	-0,07	-0,11	0,06	0,24†	0,02				
GC	0,33†	0,35†	0,35†	0,21	-0,17	-0,25†	-0,17	-0,17	0,28†	0,16	0,11			
MIGO	0,93*	0,92*	0,92*	-0,05	-0,60*	-0,45*	-0,60*	0,20	0,89*	0,05	0,30	0,12		
Modalidade**	-0,02	-0,02	-0,02	0,01	-0,23	-0,12	-0,23†	0,09	-0,01	-0,05	-0,05	-0,06	0,01	
Tempo de prática	0,18	0,19	0,16	-0,15	-0,10	0,04	-0,09	0,19	0,17	-0,01	0,14	0,11	0,23†	-0,07

**Spearman; †p < 0,05; ‡p < 0,01; ††p < 0,001; †††p < 0,0001; ACT: água corporal total; AIC: água intracelular; AEC: água extracelular; AEC/AIC: proporção de água extracelular e água intracelular; Z: z-score; Xc: reatância; R: resistência; MCC: massa celular corporal; AEC/MCC: proporção de água extracelular e massa celular corporal; GC: gordura corporal; MIGO: massa livre de gordura e osso.

Tabela 4. Comparação dos indicadores bioelétricos entre as modalidades esportivas em atletas universitários.

	Água corporal total						
	Masculino (n = 92)			Feminino (n = 75)			
	Esportes coletivos		Esportes individuais	Esportes coletivos		Esportes individuais	
	M (SE)	P	R ²	M (SE)	P	R ²	
Modelo 1	45,968 (0,639)	46,430 (0,882)	0,675	32,678 (0,238)	32,476 (0,974)	0,856	0,013
Modelo 2	46,000 (0,663)	46,373 (0,889)	0,738	32,630 (0,314)	32,570 (0,950)	0,941	0,039
Modelo 3	45,736 (0,428)	46,809 (0,575)	0,497	32,694 (0,191)	32,420 (0,353)	0,497	0,868
Modelo 4	45,859 (0,386)	46,624 (0,518)	0,242	32,666 (0,148)	32,517 (0,274)	0,656	0,920
Modelo 5	45,838 (0,388)	46,627 (0,522)	0,244	32,669 (0,149)	32,507 (0,277)	0,610	0,919
	Água intracelular						
Modelo 1	29,061 (0,412)	29,224 (0,551)	0,813	20,414 (0,330)	20,288 (0,609)	0,857	0,013
Modelo 2	29,078 (0,415)	29,194 (0,556)	0,868	20,397 (0,321)	20,346 (0,594)	0,941	0,038
Modelo 3	28,926 (0,270)	29,465 (0,363)	0,239	20,424 (0,116)	20,232 (0,215)	0,485	0,874
Modelo 4	28,991 (0,244)	29,349 (0,327)	0,386	20,408 (0,093)	20,310 (0,171)	0,615	0,920
Modelo 5	28,992 (0,245)	29,348 (0,330)	0,393	20,409 (0,093)	20,306 (0,173)	0,606	0,919
	Água extracelular						
Modelo 1	16,907 (0,250)	17,206 (0,335)	0,476	12,264 (0,300)	12,188 (0,369)	0,858	0,013
Modelo 2	16,922 (0,251)	17,179 (0,337)	0,544	12,253 (0,194)	12,224 (0,359)	0,942	0,039

Proporção de água extracelular e água intracelular										
Modelo 3	16,830 (0,163)	17,344 (0,218)	0,064	0,578	12,270 (0,079)	12,168 (0,146)	0,541	0,842		
Modelo 4	16,868 (0,147)	17,275 (0,198)	0,105	0,655	12,258 (0,062)	12,208 (0,114)	0,700	0,904		
Modelo 5	16,866 (0,148)	17,279 (0,199)	0,102	0,652	12,260 (0,062)	12,201 (0,114)	0,650	0,903		
Impedância										
Modelo 1	0,582 (0,002)	0,588 (0,002)	0,021	0,047	0,601 (0,002)	0,601 (0,003)	0,929	0,014		
Modelo 2	0,582 (0,002)	0,588 (0,002)	0,032	0,056	0,601 (0,002)	0,601 (0,003)	0,915	0,036		
Modelo 3	0,582 (0,002)	0,588 (0,002)	0,023	0,068	0,601 (0,002)	0,601 (0,003)	0,905	0,035		
Modelo 4	0,582 (0,002)	0,588 (0,002)	0,025	0,058	0,601 (0,002)	0,601 (0,003)	0,815	0,003		
Modelo 5	0,582 (0,002)	0,588 (0,002)	0,020	0,065	0,601 (0,002)	0,601 (0,003)	0,882	0,003		
Retância										
Modelo 1	473,034 (6,098)	448,911 (8,154)	0,020	0,048	381,985 (7,609)	349,670 (14,054)	0,047	0,040		
Modelo 2	471,976 (5,949)	450,803 (7,970)	0,037	0,099	382,188 (7,598)	348,976 (14,043)	0,041	0,043		
Modelo 3	473,270 (5,337)	448,489 (7,157)	0,007	0,277	381,762 (6,060)	350,430 (11,202)	0,016	0,392		
Modelo 4	472,877 (5,325)	449,192 (7,151)	0,010	0,282	381,999 (6,020)	349,624 (11,140)	0,013	0,400		
Modelo 5	473,031 (5,342)	448,881 (7,179)	0,009	0,279	381,936 (6,066)	349,836 (11,245)	0,015	0,392		
Retância										
Modelo 1	53,646 (0,797)	50,294 (1,066)	0,014	0,055	54,965 (0,766)	53,164 (1,416)	0,267	0,003		
Modelo 2	53,548 (0,791)	50,469 (1,060)	0,023	0,075	54,977 (0,769)	53,120 (1,422)	0,255	0,004		
Modelo 3	53,683 (0,744)	50,228 (0,998)	0,007	0,184	54,948 (0,705)	53,220 (1,302)	0,247	0,158		

Modelo 4	53,620 (0,740)	50,341 (0,994)	0,010	0,195	55,006 (0,665)	53,022 (1,230)	0,161	0,252
Modelo 5	53,660 (0,738)	50,270 (0,992)	0,008	0,201	54,980 (0,665)	53,111 (1,233)	0,188	0,251
Resistência								
Modelo 1	469,940 (6,066)	446,039 (8,111)	0,021	0,048	579,330 (7,599)	547,633 (14,035)	0,047	0,040
Modelo 2	468,886 (6,917)	447,943 (7,238)	0,048	0,099	579,533 (7,587)	546,361 (14,024)	0,041	0,043
Modelo 3	470,173 (6,308)	445,642 (7,119)	0,007	0,276	579,108 (6,054)	547,812 (11,192)	0,016	0,391
Modelo 4	469,785 (6,298)	446,336 (7,114)	0,010	0,282	579,340 (6,018)	547,021 (11,135)	0,013	0,399
Modelo 5	469,935 (6,315)	446,032 (7,142)	0,009	0,2478	579,280 (6,063)	547,226 (11,241)	0,015	0,391
Ângulo de fase								
Modelo 1	6,589 (0,066)	6,430 (0,089)	0,154	0,012	5,485 (0,067)	5,603 (0,123)	0,406	0,004
Modelo 2	6,595 (0,067)	6,423 (0,089)	0,131	0,008	5,458 (0,067)	5,603 (0,124)	0,407	0,018
Modelo 3	6,592 (0,067)	6,425 (0,090)	0,141	0,002	5,486 (0,066)	5,599 (0,122)	0,423	0,012
Modelo 4	6,589 (0,067)	6,430 (0,090)	0,166	0,003	5,489 (0,065)	5,588 (0,121)	0,475	0,036
Modelo 5	6,587 (0,068)	6,433 (0,091)	0,181	0,013	5,486 (0,065)	5,599 (0,121)	0,416	0,042
Massa celular corporal								
Modelo 1	41,556 (0,581)	41,658 (0,777)	0,900	0,011	29,071 (0,482)	29,061 (0,889)	0,992	0,014
Modelo 2	41,568 (0,584)	41,600 (0,783)	0,974	0,015	29,047 (0,471)	29,143 (0,871)	0,924	0,034
Modelo 3	41,553 (0,376)	41,985 (0,505)	0,321	0,580	29,086 (0,222)	29,012 (0,410)	0,876	0,786
Modelo 4	41,448 (0,334)	41,814 (0,449)	0,518	0,670	29,065 (0,205)	29,084 (0,379)	0,965	0,818

Modelo 5	41,448 (0,337)	41,815 (0,452)	0,519	0,666	29,069 (0,206)	29,070 (0,382)	0,999	0,816	
Proporção de água extracelular e massa celular corporal									
Modelo 1	0,407 (0,001)	0,413 (0,002)	0,022	0,047	0,423 (0,003)	0,420 (0,006)	0,651	0,011	
Modelo 2	0,407 (0,001)	0,413 (0,002)	0,025	0,037	0,423 (0,003)	0,420 (0,006)	0,061	0,024	
Modelo 3	0,407 (0,001)	0,413 (0,002)	0,019	0,048	0,423 (0,003)	0,420 (0,006)	0,656	0,036	
Modelo 4	0,407 (0,001)	0,413 (0,002)	0,019	0,037	0,423 (0,003)	0,420 (0,006)	0,712	0,024	
Modelo 5	0,407 (0,001)	0,413 (0,002)	0,017	0,032	0,423 (0,003)	0,420 (0,006)	0,718	0,038	

M: Média; SE: erro padrão de estimativa; R²: coeficiente de determinação; Modelo 1: bruto, sem covariáveis; Modelo 2: ajustado pela idade; Modelo 3: ajustado pela idade e massa isenta de gordura e osso (MIGO); Modelo 4: ajustado pela idade, MIGO e gordura corporal; Modelo 5: ajustado pela idade, MIGO, gordura corporal e tempo de prática.

Tabela 5. Regressão linear simples e múltipla entre os indicadores bioelétricos e as covariáveis em aulas universitárias.

	Masculino (n = 92)				Feminino (n = 75)							
	β (IC95%)	β padronizado	R ²	p	BIC; AIC ^c	VIF	β (IC95%)	β padronizado	R ²	p	BIC; AIC ^c	VIF
ACT												
Modelo 1	-0,16 (-2,35; 2,02)	-0,01	0,01	0,67			-0,20 (-2,40; 2,00)	-0,02	0,01	0,85		
Modelo 2	-0,31 (-2,54; 1,91)	-0,03	0,01	0,73	154,73; 563,17	1,03	-0,80 (-2,23; 2,07)	-0,08	0,03	0,94	103,55; 420,40	1,01
Modelo 3	0,75 (-0,70; 2,22)	0,07	0,57	0,30	78,79; 484,51	1,04	-0,27 (-1,07; 0,52)	-0,02	0,86	0,49	-41,78; 212,75	1,07
Modelo 4	0,57 (-0,73; 1,88)	0,05	0,65	0,38	62,00; 465,40	1,06	-0,14 (-0,77; 0,47)	-0,01	0,92	0,63	-76,44; 235,78	1,06
Modelo 5	0,58 (-0,74; 1,91)	0,05	0,95	0,38	66,31; 467,38	1,12	-0,16 (-0,78; 0,46)	-0,01	0,91	0,61	-72,40; 237,49	1,10
AIC												
Modelo 1	-0,21 (-1,58; 1,15)	-0,03	0,01	0,75			-0,12 (-1,50; 1,25)	-0,02	0,01	0,85		
Modelo 2	-0,29 (-1,69; 1,09)	-0,04	0,01	0,67	68,24; 476,86	1,03	-0,05 (-1,39; 1,29)	-0,01	0,03	0,94	33,07; 349,93	1,01
Modelo 3	0,36 (-0,55; 1,29)	0,05	0,56	0,42	-6,39; 399,52	1,04	-0,17 (-0,66; 0,31)	-0,02	0,87	0,48	-115,88; 198,65	1,07
Modelo 4	0,25 (-0,57; 1,08)	0,03	0,64	0,54	-22,74; 380,65	1,06	-0,09 (-0,48; 0,29)	-0,01	0,92	0,61	-146,94; 165,27	1,06
Modelo 5	0,25 (-0,58; 1,09)	0,03	0,64	0,55	-18,22; 382,64	1,12	-0,10 (-0,49; 0,29)	-0,01	0,91	0,60	-142,70; 167,20	1,10
AFC												
Modelo 1	0,05 (-0,77; 0,88)	0,01	0,01	0,89			-0,07 (-0,91; 0,76)	-0,02	0,01	0,85		
Modelo 2	-0,01 (-0,86; 0,83)	-0,04	0,01	0,96	-23,46; 384,97	1,03	-0,02 (-0,84; 0,78)	-0,01	0,03	0,94	-42,20; 274,65	1,01
Modelo 3	0,39 (-0,16; 0,94)	0,09	0,57	0,57	-88,91; 307,05	1,04	-0,10 (-0,43; 0,22)	-0,02	0,84	0,54	-117,11; 140,42	1,07
Modelo 4	0,33 (-0,18; 0,82)	0,08	0,65	0,20	-114,53; 288,86	1,06	-0,05 (-0,30; 0,20)	-0,01	0,90	0,70	-174,11; 140,42	1,06
Modelo 5	0,33 (-0,17; 0,84)	0,08	0,64	0,19	-110,19; 290,68	1,12	-0,05 (-0,31; 0,20)	-0,01	0,90	0,65	-204,81; 105,08	1,10
AFC/AIC												
Modelo 1	0,05 (-0,01; 0,01)	0,20	0,04	0,04			0,01 (-0,01; 0,01)	0,01	0,01	0,92		

Modelo 2	0.05 (-0.05; 0.01)	0.22	0.05	0.06	-944.28; -555.84	1.03	0.01 (-0.01; 0.01)	0.01	0.02	0.91	-757.23; -440.37	1.01
Modelo 3	0.05 (-0.01; 0.01)	0.20	0.05	0.06	-942.09; -536.18	1.04	0.01 (-0.01; 0.01)	0.01	0.01	0.90	-753.30; -438.76	1.07
Modelo 4	0.05 (-0.01; 0.01)	0.20	0.04	0.06	-957.61; -534.21	1.06	0.01 (-0.01; 0.01)	0.02	0.03	0.81	-752.84; -440.62	1.06
Modelo 5	0.01 (0.01; 0.11)	0.22	0.05	0.04	-955.12; -534.25	1.12	0.01 (-0.01; 0.01)	0.01	0.03	0.88	-749.64; -439.73	1.10
Z												
Modelo 1	-24.12 (-44.35; 3.89)	-0.25	0.04	0.01			-32.31 (-64.16; -0.46)	-0.23	0.04	0.04		
Modelo 2	-21.25 (-41.28; -1.22)	-0.21	0.28	0.03	558.40; 966.84	1.03	-31.33 (-56.74; -5.92)	-0.22	0.39	0.04	507.58; 824.44	1.01
Modelo 3	-27.15 (-45.12; -9.18)	-0.27	0.29	0.03	540.28; 946.20	1.04	-33.21 (-65.05; -1.36)	-0.23	0.39	0.04	476.92; 791.46	1.07
Modelo 4	-26.42 (-44.33; -8.51)	-0.26	0.29	0.01	542.80; 946.19	1.06	-32.37 (-57.65; -7.09)	-0.23	0.39	0.01	479.13; 791.36	1.06
Modelo 5	-27.51 (-45.57; -9.45)	-0.27	0.29	0.01	546.32; 947.20		-32.10 (-57.64; -6.55)	-0.22	0.39	0.01	483.58; 795.28	1.10
Xc												
Modelo 1	-3.35 (-5.15; -1.60)	-0.25	0.03	0.01			1.80 (-5.08; 1.40)	-0.12	0.03	0.26		
Modelo 2	-2.41 (-5.71; 1.36)	-0.23	0.07	0.03	188.01; 596.44	1.03	-1.85 (-5.08; 1.36)	-0.13	0.03	0.25	164.06; 480.92	1.01
Modelo 3	-3.45 (-5.98; -0.93)	-0.26	0.18	0.01	187.01; 599.45	1.04	-1.72 (-4.88; 1.22)	-0.12	0.15	0.25	150.06; 470.56	1.07
Modelo 4	-3.34 (-5.85; -0.83)	-0.25	0.19	0.01	181.21; 584.60	1.06	-1.98 (-4.77; 0.80)	-0.14	0.25	0.16	148.56; 460.78	1.06
Modelo 5	-3.56 (-6.08; -1.05)	-0.27	0.20	0.01	183.57; 584.44	1.12	-1.86 (-4.67; 0.93)	-0.13	0.25	0.18	151.84; 461.74	1.10
R												
Modelo 1	-25.30 (-45.34; -5.25)	-0.25	0.04	0.01			-32.27 (-64.08; 0.46)	0.04	0.04	0.04		
Modelo 2	-20.94 (-40.66; -1.22)	-0.21	0.09	0.03	557.40; 965.84	1.03	-33.17 (-64.97; -1.37)	-0.23	0.09	0.04	507.58; 824.24	1.01
Modelo 3	-26.92 (-44.79; -9.05)	-0.27	0.28	0.04	539.29; 945.21	1.04	-31.29 (-56.68; -5.91)	-0.22	0.39	0.01	476.78; 791.32	1.07
Modelo 4	-26.19 (-44.01; -8.38)	-0.26	0.29	0.04	541.83; 945.22	1.06	-33.31 (-57.59; -7.04)	-0.23	0.39	0.01	479.07; 791.29	1.06
Modelo 5	-27.27 (-45.24; -9.30)	-0.27	0.29	0.01	539.29; 945.21		-32.05 (-57.59; -6.51)	-0.22	0.39	0.01	545.58; 946.25	1.10
AF												
Modelo 1	-0.12 (-0.34; 0.09)	-0.11	0.01	0.27			0.11 (-0.16; 0.39)	-0.09	0.04	0.40		
Modelo 2	-0.14 (-0.36; 0.08)	-0.13	0.08	0.21	-267.23; 141.20	1.03	0.11 (-0.16; 0.39)	0.09	0.01	0.40	-201.55; 115.52	1.01

Modelo 3	-0,13 (-0,36; 0,09)	-0,12	0,01	0,24	-262,80;	143,17	1,04	0,11 (-0,16; 0,39)	0,09	0,01	0,42	-200,57;	114,03	1,07
Modelo 4	-0,12 (-0,35; 0,09)	-0,12	0,01	0,26	-259,09;	113,10	1,06	0,09 (-0,17; 0,37)	0,08	0,03	0,47	-199,11;	113,10	1,06
Modelo 5	-0,12 (-0,35; 0,11)	-0,11	0,02	0,30	-254,92;	145,94		0,11 (-0,16; 0,38)	0,09	0,04	0,41	-196,34;	113,55	1,10
MCC														
Modelo 1	-0,41 (-2,34; 1,50)	-0,04	0,09	0,66				-0,01 (-2,02; 2,00)	-0,01	0,01	0,99			
Modelo 2	-0,37 (-2,53; 1,38)	-0,06	0,01	0,56	131,01;	539,45	1,03	0,09 (-1,87; 2,06)	0,01	0,03	0,92	90,49;	407,35	1,01
Modelo 3	0,37 (-0,90; 1,65)	0,04	0,57	0,56	54,34;	460,26	1,04	-0,73 (-1,00; 0,85)	-0,01	0,78	0,87	-19,17;	295,36	1,07
Modelo 4	0,20 (-0,93; 1,33)	0,02	0,66	0,72	35,36;	438,75	1,06	0,01 (-0,84; 0,87)	0,01	0,81	0,96	-28,05;	284,16	1,06
Modelo 5	0,20 (-0,94; 1,35)	0,02	0,66	0,72	39,88;	440,75	1,12	0,01 (-0,86; 0,86)	0,01	0,81	0,99	-24,01;	285,89	1,10
AEC/MCC														
Modelo 1	0,05 (0,08; 0,01)	0,23	0,04	0,04				-0,03 (-0,01; 0,01)	-0,05	0,01	0,65			
Modelo 2	0,04 (0,07; 0,01)	0,23	0,03	0,05	-968,86;	-560,42	1,03	-0,02 (-0,01; 0,01)	-0,05	0,02	0,66	-659,80;	-342,94	1,01
Modelo 3	0,01 (0,01; 0,10)	0,22	0,03	0,03	-966,61;	-560,69	1,04	-0,01 (-0,01; 0,10)	-0,05	0,03	0,65	-652,69;	-341,15	1,07
Modelo 4	0,01 (0,01; 0,10)	0,23	0,02	0,03	-962,10;	-558,70	1,06	-0,01 (-0,01; 0,10)	-0,04	0,02	0,71	-653,32;	-341,10	1,06
Modelo 5	0,01 (0,01; 0,10)	0,24	0,02	0,02	-958,34;	-557,46	1,12	-0,01 (-0,01; 0,10)	-0,04	0,03	0,71	-649,00;	-339,10	1,10

ACT: água corporal total; AIC: água intracelular; AEC: água extracelular; AEC/AIC: proporção de AEC e AIC; Z: impedância; Xc: resistência; R: resistência; AF: ângulo de fase; MCC: massa celular corporal; AEC/MCC: proporção de AEC e MCC; [IC95%: intervalo de confiança de 95%; BIC: critério bayesiano; AICc: critério de akaike corrigido; VIF: fator inflacionário de variância; Modelo 1: bruto; Modelo 2: ajustado pela idade; Modelo 3: ajustado pela idade e massa isenta de gordura e osso (MIGO); Modelo 4: ajustado pela idade, MIGO e gordura corporal (transformação logarítmica); Modelo 5: ajustado pela idade, MIGO e gordura corporal (transformação logarítmica) e tempo de prática no esporte.

2.3 ARTIGO III

Análise de vetor da bioimpedância elétrica (BIVA) em atletas universitários

Resumo

Objetivou-se comparar a análise de vetores da bioimpedância (BIVA) entre atletas universitários de esportes de equipe e individuais e com população não atleta de referência. Estudo transversal, com 167 atletas universitários de 18 a 35 anos. A bioimpedância octopolar foi utilizada para mensuração dos valores de R e Xc que foram utilizados na análise da BIVA para identificar o estado de hidratação e a massa celular corporal (MCC). Não houve diferenças entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais do sexo masculino ($p=0,151$) e para as atletas do sexo feminino ($p=0,624$) nas elipses de confiança. A maioria dos atletas, de ambos os sexos, praticantes de esportes de equipe e individuais, ficou localizado nas elipses de 50% de tolerância, indicando hidratação adequada e em comparação com a população italiana não atleta, os atletas, de ambos os sexos, mostraram desvio do vetor de impedância para a esquerda no eixo menor (Xc) das elipses de tolerância, indicando maior MCC. Conclui-se que não houve diferenças na análise da BIVA entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais, mas a maioria dos atletas apresentou estado de hidratação adequado e em comparação com a população italiana não atleta, os atletas do presente estudo apresentaram maior MCC.

Palavras-chave: água corporal; composição corporal; desempenho atlético; esportes.

Introdução

A análise de vetor de bioimpedância elétrica (BIVA) derivada de medidas de resistência e reatância é um método utilizado para identificar o estado nutricional e monitorar o estado de hidratação em diferentes populações (Simini, Bertemes-Filho, 2018; Lukaski, Kyle, Kondrup, 2017, Norman et al., 2012). Por meio da plotagem dos indivíduos em elipses, a BIVA permite identificar diferenças no estado de hidratação e componentes da composição corporal, como a massa celular corporal

(MCC) ao comparar grupos com distintas características (Castizo-Olier et al., 2018; Giorgi et al., 2018; Pollastri et al., 2016).

No contexto esportivo, diferentes estudos identificaram hidratação normal (Micheli et al., 2014) e inadequada entre os atletas (Pollastri et al., 2016, Micheli et al., 2014, Mascherini et al., 2015). O monitoramento do estado de hidratação é importante, porque é reconhecido que a desidratação e a hiper-hidratação (acúmulo de fluidos), podem prejudicar o desempenho físico dos atletas e acarretar maior chance de lesões (Pollastri et al., 2016, Moon, 2013). O monitorando das variações de fluidos corporais pode ajudar na prescrição adequada da ingestão de líquidos e, assim, limitar os efeitos deletérios da desidratação para a saúde e desempenho (Castizo-Olier et al., 2018, Carrasco-Marginet et al., 2017). Ademais, a identificação de lesões e o acompanhamento durante a recuperação até o retorno aos jogos depende de métodos caros, que nem sempre são acessíveis a todos os clubes e instituições, como por exemplo, análise da creatina-quinase e avaliação por ressonância magnética. Portanto, a investigação da BIVA no campo da medicina esportiva é justificada porque o método avalia em tempo real, de forma não invasiva e com custo relativamente baixo (Castizo-Olier et al., 2018).

A análise da BIVA também permite a investigação da MCC. Estudos realizaram comparações entre atletas e a população não atleta e identificaram que os atletas apresentaram desvio da BIVA para a esquerda no eixo da reatância, indicando maior MCC, quando comparados à população não atleta (Carrasco-Marginet et al., 2017, Campa, Toselli, 2018). Outras pesquisas realizaram comparações entre atletas de diferentes níveis de desempenho, e observaram que atletas profissionais quando comparado a atletas amadores apresentaram maior MCC (Micheli et al., 2014, Andreoli et al., 2003, Melchiorri et al., 2017). Ainda, pesquisa investigou atletas em diferentes períodos da temporada e encontrou que a MCC reduziu após competição esportiva em relação ao período pré-competição (Coufalova et al., 2014).

Nesse sentido, destaca-se a importância de avaliar a composição corporal, sobretudo a MCC, pois o estresse físico causado pela carga de treinamento e a participação em competições esportivas, podem ocasionar mudanças na MCC que podem ser prejudiciais ao rendimento físico e à saúde celular dos atletas (Campa, Toselli, 2018, Veitia et al., 2017). Adicionalmente, a composição corporal tem sido empregada para discriminar atletas de diferentes níveis de desempenho e tem demonstrado impactar no sucesso esportivo (Giorgi et al., 2018). Embora, diferentes

estudos tenham realizado comparações entre atletas e não atletas (Carrasco-Marginet et al., 2017, Campa, Toselli, 2018) nenhum estudo comparou atletas praticantes de esportes de equipe e individuais o que instiga a necessidade de novas investigações, visto que a composição corporal e o treinamento físico são diferenciados de acordo com a especificidade do esporte (Pasulka et al., 2017) o que pode impactar em diferenças na análise da BIVA.

Estudo realizado com atletas de diferentes modalidades esportivas, encontrou maiores valores do ângulo de fase em atletas praticantes de ginástica, levantadores de peso e judô, quando comparado a atletas praticantes de futebol e hóquei (Veitia et al., 2017). Por outro lado, os atletas praticantes de modalidades de equipe apresentaram maiores valores de impedância (Veitia et al., 2017). Estes achados reforçam a necessidade de investigar outros indicadores de distribuição de fluidos e de saúde celular, como a BIVA em atletas de esportes de equipe e individuais. Desta forma, o objetivo do estudo foi comparar as elipses de confiança e tolerância da BIVA entre atletas universitários de esportes de equipe e individuais e com uma população não atleta. As hipóteses do presente estudo são que os atletas universitários de esportes individuais apresentaram menores concentrações de MCC, quando comparado aos atletas de esportes de equipe, porque participaram de mais competições ao longo da temporada esportiva, o que pode favorecer perda de MCC (Andreoli et al., 2003) e que os atletas em comparação com a população não atleta, apresentaram posição vetorial diferente da BIVA, indicativo de adaptações da composição corporal devido a diferenças de treinamento e desempenho (Andreoli et al., 2003).

Método

Desenho do estudo

Estudo transversal, vinculado ao macroprojeto intitulado “Efeitos de uma temporada esportiva na saúde celular de atletas de diferentes modalidades” realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC, sob o número: 2.308.476. Todos os atletas universitários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Participantes

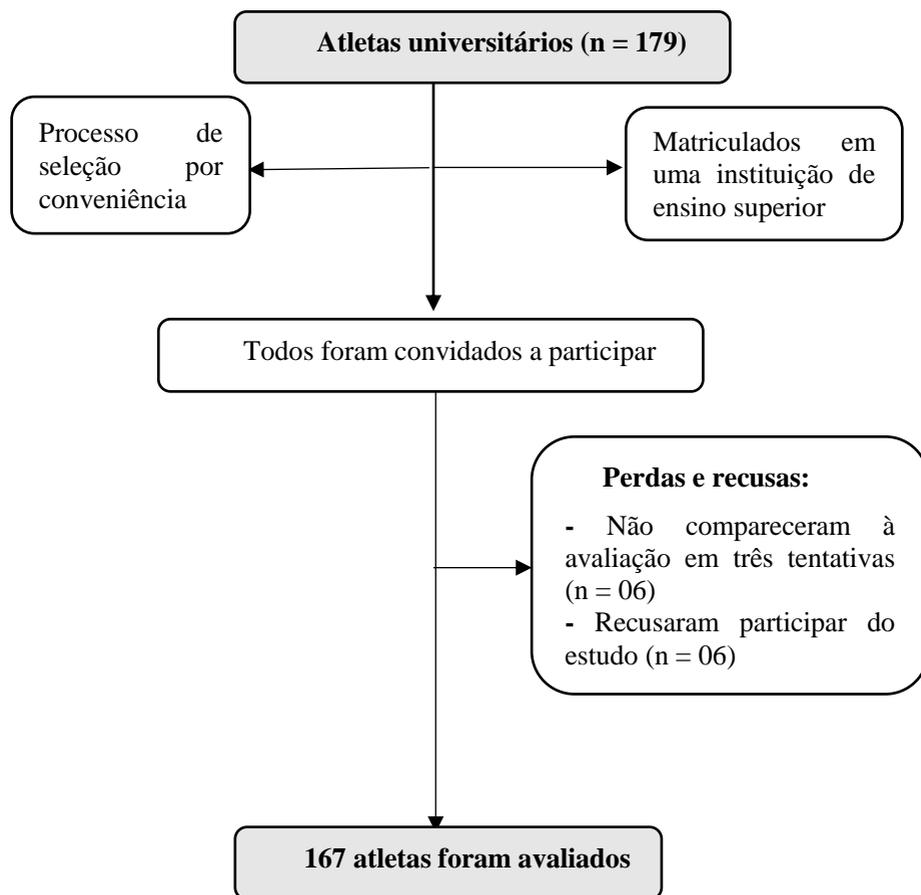


Figura 1. Fluxograma do processo de amostragem do presente estudo.

A modalidade praticada foi categorizada em esportes de equipe e/ou coletivos (basquetebol, *flag football*, futebol de campo, futsal, handebol, hóquei de grama e voleibol) e; esportes individuais e/ou em duplas (badminton, judô, natação, skate e tênis de mesa). O tempo de prática, o número de competições esportivas e a presença de lesões, foram obtidas

por meio de aplicação da ficha de anamnese, respondida individualmente por cada atleta.

Análise de vetor da bioimpedância (BIVA)

Para avaliar a BIVA foi utilizado o método da bioimpedância elétrica (BIA). O modelo utilizado foi InBody® 720, (Biospace, Los Angeles, USA), multifrequencial de oito eletrodos, medindo impedância em cinco frequências (1, 50, 250, 500 e 1000 kHz) e reatância em três (5, 50 e 250 kHz). A técnica forneceu os dados de impedância e reatância em frequência de 50 kHz, e calculado o valor de resistência. O modelo de BIA utilizado apresentou nível aceitável de reprodutibilidade e acurácia para estimativa de tecidos de composição corporal na frequência de 50 kHz, quando comparada a pletismografia e a absorciometria por dupla emissão de raios-X (Castro et al., 2018). Além disso, o fabricante reforça no manual do equipamento que um alto nível de precisão é encontrado ao seguir os procedimentos corretos de medição.

A partir dos valores de BIVA foram criadas as elipses de confiança e tolerância. As elipses confiança compreendem o intervalo de confiança de 95% para as médias de vetores que são encontradas ao traçar a média dos componentes da relação entre R e Xc pela estatura (metros) medida em um grupo de indivíduos (Picolli, Pastori, 2002). A média da amostra é apresentada como estimativa de resultados que seriam obtidos se fosse estudada a população total. Os intervalos de confiança são utilizados para verificar se uma média é significativamente diferente de um valor hipotético ou uma população de comparação (Picolli, Pastori, 2002). A elipse tolerância é a análise gráfica individual ou das três elipses: a mediana, o terceiro quartil e o percentil 95, que são regiões que incluem 50%, 75% e 95% dos pontos individuais, respectivamente (Picolli, Pastori, 2002). Dessa maneira, o gráfico de tolerância permite a classificação mais detalhada da posição de vetor da impedância individual (um ponto) no gráfico R/Xc, por meio da distância deste em relação ao vetor médio da população de referência.

Para a avaliação da BIA, a estatura foi mensurada pelo protocolo da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK), por pesquisador nível 1, com estadiômetro da marca AlturaExata® (Belo Horizonte, Brasil), resolução de 1 mm. Durante a avaliação dos atletas permaneceram em posição ortostática, segurando dois manetes e com os pés posicionados sob uma plataforma. A avaliação

durou cerca de dois minutos. Todos os atletas foram instruídos a atenderem as recomendações pré-teste que incluíam: jejum por pelo menos quatro horas, roupas leves (biquínis, sunga, maios, top, short de lycra), descalços, sem o uso de brincos e/ou anéis e/ou qualquer tipo de metal, abstenção de atividade física intensa no dia anterior, abstenção de bebidas com alto teor de cafeína nas 12 horas anteriores. As atletas do sexo feminino que estavam no período menstrual no dia da avaliação, foram reagendas para outro momento.

Métodos estatísticos

Para análise descritiva dos dados foi calculado a média e desvio-padrão. Curtose e assimetria foram utilizadas para verificar a normalidade dos dados (intervalo entre -2 e + 2). Foi empregado o Teste T de Student para identificar diferenças entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais. Para as elipses de confiança, os valores de R e Xc foram padronizados pela estatura (metros) e as diferenças entre os grupos foram analisadas pelo teste T² de Hotelling. O teste de T² Hotelling foi criado para comparação de vetores de médias populacionais (Hotelling, 1947). Para a elipse de tolerância, foram expressos os valores de R e Xc padronizados pela estatura para todos da amostra e as médias padronizadas em z-escore. Todas as análises foram realizadas no *software* BIVA 2002® (Microsoft, Padova, Itália), estabelecendo-se valor de $p \leq 0,05$.

Resultados

Participaram do estudo 167 (masculino = 92; feminino = 75) atletas de diferentes esportes de equipe e individuais. A média de idade do sexo masculino foi de 22,18 ($\pm 3,47$) anos, e para o sexo feminino foi 22,98 ($\pm 3,25$) anos. Os atletas do sexo masculino praticantes de esportes de equipe apresentaram maiores médias de R e Xc quando comparado aos atletas de esportes individuais ($p < 0,01$). Para as atletas do sexo feminino, apenas a R foi maior em atletas praticantes de esportes de equipe comparada as atletas de esportes individuais ($p < 0,01$). Os atletas do sexo masculino praticantes de esportes individuais participaram de mais competições em média, quando comparado aos atletas de esportes de equipe ($p < 0,01$). Ainda, os atletas, de ambos os sexos de esportes

individuais apresentaram maior volume semanal de carga de treino ($p < 0,01$) (Tabela 1).

As análises das elipses de confiança da BIVA demonstraram que as elipses ficaram sobrepostas, demonstrando que não houve diferenças entre atletas de esportes coletivos e individuais. O teste de Hotelling confirmou que para os atletas do sexo masculino ($p = 0,151$) e para atletas do sexo feminino ($p = 0,624$), não houve diferença entre os esportes de equipe e individuais (Figura 2).

A Figura 3 apresenta os vetores de todos os atletas em relação as elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% com a população de referência italiana saudável. A maioria dos atletas do de ambos os sexos e de ambas as modalidades, ficou localizada nas elipses de 50% de tolerância, indicando hidratação adequada. Em comparação com a população italiana saudável, os atletas do sexo de ambos os sexos e de ambas as modalidades, de equipe e individuais, tiveram desvio do vetor de impedância para a esquerda no eixo menor (X_c) das elipses de tolerância, indicando maior MCC. Ademais, nenhum atleta, de ambos os sexos, e de ambas as modalidades, de equipe ou individuais, ficou localizado no quadrante inferior a direito, que demonstra baixa MCC.

Tabela 1. Características da amostra estratificada por sexo e modalidade praticada.

	Masculino (n = 92)				Feminino (n = 75)			
	Esporte de equipe (n = 59)		Esporte Individual (n = 33)		Esporte de equipe (n = 58)		Esporte Individual (n = 17)	
	Média (±dp)	Média (±dp)	p-valor	Cohen'D	Média (±dp)	Média (±dp)	p-valor	Cohen'D
Massa corporal (kg)	72,14 ±9,08	71,72 ±8,46	0,82	0,04	59,99 ±8,19	59,00 ±9,09	0,66	0,11
Estatura (cm)	178,48 ±5,86	176,28 ±6,95	0,11	0,48	165,18 ±6,29	162,10 ±6,31	0,08	0,34
R (Ω)	470,44 ±44,10	445,14 ±50,34	0,01	0,54	579,33 ±59,36	547,05 ±52,17	0,04	0,55
Xc (Ω)	53,60 ±5,63	50,37 ±6,96	0,01	0,52	54,96 ±6,03	53,16 ±5,07	0,26	0,30
R/E (Ω/m)	264,68 ±26,05	253,52 ±31,68	0,31	0,38	350,54 ±40,98	340,07 ±34,03	0,92	0,27
Xc/E (Ω/m)	30,22 ±3,61	28,60 ±4,34	0,66	0,54	33,39 ±4,47	32,76 ±3,46	0,79	0,15
Tempo de prática (meses)	8,81 ±11,00	12,84 ±15,00	0,14	0,32	9,94 ±13,12	7,76 ±11,22	0,53	0,17
Competições (n)	1,30 ±1,23	3,11 ±3,51	<0,01	1,37	1,78 ±1,55	1,69 ±1,81	0,83	0,05
Carga de treinos (min*semana)	259,27 ±90,83	337,77 ±101,08	<0,01	1,04	224,48 ±99,12	334,50 ±93,49	<0,01	1,12

n: amostra; dp: desvio-padrão; kg: quilogramas; cm: centímetros; m: metros; min: minutos;

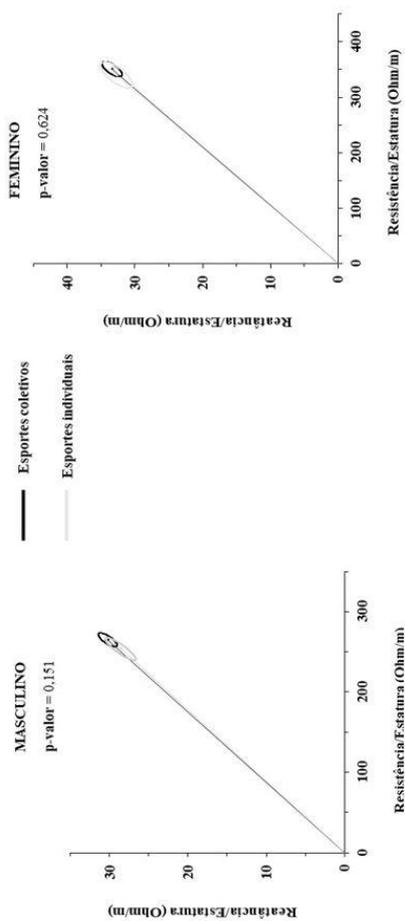


Figura 2. Vetores de impedância média com elipses de confiança de 95% dos atletas praticantes de esportes de equipe em comparação com as elipses dos atletas praticantes de esportes individuais.

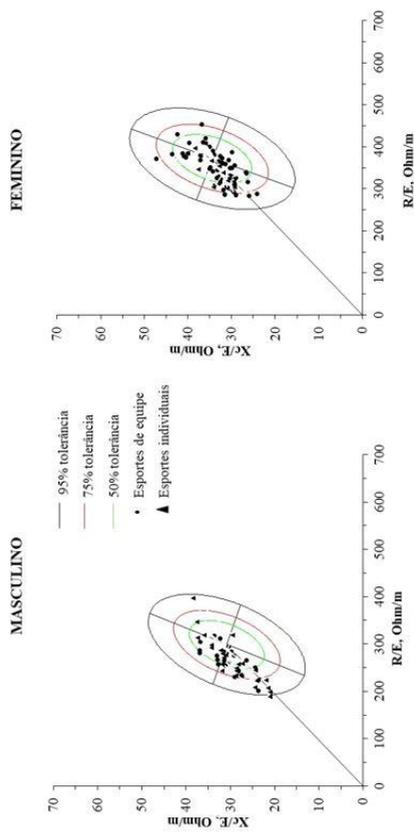


Figura 3. Vetores de impedância média com elipses de tolerância de 50%, 75% e 95% dos atletas praticantes de esportes de equipe em comparação com as elipses dos atletas praticantes de esportes individuais.

Discussão

Os principais resultados do presente estudo foram: 1) nas elipses de confiança e tolerância, não houve diferenças entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais em ambos os sexos; 2) a maioria dos atletas, de ambos os sexos, praticantes de esportes de equipe e individuais, ficou localizado nas elipses de 50% de tolerância, indicando hidratação adequada e 3) em comparação com a população italiana não atleta, os atletas, de ambos os sexos, mostraram desvio do vetor de impedância para a esquerda no eixo menor (X_c) das elipses de tolerância, indicando maior MCC.

Ao analisar as elipses de confiança e tolerância não houve diferenças entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais na presente pesquisa. Estudo realizado com atletas de voleibol da Itália identificou diferenças entre os atletas de elite e de baixo nível de rendimento esportivo (Campa, Toselli, 2018). Apesar da carga de treino e o número de participações em competições esportivas serem maiores em atletas praticantes de esportes individuais do presente estudo, a análise da BIVA não apresentou diferenças, o que pode sugerir que além de aspectos relacionados ao treinamento físico, outros fatores podem impactar nas análises da BIVA, como a massa corporal e a estatura que não difeririam nos atletas investigados na presente pesquisa.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a maioria dos atletas, de ambos os sexos, praticantes de esportes de equipe e individuais, ficou localizado nas elipses de 50% de tolerância, indicando hidratação adequada. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados com atletas de diferentes esportes e níveis (Campa, Toselli, 2018, Giorgi et al., 2018, Carrasco-Marginet et al., 2017, Micheli et al., 2014). Estes achados reforçam a utilização da BIVA no contexto esportivo para monitorar o estado de hidratação dos atletas.

No presente estudo, os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais, de ambos os sexos, apresentaram desvio do vetor de impedância para a esquerda no eixo menor (X_c) das elipses de tolerância, em comparação com a população italiana não atleta. Estes resultados indicam aumento da MCC, que pode refletir adaptações específicas do treinamento físico na composição corporal dos atletas (Andreoli et al., 2003). Estudo realizado com 525 atletas do sexo masculino de diferentes níveis de desempenho observou que os atletas apresentaram maior MCC, quando comparados à população italiana não atleta (Giorgi et al., 2018).

Estudo com atletas de voleibol do sexo feminino não encontrou diferenças entre os sexos ao comparar a MCC (Wilmore, 1979), portanto, especulase que as adaptações do esporte sejam semelhantes aos atletas do sexo masculino, porque as diferenças na composição corporal diminuem quando os indivíduos são treinados, principalmente em atletas que praticam o mesmo esporte (Mascherini et al., 2017).

Os pontos fortes desse estudo são a apresentação de resultados para atletas do sexo masculino e feminino, o que permitiu identificar possíveis diferenças entre os sexos. Outro ponto forte desse estudo é a investigação da BIVA em atletas, tema ainda pouco estudado na área de composição corporal que, durante muito tempo se preocupou somente com a distribuição de gordura corporal e massa magra. Este estudo também apresenta limitações como a utilização de uma população de referência da Itália, no entanto, não foram encontrados estudos que propuseram pontos de corte para a população adulta não atleta do Brasil. Além disso, a ausência de informações sobre os perímetros corporais, impossibilitou a utilização da BIVA específica, considerada mais robusta para a análise da composição corporal em atletas (Castizo-Olier et al., 2018).

Conclui-se que não houve diferenças na análise da BIVA entre os atletas praticantes de esportes de equipe e individuais, mas a maioria dos atletas apresentou estado de hidratação adequado e em comparação com a população italiana não atleta, os atletas do presente estudo apresentaram maior MCC. Desta forma, a BIVA parece ser técnica promissora e útil de análise do estado de hidratação e da massa celular corporal em atletas universitários.

Aplicações práticas

A análise da BIVA pode ser utilizada como marcador de treinamento para os atletas. Além disso, o baixo custo e o fácil manuseio da BIA podem ser empregados no planejamento, triagem e monitoramento dos atletas, com o objetivo de evitar a desidratação e a perda de MCC, que pode acarretar prejuízos à saúde celular.

Referências

Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, P., De Lorenzo, A. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetologica*, 40(1), s122-s125.

Campa, F., Toselli, S. (2018). Bioimpedance Vector Analysis of Élite, Sub-Élite and Low-Level Male Volleyball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1250-1253.

Carrasco-Marginet, M., Castizo-Olier, J., Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Rodríguez, F. A., Chaverri, D., (2017). Irurtia, A. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *Plos One*, 12(6), e0178819.

Castizo-Olier, J., Irurtia, A., Jemni, M., Carrasco-Marginet, M., Fernández-García, R., Rodríguez, F. A. (2018). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *Plos One*, 13(6), e0197957.

Castro, J. A.C., de Lima, L. R. A., Silva, D. A. S. (2018). Accuracy of octa-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of total and appendicular body composition in children and adolescents with HIV: comparison with dual energy X-ray absorptiometry and air displacement plethysmography. *Journal of Human. Nutrition and Dietetics*, 31(2), 276-285.

Coufalova, K., Cochrane, D. J., Maly, T., Heller, J. (2014). Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. *Archives of Budo*, 10(1), 161-168. 1-14.

Giorgi, A., Vicini, M., Pollastri, L., Lombardi, E., Magni, E., Andreazzoli, A., Gatterer, H. (2018). Bioimpedance patterns and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) of road cyclists. *Journal of Sports Science*, 36(22), 2608-2613.

Hotelling, H. (1947). *Multivariate quality control*. Techniques of Statistical Analysis, Eisenhart, Hastay and Wallis.

Lukaski, H. C., Kyle, U. G., Kondrup, J. (2017). Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. *Current Opinion Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 20(5), 330-339.

Mascherini, G.; Castizo-Olier, J.; Irurtia, A.; Petri, C.; Galanti, G. (2017). Differences between the sexes in athletes' body composition and lower

- limb bioimpedance values. *Muscles, Ligaments Tendons Journal*, 7(4), 573-581.
- Mascherini, G., Gatterer, J., Lukaski, H., Burtscher, M., Galanti, G. (2015). Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(7-8), 749–755, 2015.
- Melchiorri, G., Viero, V., Sorge, R., Triossi, T., Campagna, A., Volpe, S., Andreoli, A. (2017). Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical. Fitness*, 58(9), 1269-1274.
- Micheli, M. L., Pagani, L., Marella, M., Gulisano, M., Piccoli, A., Angelini, F., Gatterer, H. (2014). Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *International Journal of Sports. Physiology and Performance*, 9(3), 532-539.
- Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal Clinical Nutrition*, 67(1), S54.
- Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., Bösy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition*, 31(6), 854-861.
- Pasulka, J., Jayanthi N., McCann, A., Dugas L. R., LaBella, C. (2017). Specialization patterns across various youth sports and relationship to injury risk. *The Physician and Sportsmedicine*. 45(3), 344–352.
- Piccoli, A., Pastori, G. (2002). *BIVA software*. Padova: Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padova, Italy.
- Pollastri, L., Lanfranconi, F., Tredici, G., Schenk, K., Burtscher, M., Gatterer, H. (2016). Body fluid status and physical demand during the Giro d'Italia. *Research in Sports Medicine*, 24(1), 30-38.

Simini, F., Bertemes-Filho, P. (2018). (Eds.) *Bioimpedance in Biomedical Applications and Research*. Springer International Publishing.

Veitia, W. C., Campo, Y. D., García, I. M. E., Chavez, D. A., Gutiérrez, L. R. E., Cordova, (2017). A. Body composition analysis using bioelectrical parameters in the Cuban sporting population. *Archivos de Medicina del Deporte*, 34(4), 207-2015.

Wilmore, J. H. (1979). The application of science to sport: physiological profiles of male and female athletes. *Canadian Journal of Applied Sports Sciences*, 4(2), 103-115.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação apresenta limitações, como a utilização da BIA, considerada método secundário que apenas estima ou prediz as variáveis de composição corporal por equações de regressão. Outra limitação é que os fabricantes de equipamentos da BIA não fornecem as equações usadas para calcular os volumes corporais (ACT, AIC, AEC e AEC/AIC). Em relação a amostra do presente estudo, o tamanho amostral de cada modalidade não permitiu realizar comparações entre atletas de diferentes posições, pois reduziria o poder amostral das análises. Ainda, a ausência de controle de qual período da temporada (pré ou pós-competição) as equipes estavam, pode ter interferido nos resultados. Por fim, o delineamento do estudo transversal, não permite estabelecer relações de causa e efeito e nem permite estabelecer relações ao longo de uma temporada esportiva.

Contudo, aspectos positivos desta dissertação devem ser elencados, como o grande número de bases de dados incluídas na revisão sistemática, o que permitiu ter o panorama da temática investigada. Além disso, todos os dados foram explorados estratificados pelo sexo dos atletas, o que permitiu identificar possíveis diferenças entre os sexos. Outro ponto forte desta dissertação é a investigação dos indicadores de saúde celular em atletas, tema ainda pouco estudada na área de composição corporal que, durante muito tempo se preocupou somente com a distribuição de gordura corporal e massa magra. Ademais, a utilização da DXA, considerada medida de referência para avaliar a gordura corporal e a MIGO é outro ponto forte.

Por meio da revisão sistemática pôde-se evidenciar que os indicadores investigados nos estudos longitudinais foram a ACT, AIC, AEC, AF, BIVA e AEC/MCC. Ainda, foi evidenciado que os estudos transversais apresentaram associação direta com o sexo, idade, nível de desempenho esportivo, modalidade e posição de jogo.

No trabalho de campo destaca-se a diferença entre os esportes, em que os atletas de modalidades individuais do sexo masculino apresentaram maiores valores de AEC/AIC e AE/MCC, e menores valores de Xc em comparação aos atletas praticantes de esportes de equipe. Para os parâmetros Z e R, os atletas universitários que praticavam esportes de equipe, de ambos os sexos, apresentaram maiores valores que os atletas de modalidades individuais. Portanto, os atletas universitários

de esportes de equipe apresentaram melhores indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular, quando comparado aos atletas de esportes individuais. Ainda, por meio do trabalho de campo, foi observado que os atletas de esportes de equipe e individuais não diferiram na análise da BIVA, e que a maioria dos atletas estava com hidratação adequada. Além disso, em comparação com a população não atleta, os atletas apresentaram maior MCC, observada por meio da BIVA. Sendo assim, o presente estudo trouxe como contribuição aos profissionais da área de Educação Física a usabilidade de técnica de baixo custo e fácil manuseio, podendo ser utilizada no monitoramento de indicadores de distribuição de fluidos e de integridade celular em atletas universitários.

APÊNDICES

APÊNDICE A – BUSCAS NAS BASES DE DADOS

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	<p style="text-align: center;">PUBMED – TEXT WORD Número de estudos localizados: 174 Filtros: Somente idade (adultos [+19 anos], jovens adultos [19 a 24 anos], adultos [19 a 44 anos]). Número de estudos após a aplicação dos filtros: 112 artigos</p> <p style="text-align: center;">Descritores</p> ("total body water"[Text Word] OR "intracellular water"[Text Word] OR "extracellular water"[Text Word] OR "body fluid"[Text Word] OR "intracellular fluid"[Text Word] OR "extracellular fluid"[Text Word] OR "body fluid compartments"[Text Word] OR "dehydration"[Text Word] OR "hydration"[Text Word] OR "fluid therapy"[Text Word] OR "phase angle"[Text Word] OR "interstitial fluid"[Text Word] OR "body cell mass"[Text Word] OR "cellular health"[Text Word] OR "cellular function"[Text Word] OR "cellular integrity"[Text Word] OR impedance vector analysis[Text Word] OR "bioimpedance vector analysis"[Text Word] OR BIA[Text Word])	120.265
#2	("electric impedance"[Text Word] OR "electric resistance"[Text Word] OR "bioelectrical impedance analysis"[Text Word] OR "multifrequency bioimpedance measurements"[Text Word] OR "Bioelectrical impedance"[Text Word] OR BIA[Text Word])	18.301
#3	Athletes[Text Word] OR "university athletes"[Text Word] OR players[Text Word] OR "sports team"[Text Word] OR "sports athletes"[Text Word] OR athlete[Text Word] OR "collegiate athletes"[Text Word] OR "varsity athletes"[Text Word] OR "college athletes"[Text Word]	90.778
#1 AND #2 AND #3	(((Athletes[Text Word] OR "university athletes"[Text Word] OR players[Text Word] OR "sports team"[Text Word] OR "sports athletes"[Text Word] OR athletic[Text Word] OR "collegiate athletes"[Text Word] OR "varsity athletes"[Text Word] OR "college athletes"[Text Word])) AND ("electric impedance"[Text Word] OR "electric resistance"[Text Word] OR "bioelectrical impedance analysis"[Text Word] OR "multifrequency bioimpedance measurements"[Text Word] OR "Bioelectrical impedance"[Text Word] OR BIA[Text Word])) AND ("electric impedance"[Text Word] OR "electric resistance"[Text Word] OR "bioelectrical impedance analysis"[Text Word]	112

WEB OF SCIENCE – TOPIC

Número de estudos localizados: 90

Filtros: Somente tipo de documento (artigos científicos)

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 76 artigos

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	("total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA)	181.457
#2	("electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA)	11.704
#3	(Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes")	149.894
#1 AND #2 AND #3	(total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA AND "electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes.")	76

MEDLINE - TEXT WORD

Número de estudos localizados: 483

Filtros: Somente idade (adultos [-19 anos], jovens adultos [19 a 24 anos], adultos [19 a 44 anos]).

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 266 artigos

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA	252.728
#2	"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA	35.385
#3	Athletes: OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"	165.886
#1 AND #2 AND #3	total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA AND "electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"	266

SPORIDISCUS - TEXT WORD
Número de estudos localizados: 840
Filtros: Exceto revistas acadêmicas
Número de estudos após a aplicação dos filtros: 792 artigos

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration" OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA	17.519
#2	"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA	46.529
#3	Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes."	637.811
#1 AND #2 AND #3	total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration" OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA AND "electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes."	792

SCIENCE DIRECT - ALL FIELDS

Número de estudos localizados: 58

Filtros: Somente artigos científicos

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 47 artigos

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR "impedance vector analysis" OR "bioimpedance vector analysis" OR BIA	74.749
#2	"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA	391
#3	Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"	42.371
#1 AND #2 AND #3	(total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR "impedance vector analysis" OR "impedance vector analysis" OR BIA) AND ("electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "frequency impedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA) AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes") AND LIMIT-TO(commentary, "JLBS";journal)	47

SCIELO - TOPIC – INGLÊS/PORTUGUÊS
Número de estudos localizados: 02

Filtros: sem filtros

Número de estudos após a aplicação dos filtros: **02 artigos**

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	<p>"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA</p>	1.895
#2	<p>"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA</p>	315
#3	<p>Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"</p>	2.888
#1 AND #2 AND #3	<p>"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA AND electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"</p>	02

LLACS – INGLÊS/PORITUGUES

Número de estudos localizados: 01

Filtros: sem filtros

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 01 artigo

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	<p>"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis." OR BIVA</p>	1244
#2	<p>"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA</p>	176
#3	<p>Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"</p>	4214
#1 AND #2 AND #3	<p>"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR "dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA AND electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical impedance" OR BIA AND Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"</p>	01

SCOPUS - ALL FIELDS
 Número de estudos localizados: 873
 Filtros: artigos e conference paper

Blocos	Descritores	Estudos localizados
#1	"total body water" OR "intracellular water" OR "extracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular fluid" OR "extracellular fluid" OR "body fluid compartments" OR dehydration OR hydration OR fluid therapy OR "phase angle" OR "interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular function" OR "cellular integrity" OR impedance vector analysis OR "bioimpedance vector analysis" OR BIVA	786.434
#2	"electric impedance" OR "electric resistance" OR "bioelectrical impedance analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "Bioelectrical Impedance" OR BIA	142.224
#3	Athletes OR "university athletes" OR players OR "sports team" OR "sports athletes" OR athletic OR "collegiate athletes" OR "varsity athletes" OR "college athletes"	553.263
#1 AND #2 AND #3	(ALL (athletes OR "university athletes" OR athletes OR "collegiate athletes" OR athletic OR "varsity athletes" OR "college athletes" OR "sports team" OR "sports athletes" OR "athletic OR analysis" OR "multifrequency bioimpedance measurements" OR "bioelectrical impedance" OR BIA) AND ALL ("interstitial fluid" OR "body cell mass" OR "cellular health" OR "cellular integrity" OR impedance AND vector analysis" OR BIVA) OR ALL ("total body water" OR "intracellular water" OR "body fluid" OR "intracellular compartments" OR dehydration OR hydration OR "fluid therapy" OR "phase angle")) AND (LIMIT TO (DOCTYPE, "ar")) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "cp"))	689

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE DESPORTOS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Atleta Universitário(a),

O Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) está realizando uma pesquisa sobre as condições de saúde celular dos atletas universitários da Universidade Federal de Santa Catarina.

A pesquisa é intitulada “EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES”, cujos objetivos são: 1) analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de diferentes modalidades; 2) estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no início da temporada competitiva; 3) estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no decorrer da temporada competitiva; 4) estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação ao final da temporada competitiva; 5) verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a frequência semanal de treinamento, a duração de cada sessão de treinamento e a quantidade de competições durante a temporada; 6) verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a massa de gordura, massa óssea e massa isenta de gordura e osso.

Você, prezado atleta, está sendo convidado a participar dessa pesquisa. Nessa pesquisa, você será submetido a uma avaliação da água corporal, que é um indicativo de saúde celular. Além da avaliação da água

corporal, você também será submetido a avaliação da gordura corporal, da quantidade de peso do osso e do músculo. Essas avaliações serão realizadas nas dependências do Centro de Desportos da UFSC e não lhe trará nenhum prejuízo ou danos à saúde. Essa pesquisa está associada ao Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria e Desempenho Humano que forma há mais de 21 anos, alunos de graduação, mestrado e doutorado na Universidade Federal de Santa Catarina.

Os possíveis riscos em participar da pesquisa são: 1) nas avaliações da água corporal, o atleta deverá ficar de roupa de banho (sunga para os homens e maiôs para as mulheres) e sem nenhuma pulseira, corrente, piercing, brinco e material metálico no corpo. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Nenhum risco potencial à saúde é observado nesse tipo de avaliação; 2) nas avaliações da gordura corporal, o atleta deverá ficar com a mesma vestimenta utilizada na avaliação da água corporal e mais uma touca de natação no cabelo para minimizar o volume corporal que aumenta em virtude do cabelo. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Nenhum risco potencial à saúde é observado nesse tipo de avaliação; 3) nas avaliações da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, o atleta ficará com a mesma vestimenta usada nas avaliações de água corporal. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Ainda, para avaliação da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, você será exposto à radiação que é de menor quantidade do que a exposta em um raio X, e é equivalente a um dia de exposição ao sol. Tal teste é amplamente utilizado ao redor do mundo e nenhum risco em potencial à saúde é observado.

Os principais benefícios em você participar da pesquisa é que o vosso treinador e a sua equipe terá um perfil das condições de saúde celular, de gordura corporal, de osso e de músculo de todos os atletas e poderá adotar estratégias para melhorar e/ou manter essas condições ao longo da temporada. Você realizará três avaliações ao longo da temporada, de modo que as informações podem auxiliar em que momento do ano competitivo, o atleta tem melhor ou pior desempenho. Durante os procedimentos de coleta de dados você estará sempre acompanhado por

um dos pesquisadores, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso.

A sua participação é inteiramente voluntária, e você poderá deixar de fazer qualquer uma das avaliações, recusar-se a fazer as avaliações de água corporal, gordura, osso e músculo, ou ainda deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer problema, prejuízo ou discriminação no futuro.

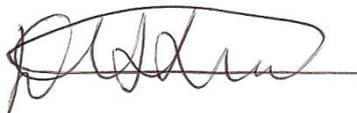
Não será feito qualquer pagamento pela sua participação no estudo e todos os procedimentos realizados serão inteiramente gratuitos. Você não terá nenhuma despesa advinda da sua participação na pesquisa, pois as atividades serão realizadas nas dependências da UFSC. Caso alguma despesa extraordinária associada à pesquisa venha a ocorrer, você será ressarcido nos termos da lei. A qualquer momento, você poderá ter acesso aos resultados do estudo por meio de publicações científicas e por meio de um relatório que será entregue a cada um dos treinadores das equipes.

Todas as informações obtidas serão confidenciais e o seu nome não será mencionado em nenhuma publicação científica e nem jornalística. Você será identificado por meio de um número aleatório que lhe acompanhará em todas as avaliações. As informações sobre as avaliações serão utilizadas exclusivamente para fins de análise científica e serão guardadas com segurança - somente terão acesso a elas os pesquisadores envolvidos no projeto. Mas sempre existe a remota possibilidade da quebra do sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei. Caso você tenha algum prejuízo material ou imaterial em decorrência da pesquisa poderá solicitar indenização, de acordo com a legislação vigente e amplamente consubstanciada.

O pesquisador coordenador da pesquisa é o Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina, lotado no Departamento de Educação Física que irá assegurar os preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012. Com ele você poderá manter contato pelos telefones (48) 3721-8562 ou (48) 3721-6342 ou ainda pelo e-mail diego.augusto@ufsc.br. Além disso, caso você tenha alguma dúvida em relação à pesquisa pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina pelo telefone (48)3721-9206 ou pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como será garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos

adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da participação. Duas vias deste documento estão sendo rubricadas e assinadas por você e pelo pesquisador responsável. Guarde cuidadosamente a sua via, pois é um documento que traz importantes informações de contato e garante os seus direitos como participante da pesquisa.



Professor Diego Augusto Santos Silva
Coordenador da Pesquisa

Eu

_____, RG _____ li este documento (ou tive este documento lido para mim por uma pessoa de confiança) e obtive dos pesquisadores todas as informações que julguei necessárias para me sentir esclarecido e optar por livre e espontânea vontade participar da pesquisa EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES.

Assinatura do atleta

Florianópolis, ____/____/____

APÊNDICE C – ANAMNESE DO ESTUDO

Data de avaliação: ____/____/____

<i>Identificação</i>	
Nome completo: _____	
ID: A ____ Sexo: () Masculino () Feminino	Data de nascimento: ____/____/____
Endereço: _____	
Cep: _____	Bairro: _____ Cidade: _____
Curso: _____ Turno que estuda: _____	
Telefone: () _____ Celular: () _____	
E-mail: _____	
<i>Perfil da modalidade</i>	
1. Modalidade praticada: _____	
2. Posição(ões) de jogo: _____	3. Tempo de prática: _____
4. Tempo de prática dentro do time da UFSC: _____	
5. Competições que participa por ano: _____ 6. _____	
Lado dominante: a) braços _____ b) pernas _____ 7. Possui algum tipo de lesão: () Sim () Não 8. Se sim, em qual local? _____ 9. _____	
Realiza ou realizou tratamento para a lesão () Sim () Não 10. N° de treinos por semana na UFSC _____ 11. Duração dos treinos na UFSC: _____ 12. Treina em equipes fora da UFSC () Sim () Não 13. Se sim, n° de treinos (sem) _____ 14. _____	
Duração: _____	
<i>Perfil nutricional</i>	
15. Você faz suplementação de cálcio ou vitamina D? () Sim () Não 16. Se sim, há quanto tempo? _____ 17. Tem o hábito de ingerir isotônico, ex: <i>gatorade</i> : _____	
18. Com que frequência? _____ 19. Você faz suplementação de proteína? () Sim () Não 20. Se sim, há quanto tempo? _____ 21. Quantos litros de água você bebe por dia? _____ 22. Ingera café ou bebidas com cafeína () Sim () Não. 23. Se sim, quantos copos? _____	

Estilo de vida

24. Pratica outra atividade física: () Sim () Não 25. Se sim, qual? Exemplo: caminhada, musculação: _____ 26. Nº de vezes por semana: _____
 27. Duração: _____ 28. Com que frequência ingere bebidas alcoólicas: _____ 29. Fuma cigarro: () Sim () Não 30. Horas de sono por dia na semana: _____ 31. Horas de sono por dia no final semana: _____

Histórico de saúde pessoal

31. Doenças adquiridas: _____ 32. Usa medicamentos diariamente? _____ 33. Se sim, quais? _____
 34. Nos últimos 03 meses, consultou um médico? _____ 35. Se sim, qual o motivo? _____ 36. Hospitalizações: () Sim () Não 37. Se sim, quanto tempo? _____ 38. Queixas atuais: () Sem queixas () Tonteira () Desmaios () Dor no peito () Palpitações - Outros: _____ 39. Menstruação regular: () Sim () Não 40. Faz uso de anticoncepcional? () Sim () Não

ANEXOS

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES

Pesquisador: Diego Augusto Santos Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 72183917.6.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.308.476

Apresentação do Projeto:

Trata o presente projeto, Efeitos de uma temporada esportiva na saúde celular de atletas de diferentes modalidades, de uma pesquisa submetida pelo Prof. Diego Augusto Santos Silva, que assina a folha de rosto como pesquisador responsável juntamente com o Prof. Jucemar Benedet, Chefe do Departamento de Educação Física/CDS/UFSC. Trata-se de um estudo longitudinal que pretende analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de 7 diferentes modalidades (futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação). Em todos eles, a categoria selecionada será a adulta, masculino e feminino. Os critérios de inclusão são: 1) atleta da equipe principal universitária; 2) não fazer uso de diuréticos durante todo o período da pesquisa; 3) não ter nenhum tipo de lesão no início do estudo. Os critérios de exclusão são: 1) atletas que passarem mais de um mês sem treinar ao longo da temporada; 2) atletas que relatarem tomar medicamentos para aumento do desempenho físico ao longo da temporada. Estima-se recrutar 120 atletas, que serão submetidos a coleta de dados em três momentos do ano competitivo (pré-temporada, durante a temporada e após a temporada). Os voluntários serão submetidos às seguintes análises, todas realizadas nas dependências do Centro de Desportos da UFSC: i) avaliação da água corporal, através do equipamento de bioimpedância espectroscópica; ii) avaliação da gordura corporal, estimada por meio do aparelho de

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Pólo Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-0094 **E-mail:** cep.propos@contato.ufsc.br

Continuação do Projeto: 2.308.476

pletismografia por deslocamento de ar; iii) avaliação massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, estimada por meio da absorciometria radiológica de dupla energia.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral: Analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de diferentes modalidades.

Objetivos Específicos:

- a) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, vôleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no início da temporada competitiva.
- b) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, vôleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no decorrer da temporada competitiva.
- c) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, vôleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação ao final da temporada competitiva.
- d) Verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a frequência semanal de treinamento, a duração de cada sessão de treinamento e a quantidade de competições durante a temporada.
- e) Verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a massa de gordura, massa óssea e massa isenta de gordura e osso.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Nenhum risco potencial à saúde é observado durante as intervenções que serão efetuadas. O risco previsto é o constrangimento, uma vez que durante as avaliações os participantes devem utilizar roupa de banho (sunga para os homens e maiô para as mulheres). Para minimizar esse risco um avaliador do mesmo sexo do voluntário o acompanhará nessa avaliação. Durante a avaliação da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso o voluntário será exposto à radiação que é de menor quantidade do que a exposta em um rai X, sendo equivalente a um dia de exposição ao sol. Este teste é amplamente utilizado ao redor do mundo e nenhum risco em potencial à saúde tem sido observado. Está ainda descrito o possível risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional.

Benefícios: Os principais benefícios em você participar da pesquisa é que o vosso treinador e a sua equipe terá um perfil das condições de saúde celular, de gordura corporal, de osso e de músculo

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Pêlozo Raibista II, R. Desembargador Vítor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-8034 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 2.308.476

de todos os atletas e poderá adotar estratégias para melhorar e/ou manter essas condições ao longo da temporada. Você realizará três avaliações ao longo da temporada, de modo que as informações podem auxiliar em que momento do ano competitivo, o atleta tem melhor ou pior desempenho. Durante os procedimentos de coleta de dados você estará sempre acompanhado por um dos pesquisadores, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Podê contribuir para o conhecimento generalizável sobre o tema.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando que todas as pendências indicadas na primeira versão desta solicitação foram devidamente atendidas e justificadas, não há nenhuma inadequação no presente processo.

Considerações Finais a critério do CEP:**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_968870.pdf	29/08/2017 11:42:25		Aceito
Outros	RESPOSTA_AS_PENDENCIAS.pdf	29/08/2017 11:40:51	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Propesq.pdf	29/08/2017 11:38:45	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_pendencias.pdf	29/08/2017 11:38:22	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_pendencia.pdf	29/08/2017 11:37:57	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	27/07/2017 19:10:57	Diego Augusto Santos Silva	Aceito

Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, PRÉDIO HENRIQUE II, R. LIBERTEADOR VÍTOR LIMA, 11 - 444, 888-401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.045-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6294 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 2.308.476

Orçamento	Orçamento.pdf	27/07/2017 19.09.28	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRost.pdf	27/07/2017 19.09.36	Diego Augusto Santos Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANÓPOLIS, 02 de Outubro de 2017

Assinado por:
Yimar Correa Neto
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Pólo Reitoria II, R. Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6204 E-mail: cap.prospeq@contato.ufsc.br

ANEXO B – ARTIGO PUBLICAD

IOP Publishing

Physiol. Meas. 40 (2019) 015004 (14pp)

<https://doi.org/10.1088/1361-6579/aa8fcd>

Physiological Measurement



PAPER

Fluid distribution and cell integrity indicators evaluated by bioelectrical impedance in university athletes: comparison between team sports and individual sports

RECEIVED

15 October 2018

REVISED

11 December 2018

ACCEPTED FOR PUBLICATION

17 December 2018

PUBLISHED

22 January 2019

Priscila Custódio Martins^{1,4*}, Fernanda Hansen², Analiza Mônica Silva³ and Diego Augusto Santos Silva⁴¹ Federal University of Santa Catarina, Research Center in Kinanthropometry and Human Performance, Florianópolis, Brazil² Federal University of Santa Catarina, Nutrition Department, Florianópolis, Brazil³ Exercise and Health Laboratory, CIPEP, Faculdade Motricidade Humana, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal⁴ Federal University of Santa Catarina, Research Center in Kinanthropometry and Human Performance, Sports Centre, University Campus, Trindade, 88040-900 Florianópolis, Santa Catarina, Brazil^{*} Author to whom any correspondence should be addressed.E-mail: priscilamartins@gmail.com, fernanda.hansen@ufsc.br, analiza.monica@gmail.com and diegoaugustoss@yahoo.com.br**Keywords:** student health, electrical impedance, cell membrane, body composition, body water, athletic performance**Abstract**

Objective: To compare indicators of fluid distribution and cellular integrity in university athletes through a cross-sectional study of 167 university athletes (18–35 years) who competed in team sports and individual sports. **Approach:** Bioimpedance was used to estimate total body water (TBW), intracellular water (ICW), extracellular water (ECW), ECW/ICW ratio, impedance (Z), reactance (X_c), resistance (R), phase angle, body cell mass (BCM) and ECW/BCM ratio at a frequency of 50 kHz. X-ray absorptiometry was used to determine lean soft tissue mass and body fat. As covariables, sex, age, time of practice and type of modality were obtained by questionnaire. **Main results:** Individual male athletes presented higher values of ECW/ICW ratio (means difference MD = 0.006, $p = 0.020$) and ECW/BCM ratio (MD = 0.006, $p = 0.017$) than team sports male athletes. Values of Z (MD = 24.988, $p = 0.009$), X_c (MD = 3.327, $p = 0.008$) and R (MD = 24.755, $p = 0.09$) were higher in male athletes practicing team sports than individual sports. Female team sports athletes presented higher values of Z (MD = 32.029, $p = 0.015$) and R (MD = 31.987, $p = 0.015$) than individual female athletes. It was concluded that ECW/ICW and ECW/BCM ratios were higher in male athletes who practiced individual sports. For the Z , R , and X_c values, the athletes in team sports presented higher values. The female athletes who practiced team sports presented higher values of Z and R than did individual female athletes. **Significance:** ECW/ICW and ECW/BCM ratios were higher in male athletes who practiced individual sports. For the Z , R , and X_c values, the athletes in team sports presented higher values. The female athletes who practiced team sports presented higher values of Z and R than did individual female athletes.