



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



ÂNGULO DE FASE COMO INDICADOR DO ESTADO FUNCIONAL EM IDOSOS

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Exercício e Saúde

Orientador: Professora Doutora Analiza Mónica Lopes de Almeida Silva

Co-Orientador: Professora Doutora Ana Catarina Francisco Nunes Matias

Júri:

Presidente

Professora Doutora Analiza Mónica Lopes de Almeida Silva

Vogais

Professora Doutora Maria Filomena Araújo Costa Cruz Carnide

Professora Doutora Cristina Paula Fidalgo Negreiros Monteiro Bento

Professora Doutora Ana Catarina Francisco Nunes Matias

Susana Isabel dos Santos Francisco

2015

”*“Sapiência: nenhum poder, um pouco de saber,
um pouco de sabedoria e o máximo de sabor possível.”*

Roland Barthes

Em *Lição* (1977)

Agradecimentos

Esta tese é o culminar de uma grande e longa jornada na minha vida. E, tal como noutras jornadas, nunca as percorro e concluo sozinha. Por isso, começo por agradecer aos que, direta ou indiretamente, me acompanharam e permitiram a conclusão desta jornada de aprendizagem.

Professora Doutora Analiza Mónica Silva (*orientadora desta investigação*)

Obrigada pela excelente orientação e pela dedicação que me deu ao longo da realização deste trabalho. Esteve sempre presente, pronta para apoiar e solucionar qualquer dúvida ou hesitação, mas dando-me autonomia suficiente na construção deste estudo.

Muito obrigada pelo espírito entusiasmante e energético com que vive a investigação e com que ensina os seus alunos.

Professora Doutora Ana Catarina Matias (*co-orientadora desta investigação*)

A sua ajuda foi imprescindível. A sua experiência, ensinamentos e os seus conselhos foram importantíssimos para a definição e desenvolvimento desta tese. Obrigada pelo suporte científico que me forneceu bem como pela paciência com que me explicou os procedimentos de avaliação da composição corporal através da bioimpedância espectral.

Laboratório de Exercício e Saúde Foi um privilégio trabalhar e contactar com investigadores deste distinguido laboratório. Muito obrigada pela disponibilidade que demonstraram e pela ajuda na definição desta tese. Agradeço, especialmente, ao Pedro Júdice pelo tempo e paciência disponibilizados aquando das explicações relacionadas com o tratamento estatístico dos dados.

Colegas do Mestrado *Exercício e Saúde* Especialmente à Ana Rita Silva, Vera Ramos, Maria Monteiro, Rute Cardoso, Sofia Gomes, Joana Guerreiro, Andreia Moço, Christophe Domingos e Pedro Serra por me acompanharem ao longo destes dois anos, que culminam nesta tese. Muito obrigada por me proporcionarem momentos deliciosos de diversão e de trabalho, pela confiança e paciência que sempre demonstraram e por me apoiarem e motivarem na realização desta investigação, desde o seu início.

Grupo de Treino São fantásticos e permitiram que no último ano conseguisse conciliar algo fundamental para mim, esta investigação e o atletismo. A vocês, Luís Pinto, Henrik Santos, Sandra Teixeira, Carla Mendes, Amélia Vitorino, Solange Fernandes, Pedro Vilaverde, Nuno Lopes e Armando Aldegalega, agradeço a amizade, a disponibilidade e o encorajamento na concretização deste grande objetivo.

Família Finalmente, ao José, Fernanda, Nuno, Joana e Henrik, querida família, por todo o incentivo, apoio e confiança em qualquer fase da concretização deste trabalho e por me apoiarem sempre na busca e concretização dos meus objetivos.

Muito obrigada a cada um de vós!

Resumo

Atualmente, deparamo-nos com um envelhecimento pronunciado da população, tornando-se fundamental desenvolver os conhecimentos ao nível da funcionalidade nestas faixas etárias de forma a promover uma boa e digna qualidade de vida.

A bioimpedância eléctrica é uma avaliação prática e realizada muitas vezes em contexto clínico. Esta avaliação fornece parâmetros crus, nomeadamente a resistência e reatância que permitem o cálculo de valores como a impedância e o ângulo de fase. Este último reflete a integridade das membranas celulares, sendo que células com melhor integridade membranal promovem maior ângulo de fase. Este parâmetro tem sido interpretado como um indicador de distribuição de fluídos intra e extracelulares, do estado nutricional, de desnutrição, bem como da saúde e função física geral.

Esta investigação pretende caracterizar a aptidão física dos idosos portugueses e relacioná-la com o ângulo de fase medido através de bioimpedância espectral, verificando se o ângulo de fase é um indicador da capacidade funcional dos idosos.

Neste estudo observacional transversal, 113 idosos saudáveis (67 do sexo feminino e 46 do masculino) realizaram testes físicos da *Bateria de Fullerton – Senior Fitness Test*, para avaliação da sua aptidão física, e medições de bioimpedância espectral e densitometria radiológica de dupla energia, para avaliação da composição corporal.

Esta amostra apresenta ângulo de fase médio de $5,5^{\circ} \pm 0,7^{\circ}$, inferior ao observado por outros investigadores em populações com características semelhantes. Sendo, o ângulo de fase do sexo masculino superior ao do feminino. Os resultados dos testes físicos revelam que a amostra não apresenta risco de dependência física mais tarde na vida. O ângulo de fase revelou associação significativa com os testes de força e com o teste de agilidade. Esta associação é proporcional, ou seja quanto melhor o rendimento apresentados nestes testes, maior o ângulo de fase.

O ângulo de fase é um indicador do estado físico em idosos saudáveis, independentemente da idade e da massa muscular. É, assim, uma ferramenta importante na monitorização da condição física e funcional dos idosos durante o processo de envelhecimento.

Palavras-chave: Composição corporal; BIS; ângulo de fase; idosos; capacidade funcional; testes de aptidão física.

Abstract

Currently, aging is very pronounced in the population, making it to develop the knowledge of the functionality in these age groups, to promote a good and decent quality of life.

The bioelectrical impedance analysis is a practical evaluation and it is often performed in clinical settings. Bioelectrical impedance analysis provides raw parameters, such as resistance and reactance to enable it to calculate values such as impedance and phase angle. Phase angle reflects the integrity of cell membranes. Cells with better membrane integrity promote a greater phase angle. This parameter has been interpreted as an indicator of intracellular and extracellular fluids distribution, nutritional status, malnutrition, and health and overall physical function.

The aims of this research are to characterize the physical fitness of Portuguese elderly and relate it to the phase angle measured by bioimpedance spectroscopy making sure that the phase angle is an indicator of functional fitness of the elderly.

In this cross-sectional observational study, 113 healthy elderly subjects (67 female and 46 male) performed physical tests of *Fullerton Battery – Senior Fitness Test*, to assess their physical fitness, and they underwent bioimpedance spectroscopy and dual energy x-ray absorptiometry measurements to assess body composition.

This sample has an average phase angle of $5.5^{\circ} \pm 0.7^{\circ}$. This value is lower than that observed by other researchers in similar populations. The male phase angle is greater than the female phase angle. The results of physical tests reveal risk of physical dependence later in life. The phase angle showed a significant association with the strength tests, and the agility test. This association is proportional, in other words, better performances in these tests mean greater phase angle.

The phase angle is an indicator of the physical condition of healthy elderly people, regardless of age and muscle mass. Therefore, it is an important parameter in monitoring the physical and functional condition of the elderly during aging.

Keywords: Body composition; BIS; phase angle; elderly; functional fitness; physical fitness tests.

Índice

| | |
|--|-------------|
| Índice de Tabelas e Figuras | xiii |
| Lista de Abreviaturas..... | xv |
| Introdução | 1 |
| 1.1 Escolha do tema | 1 |
| 1.2 Estrutura da tese | 3 |
| Revisão da Literatura..... | 5 |
| 2.1 Envelhecimento..... | 5 |
| 2.1.1 Alterações fisiológicas que ocorrem com o envelhecimento | 5 |
| 2.1.2 Funcionalidade | 12 |
| 2.2 Composição Corporal..... | 17 |
| 2.2.2 Técnica imagiológica de nível molecular – DXA | 19 |
| 2.2.3 Técnicas imagiológicas de nível tecidual..... | 20 |
| 2.2.4 Técnica de corpo inteiro - Bioimpedância | 22 |
| 2.2.4.1 Bioimpedância de Unifrequência | 25 |
| 2.2.4.2 Bioimpedância de Multifrequência | 26 |
| 2.2.4.3 Ângulo de fase..... | 29 |
| Pertinência do estudo e Objetivos | 33 |
| Metodologia..... | 35 |
| 3.1 Tipo de estudo | 35 |
| 3.2 Conceção do estudo..... | 35 |
| 3.3 População alvo | 35 |
| 3.4 Amostra | 35 |
| 3.5 Instrumentos de recolha de dados | 36 |
| 3.6 Procedimento..... | 38 |
| 3.6.1 Avaliação da Composição Corporal..... | 38 |
| 3.6.2 Avaliação da Funcionalidade | 41 |
| 3.6.3 Análise Estatística | 43 |
| Resultados | 45 |
| 4.1 Características da amostra..... | 45 |
| 4.2 Relação entre Ângulo de fase e Aptidão física..... | 50 |
| 5 Discussão | 53 |
| 6 Conclusão | 61 |
| 6.1 Investigações futuras | 62 |
| Bibliografia..... | 63 |

Índice de Tabelas e Figuras

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 2. 1: Exemplos de atividades básicas, atividades instrumentais e atividades avançadas da vida diária..... | 16 |
| Tabela 2. 2: Ângulo de fase de referência para a população saudável caucasiana..... | 31 |
| Tabela 4.1. 1: Características demográficas e de composição corporal da amostra total, amostra feminina e masculina..... | 45 |
| Tabela 4.1. 2: Resultados do ângulo de fase da amostra total, amostra feminina e amostra masculina, por grupos etários..... | 47 |
| Tabela 4.1. 3: Resultados dos testes de aptidão física da amostra total, amostra feminina e amostra masculina..... | 48 |
| Tabela 4.1. 4: Resultados dos testes de aptidão física da amostra feminina e amostra masculina por grupos etários..... | 49 |
| Tabela 4.2. 1: Correlações de Pearson entre o ângulo de fase à frequência 50 e os testes de aptidão física na amostra total, amostra feminina e masculina..... | 50 |
| Tabela 4.2. 2: Correlações parciais entre o ângulo de fase à frequência 50 KHz e os testes de aptidão física na amostra total, amostra feminina e masculina..... | 51 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. 1: Pirâmide etária portuguesa de 2013 (estimativas), 2035 e 2060 (projeções, cenário central)..... | 2 |
| Figura 2. 1: Representação dos cinco níveis da composição corporal humana..... | 18 |
| Figura 3. 1: Esquema de colocação correta dos elétrodos no corpo humano para medição através da BIS..... | 40 |
| Figura 3. 2: Esquema de colocação dos elétrodos injetores (I) e recetores (V) na mão e pé direitos para medição através da BIS..... | 41 |

Lista de Abreviaturas

2C Dois Compartimentos

3C Três Compartimentos

ACT Água Corporal Total

AEC Água Extracelular

AIC Água Intracelular

BIA Bioimpedância Elétrica

BIS Bioimpedância Espectral

CFT Questionário *Composite Physical Function*

CMO Conteúdo Mineral Ósseo

DC Débito Cardíaco

DXA Densitometria Radiológica de Dupla Energia

FC_{max} Frequência Cardíaca Máxima

IMC Índice de Massa Corporal

INE Instituto Nacional de Estatística

MCT Massa Corporal Total

MC Massa Celular

MG Massa Gorda

MIG Massa Isenta de Gordura

MIGO Massa Isenta de Gordura e de Osso

MIGO_{apend.} Massa Isenta de Gordura e de Osso Apendicular

MM Massa Muscular

RM Ressonância Magnética

SFT *Bateria de Fullerton – Senior Fitness Test*

SGA Questionário de avaliação do estado nutricional *Subjective Global Assessment*

SIDA Síndrome da Imunodeficiência Humana Adquirida

TAC Tomografia Axial Computadorizada

TM Tecido muscular

US Ultra-sons

VO_{2max} Consumo Máximo de Oxigénio

Este capítulo pretende introduzir a tese e o respetivo tema. Numa primeira seção relata-se a escolha do tema, sendo o capítulo finalizado com a descrição da estrutura deste trabalho.

1.1 Escolha do tema

A evolução dos cuidados de saúde, da medicina, da alimentação, do saneamento e das condições de vida em geral, permitiu que ao longo dos últimos anos a longevidade tenha aumentado e seja, atualmente, um elemento característico das sociedades modernas (Barreiros, Espanha, & Correia, 2006; Jones & Rose, 2005).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), a esperança média de vida em Portugal é de 80,0 anos, sendo 76,9 anos para os homens e 82,8 para as mulheres (INE, 2014b). A esperança média de vida tende a aumentar, bem como o número de pessoas nesta faixa etária (Barreiros et al., 2006). O índice de envelhecimento é um indicador que comprova esta tendência. Em 2001, este índice era de 102 (INE, 2014c), atualmente, o índice de envelhecimento da população portuguesa é de 128, o que significa que, em Portugal, por cada 100 crianças/jovens (0-15 anos) há 128 idosos (≥ 65 anos). Verifica-se que as crianças e jovens dos 0 aos 14 anos de idade representam 14,9% da população portuguesa, as pessoas entre 15 e 64 anos representam 66,1% e os idosos (≥ 65 anos) representam 19% da população portuguesa (INE, 2014a).

Juntamente com o índice de envelhecimento, também o índice de longevidade tem aumentado nos últimos anos, sendo atualmente 47,9% (em 2001 era de 41,4%), comprovando-se o aumento do número de pessoas com mais idade (INE, 2014c). Esta tendência permanecerá nos próximos anos, como previsto pelo INE (Figura 1.1) (INE, 2014d).

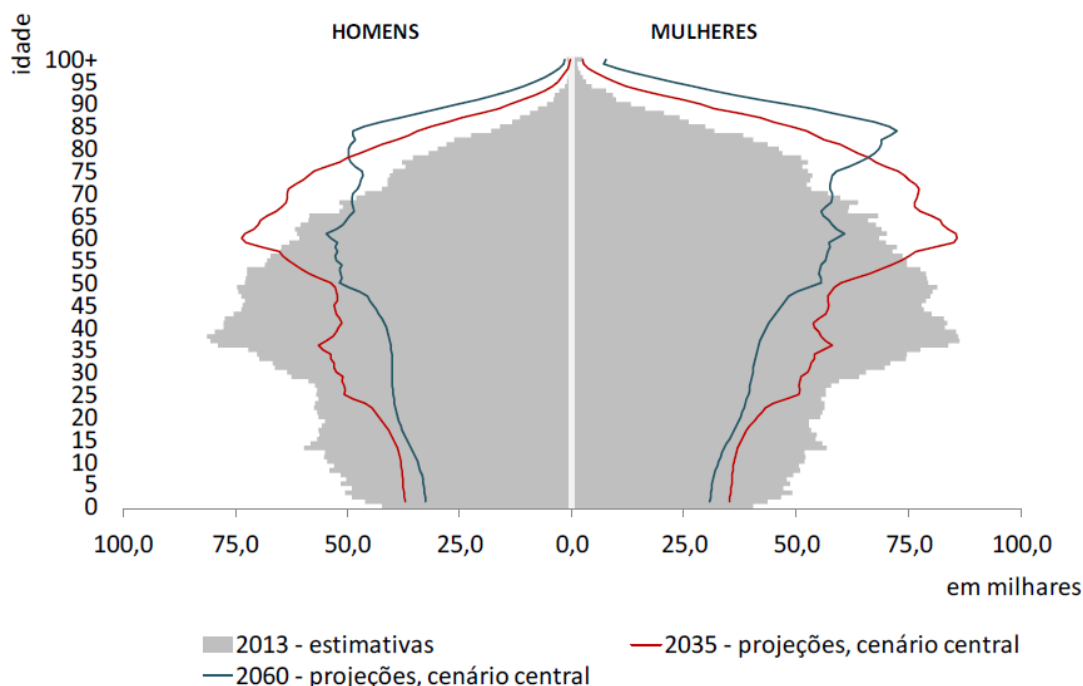


Figura 1. 1: Pirâmide etária portuguesa de 2013 (estimativas), 2035 e 2060 (projeções, cenário central) (INE, 2014d)

Com uma população cada vez mais envelhecida, é importante desenvolver estratégias e metodologias que promovam uma boa qualidade de vida nesta população, uma vez que a capacidade dos idosos realizarem as suas tarefas do quotidiano, reduz-se substancialmente com o decurso dos anos. Esta redução resulta das alterações produzidas em todos os órgãos e sistemas biológicos bem como de fatores sociais, psicológicos, que decorrem em simultâneo com esta degenerescência funcional (Paúl & Ribeiro, 2012). Os idosos deparam-se com a sua capacidade funcional diminuída, começando com uma diminuição física, ao nível da força, capacidade aeróbia, flexibilidade, agilidade, velocidade e equilíbrio, podendo agravar-se para uma limitação funcional ao nível da movimentação, com dificuldades em subir escadas, levantar-se, transportar objetos e andar, por exemplo, ou até para uma situação de dependência ou de incapacidade, especialmente em cuidar de si próprio e sair de casa (Spirduso, Francis, & MacRae, 2005).

Estas alterações fazem da população idosa, uma população de risco. Uma situação de risco, relacionada com a capacidade física, que aumenta nesta faixa etária é a queda (Melo, 2006). A Organização Mundial de Saúde estima que ocorram 424000 mortes por queda anualmente, sendo os adultos com mais de 65 anos os principais atingidos (WHO, 2012). Um em cada três idosos tem ocorrência de pelo menos uma

queda por ano (Tromp, Pluijm, & Smit, 2001), sendo a principal causa de lesões fatais e não fatais nesta faixa etária (CDC, 2013).

Segundo o INE, cerca de 400 mil idosos vivem sozinhos e 804 mil vivem acompanhados por outros idosos, fator que contribui para o aumento do número de situações de risco (INE, 2012).

Pelas razões apresentadas torna-se imprescindível a avaliação da capacidade funcional dos idosos. Por norma esta avaliação funcional é realizada através de questionários e testes físicos (Spiriduso et al., 2005), porém não é realizada a todos os idosos, especialmente devido ao isolamento dos mesmos e à falta de disponibilidade técnica para chegar a todos os indivíduos. Assim, uma estratégia prática de identificação de risco de dependência física seria uma mais valia na detecção de casos que poderão beneficiar de um acompanhamento diferenciado que os permita melhorar a sua qualidade de vida.

A bioimpedância elétrica (Bianchi, Guepet-Sordet, & Manckoundia) é uma ferramenta de avaliação da composição corporal prática e acessível. Esta ferramenta permite o cálculo de um parâmetro que se tem demonstrado como um bom preditor de saúde em várias populações, o ângulo de fase. Desta forma, irá ser explorado nesta população concomitantemente com determinados testes físicos, com o objetivo de se verificar a sua associação com a aptidão física destas pessoas.

1.2 Estrutura da tese

Esta tese é composta por sete capítulos, tendo ainda na parte final uma secção dedicada às referências bibliográficas que apoiaram esta investigação. O capítulo 1, corresponde a esta introdução. O capítulo 2 designa-se *Revisão da Literatura* e descreve o contexto atual do ângulo de fase como indicador de estado nutricional e físico, descreve também o contexto da aptidão física nos idosos. Este capítulo justifica a necessidade de estudar e encontrar metodologias práticas que permitam, no dia-a-dia, identificar indivíduos em risco, sendo finalizado com a enumeração dos objetivos do trabalho. A metodologia aplicada é descrita no capítulo 3, no qual se explica a seleção da amostra, os instrumentos e procedimentos aplicados, bem como as principais variáveis de interesse. O capítulo 4 descreve os resultados obtidos. O capítulo 5, apresenta a discussão dos resultados e as limitações identificadas nesta investigação. Finalmente, é no capítulo 6 que estão descritas as principais conclusões e

recomendações para investigações futuras. O último capítulo contempla todas as referências bibliográficas usadas para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Envelhecimento

O envelhecimento é um processo biossocial que consiste na perda de capacidades ao longo do tempo. Esta perda ocorre de forma gradual e varia de indivíduo para indivíduo, de acordo com as suas características genéticas, morfológicas, funcionais, nutricionais e sociais (Barreiros et al., 2006).

2.1.1 Alterações fisiológicas que ocorrem com o envelhecimento

Capacidade cardiorrespiratória

O aparelho cardiovascular sofre alterações estruturais e funcionais com o decorrer da idade, tais como aumento da massa cardíaca, resultante da hipertrofia das células cardíacas e da quantidade de tecido conjuntivo, diminuição do número de células auto-excitatórias do nódulo sino-auricular e aumento da rigidez arterial. Estas alterações resultam na diminuição da reserva funcional cardiovascular, contribuindo desta forma para a diminuição do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) (Lakatta, 1993).

O VO_{2max} diminui gradualmente com a idade, independentemente da condição física dos indivíduos, tendo um impacto negativo na independência funcional dos idosos, no entanto hábitos de vida saudáveis podem retardar a progressão deste decréscimo. No idoso, a diminuição do VO_{2max} ocorre por perda de massa muscular (MM) e por alterações cardiovasculares (Silva, 2006), nomeadamente a incapacidade do aparelho cardiovascular em aumentar o débito cardíaco, aumento da pressão arterial, redução da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e aumento da resistência vascular periférica (Silva, 2006). Estas condições contribuem para a diminuição da capacidade de trabalho muscular, nomeadamente diminuição da redução da amplitude e frequência dos movimentos ventilatórios e do volume de ar expirado (Correia & Silva, 1999).

Outros fatores, embora em menor escala, contribuem para o decréscimo do VO_{2max} nos idosos, nomeadamente a atrofia muscular, modificações metabólicas do músculo esquelético, modificações dos mecanismos reflexos cardiovasculares e menor

capacidade em aumentar o fluxo sanguíneo muscular. Várias doenças podem afetar o VO_{2max} , como anemia, doença pulmonar obstrutiva crônica, enfisema pulmonar, doenças cardiovasculares, porém são alterações por doença, não explicando o declínio do VO_{2max} em idosos saudáveis (Silva, 2006).

A FC_{max} diminui progressivamente, a uma taxa de -0,57 a -2,4 batimentos por ano, não sendo esta afetada pelo sexo ou pelo nível de condição física dos indivíduos. Este fator é um dos principais responsáveis pelo decréscimo do VO_{2max} , especialmente em indivíduos sedentários (Silva, 2006). A contratilidade do miocárdio também diminui com a idade (Lakatta, 1993), devido essencialmente à menor sensibilidade do miocárdio à ação das catecolaminas (Spina, Turner, & Ehsani, 1998).

Para além das alterações cardiovasculares, o envelhecimento também condiciona alterações respiratórias. Entre elas, destacam-se a perda de elasticidade do pulmão e o aumento da rigidez da caixa torácica, conduzindo ao aumento do volume residual (volume pulmonar no final de uma expiração forçada máxima), diminuição da capacidade vital (em cerca de 25%) e diminuição da capacidade respiratória total (em cerca de 50% entre os 20 e os 80 anos) (Astrand, Astrand, Hallback, & Kilbom, 1973; Spirduso et al., 2005). Verifica-se, também, calcificação da cartilagem intercostal, diminuição da contractilidade dos músculos inspiratórios, perda de elasticidade do tecido pulmonar e enfraquecimento dos músculos do diafragma e intercostais que contribuem igualmente para a diminuição da capacidade inspiratória.

Para além disso, a aptidão cardiovascular diminui muito nos idosos, devido, naturalmente, às alterações que ocorrem ao nível da composição corporal e do sistema cardiorrespiratório, mas também, devido à diminuição da atividade física que ocorre durante o envelhecimento (Meyers et al., 1991; Monahan et al., 2000).

Sistema nervoso central

O sistema nervoso central é bastante afetado com o envelhecimento, especialmente ao nível do funcionamento celular e do número de neurónios diminuído, que provoca uma redução das fibras e feixes nervosos e da capacidade de transmissão ou receção dos influxos nervosos do cérebro (Berger, 1995). Este processo afeta todas as estruturas nervosas, verificando-se atrofia do cérebro e aumento do tecido conjuntivo (Clark & Taylor, 2011; Lytle & Altar, 1979).

Sistema sensorial e perceptivo

Os sistemas sensorial e perceptivo são muito afetados pelo envelhecimento, resultando na recolha de informação, interna e externa, menos precisa e em tomadas de decisão demoradas e, muitas vezes, desajustadas (Barreiros, 2006).

A audição é afetada com o envelhecimento. Os principais problemas auditivos estão relacionados com alterações fisiológicas, nomeadamente degenerescência da fibra nervosa de audição, espessamento do tímpano, diminuição da produção de cerúmen, aumento da rigidez dos ossículos do ouvido médio e atrofia do nervo auditivo (Berger, 1995; Roach, 2003). Estas alterações promovem a deterioração da audição, com diminuição de audição inicialmente de determinados sons (altas frequências), mas com o avançar da idade, com a dificuldade em distinguir sons e perda de audição.

O olfato é uma sensação que também diminui com a idade, cerca de 50% dos idosos com 65 a 80 anos têm perda de olfato, e acima dos 80 anos, 75% das pessoas apresentam esta condição. As células sensoriais do olfato são renovadas permanentemente ao longo da vida, porém a exposição a determinados fatores, tais como poluição, exposição a tóxicos, toxinas, doenças respiratórias do trato superior e rinites, contribui para a diminuição desta capacidade (Attems, Walker, & Jellinger, 2015; Barreiros, 2006; Bianchi et al., 2015).

A visão, tal como os anteriores, também se degrada com a idade. É de forma progressiva que as consequências da idade se vão refletindo, nomeadamente diminuição da dimensão da pupila e aumento da opacidade de humor vítreo, que provocam o aumento da necessidade de iluminação ambiental para obter níveis de visão semelhantes aos da juventude. Por outro lado, verifica-se também diminuição da acuidade visual e da focagem de objetos, provocando dificuldades na perceção de objetos distantes, da profundidade e na sensibilidade e amplitude do campo visual. Os idosos tornam-se muito sensíveis, também, às condições de luminosidade, tanto na adaptação à claridade como à escuridão, tornando-se maior o tempo necessário para se adaptar à mudança de luminosidade (Barreiros, 2006; Berger, 1995; Fontaine, 2000; Vicente, 2012). A discriminação das cores também é afetada, sendo captadas mais facilmente as cores quentes (amarelo, vermelho e laranja). Estas alterações da capacidade visual promovem modificações nos comportamentos do dia-a-dia, tais como o reajustamento da postura para ler, ver televisão, andar, tornando-se mais lentos e com menor precisão ao alcançar objetos (Barreiros, 2006).

O sistema de informação proprioceptiva também é afetado com a idade. Verifica-se que os idosos apresentam menor facilidade em discriminar movimentos dos segmentos, tendo conseqüentemente menor controlo postural, sobretudo se estiver associado a visão reduzida (Barreiros, 2006; Eliopoulos, 2011). Apresentam também movimentos mais lentos, decorrentes não só de um maior *delay* sensorial e perceptivo anterior à resposta, mas também de um aumento do tempo para efetuar uma tomada de decisão, e de antecipar respostas e fazer correções perante obstáculos ou variações imprevistas e ainda de maior lentidão na concretização da resposta motora. Para isso, os idosos adquirem estratégias, como andar devagar, de forma a prevenir possíveis acidentes, nomeadamente quedas (Barreiros, 2006; Starns & Ratcliff, 2010).

A sensibilidade cutânea diminui com a idade, especialmente a informação tátil, a perceção de vibração tanto nas mãos como nos pés e a perceção da temperatura (Barreiros, 2006; Thornbury & Mistretta, 1981).

A diminuição de todas estas capacidades, tácteis, cinestésicas, auditivas e visuais pode conduzir a problemas ao nível psicológico e social, podendo conduzir ao declínio do funcionamento intelectual (Eliopoulos, 2011; Vicente, 2012). A maior limitação dos idosos é a baixa capacidade de tomar decisões precisas com base numa apreciação perceptiva correta e estabelecer ações em consonância, tomando frequentemente decisões incorretas (Barreiros, 2006).

Tempo do movimento e reação motora

Os idosos apresentam maior duração dos movimentos e do tempo de reação, devido à maior lentidão do processamento de informação que ocorre com o envelhecimento. O processamento da informação é afetado nas suas diferentes fases, nomeadamente no tratamento de informação sensorial, na tomada de decisão e na programação dos movimentos (Correia & Silva, 1999). Os movimentos tornam-se significativamente mais lentos devido ao menor número de células cerebrais, mas também ao atraso na condução sináptica, à velocidade de condução do nervo e à perda de axónios medulares. Porém, as zonas do sistema motor que permanecem com atividade regular são menos afetados a este processo de deterioração (Barreiros, 2006; Morrison & Baxter, 2012).

O tempo de reação aumenta gradualmente, porém esta deterioração ocorre essencialmente em tempos de reação em situações que exijam a escolha entre duas ou três possibilidades e não tanto no tempo de reação simples. Alguns fatores podem

contribuir para a sua progressão, tais como diminuição da acuidade visual e auditiva, retardamento da resposta motora a uma estimulação sensorial, perdas de memória, motivação diminuída, ausência de contactos sociais e doença (Berger, 1995).

Para além do tempo de reação, os idosos também apresentam um decréscimo da performance em movimentos rápidos não cíclicos, especialmente em partes do corpo menos solicitadas, nomeadamente os membros inferiores, e em tarefas com uma complexidade superior (Barreiros, 2006).

A ocorrência de acidentes no dia-a-dia dos idosos é elevada, isto parece dever-se também à execução de reflexos mais lentos (Berger, 1995).

Os padrões do movimento são alterados, devido a ações, movimentos, reações e correções de movimentos mais lentos. Isto ocorre como consequência de todos os fatores anteriormente citados (Berger, 1995; Correia & Silva, 1999; Godinho, Melo, Mendes, & Chiviacowsky, 1999; Vieira & Koenig, 2002; Yassuda, 2002).

A lentidão também é um reflexo da deterioração do sistema nervoso, nomeadamente dos aspetos neuronais e sinápticos, das operações relativas à memória, tomada de decisão, atenção e aprendizagem. As transformações no processamento de informação resultam de uma perda significativa de neurónios e pela menor interação entre eles (Barreiros, 2006; Morrison & Baxter, 2012).

Com a idade, a atenção diminui, sendo complicado para os idosos dividir a atenção por várias tarefas, necessitando, por isso, de mais tempo para a realização das mesmas. A capacidade de se manter focado numa determinada tarefa também diminui, bem como outras capacidades relacionadas com a atenção, nomeadamente capacidade de distinguir determinados estímulos numa sequência e a focagem alternada de atenção em diferentes tarefas (Birren & Schaie, 1990).

A degenerescência da memória com a idade pode ocorrer devido a menor flexibilidade e maior lentidão no processamento de informação, mas também devido à menor capacidade de reter informação ou de a reproduzir. As perdas de memórias podem ser muito frequentes e condicionar o quotidiano dos indivíduos, especialmente situações como esquecer uma palavra ou um nome, esquecer onde colocou determinados objetos, esquecer que realizou determinada tarefa e realizá-la novamente, esquecer algo que disse recentemente (Barreiros, 2006; Morrison & Baxter, 2012).

A perda de equilíbrio que ocorre nos idosos advém de um conjunto de fatores que ocorrem com o envelhecimento, nomeadamente alterações nos órgãos sensoriais, nos mecanismos centrais e a nível muscular e articular. A perda de equilíbrio é uma

deterioração postural, que consiste na fraqueza muscular, baixa amplitude articular, tempo de reação elevado, baixo controle motor e integração sensorial deficitária. Este é um dos fatores de risco mais importantes para a saúde e qualidade de vida dos idosos, uma vez que está associado a quedas e acidentes (Barreiros, 2006; Holl, Wuebbenhorst, Behrens, & Zschorlich, 2015; Howe, Rochester, Neil, Skelton, & Ballinger, 2011; Tsai, Hsieh, & Yang, 2014).

Composição corporal

Verificam-se alterações na composição corporal do idoso que influenciam a sua saúde e funcionalidade. O peso tende a diminuir mas a massa gorda (MG) continua a aumentar, mantendo-se as características andróides e ginóides básicas (Spiriduso et al., 2005).

Para além das alterações ao nível do peso e MG, o envelhecimento está associado à diminuição da água corporal total (ACT), da massa óssea, da massa celular (MC), bem como da massa isenta de gordura (MIG) (Tengvall et al., 2009), ao aumento do tecido adiposo intramuscular e à diminuição da densidade muscular (Yamada et al., 2010).

Durante o envelhecimento, a estatura é afetada, porém apenas 1/3 da diminuição da estatura é consequência das modificações que ocorrem no esqueleto pela idade (fragilidade muscular, alterações posturais, cifose, escoliose, osteoporose, deterioração e compressão dos discos intervertebrais). A diminuição da estatura começa aproximadamente a partir dos 40 anos, para os homens, e dos 43, para as mulheres, porém, é no sexo feminino que se verifica maior velocidade de decréscimo da altura, devido, provavelmente, à maior incidência de osteoporose (Fragoso & Vieira, 2006).

O peso, tal como a altura, também diminui com a idade. Este decréscimo inicia-se em idades distintas para homens e mulheres, sendo aos 65 para o sexo masculino e aos 75 para o feminino, e é mais acentuado no sexo feminino (Fragoso & Vieira, 2006).

Nesta etapa da vida verifica-se que a longevidade e resistência às doenças é maior nos idosos com peso superior à média (Fragoso & Vieira, 2006).

A MG diminui na senescência, porém esta alteração difere entre sexos, ocorrendo mais tardiamente no género feminino. Verifica-se, assim, maior acumulação de gordura e durante mais tempo no sexo feminino e uma redistribuição da gordura subcutânea das extremidades para a região central e interna do tronco, em ambos os sexos (Fragoso & Vieira, 2006).

A MIG também sofre alterações, mas não tanto quanto a MG. Diminui em ambos os sexos, mas apresenta maiores decréscimos no sexo feminino. Estas alterações ocorrem em maior quantidade ao nível dos membros inferiores. Estima-se que 60% da perda de MIG ocorra devido à diminuição do tecido muscular esquelético e 12% devido ao decréscimo do conteúdo mineral ósseo (CMO) (Fragoso & Vieira, 2006).

O conteúdo e a densidade mineral óssea diminuem com a idade, uma vez que o processo de reabsorção supera o de formação óssea. É no sexo feminino que esta perda é mais acentuada (Fragoso & Vieira, 2006; Sardinha, 2006).

Da mesma forma, também a ACT diminui com a idade. Até aos 60-70 anos, as mulheres não apresentam alterações significativas de ACT, sendo que após esta idade inicia-se o seu decréscimo de aproximadamente 0,7kg/ano. Nos homens, a ACT atinge o nível mais baixo entre os 70-80 anos (Fragoso & Vieira, 2006).

Adicionalmente, o envelhecimento é característico de maior prevalência de obesidade, resultante, essencialmente, do aumento da adiposidade que ocorre gradualmente no sexo masculino e mais rapidamente no feminino, após a menopausa (Sardinha, 2006).

O sistema músculo-esquelético apresenta então modificações com o envelhecimento que conduzem, essencialmente à perda de força muscular. Este declínio deve-se à perda de MM, principalmente massa muscular apendicular, por atrofia e diminuição do número de fibras, e a alterações no metabolismo das proteínas contrácteis. A perda de força muscular ocorre principalmente nos membros inferiores (Paterson, Jones, & Rice, 2007b; Vandervoort, 2002), condicionando a maior parte das tarefas diárias, nomeadamente as que impliquem caminhar, subir escadas, levantar da cama ou da cadeira (Sardinha, 2006). Este é, então, um dos principais fatores para o aumento do risco de quedas nesta população. Para além da força máxima, também a potência muscular diminui, resultando no aumento do tempo até atingir a força máxima e dos tempos de contração e de relaxamento.

Assim, a perda de massa e volume muscular e o aumento da MG resultam na diminuição das capacidades de força máxima, potência, velocidade, flexibilidade e precisão de movimentos. Porém, a perda de capacidade funcional não se deve apenas a estes fatores, mas também à menor atividade muscular que ocorre nos idosos.

A sarcopénia, que se traduz pela perda de massa e força muscular, é um processo muito associado ao envelhecimento, embora, o seu desenvolvimento seja, muitas vezes, mascarado pela estabilidade ponderal dos idosos (Tengvall et al., 2009).

A perda progressiva da MM, com o envelhecimento, provoca atrofia muscular, que tem sido apontada como a principal causa para a diminuição da força muscular nos idosos (Frontera et al., 2000). Esta diminuição da força, especialmente nos membros inferiores, está associada a limitações funcionais ao nível das atividades da vida diária (Bonney, Jauffret, & Jusot, 2007; Visser, Deeg, Lips, Harris, & Bouter, 2000; Yamada et al., 2010).

Assim, e por consequência, a perda de MM também está associada à disfuncionalidade (Yamada et al., 2013). Metter, et al. (1999) verificaram que a relação entre força específica e a idade depende de como a MM é estimada (Metter et al., 1999).

A relação entre a massa celular e a massa muscular total diminui com a idade, essencialmente devido à perda de proteína muscular contrátil, resultando na retenção de água no meio extracelular. Yamada, et al., 2010 verificaram alterações na água intracelular (AIC) e na água extracelular (AEC) em relação à ACT com o envelhecimento, nomeadamente diminuição da relação AIC/ACT e aumento da relação AEC/AIC. O rácio AIC/ACT relaciona-se com a força e a potência, especialmente nos membros inferiores. Desta forma, a avaliação da MM é importante para o diagnóstico de sarcopénia. Mas, é também importante, avaliar os compartimentos intra e extracelulares do músculo de forma a analisar a relação entre a MM e a funcionalidade, uma vez que a atrofia muscular pode ser encoberta pelo extravasamento de água para o meio extracelular (Yamada, Matsuda, Björkman, & Kimura, 2014a). Yamada et al. (2014) verificaram que os idosos com necessidade de cuidados ao nível da mobilidade, apresentam aumento do volume da AEC.

O principal problema do envelhecimento não se relaciona apenas com o funcionamento biológico diminuído, mas sim com a forma de se adaptar ao meio e de permitir manter uma vida o mais funcional possível (Barreiros et al., 2006; Hoeman, 2000; Paterson et al., 2007b).

2.1.2 Funcionalidade

A capacidade funcional no idoso é vulgarmente entendida como a capacidade de realizar as atividades da vida diária e o esforço associado a essa realização. Os seus principais determinantes são a força muscular e o VO_{2max} . (Silva, 2006). Assim, considera-se independência física à capacidade física necessária para realizar atividades

quotidianas comuns autonomamente, tais como levantar e carregar objetos, caminhar o suficiente para fazer as suas próprias compras, entre outras tarefas semelhantes sem ajuda adicional (Rikli & Jones, 2012).

Esta capacidade reduz-se substancialmente com o decurso dos anos e resulta principalmente do declínio do VO_{2max} . ao longo da vida (Silva, 2006). Para além da diminuição do VO_{2max} ., durante o envelhecimento há um aumento do *stress* oxidativo, associado a diversas patologias, como por exemplo aterosclerose e doenças degenerativas (Laires & Monteiro, 2006), o que também contribui para este declínio.

Como referido anteriormente, a força muscular é um dos principais determinantes da capacidade funcional. Com o envelhecimento esta diminui, por consequência da diminuição da MM e da inatividade física. Esta diminuição pode condicionar a execução das tarefas da vida diária (Yamada et al., 2013). Vários estudos indicam que o volume muscular é, também, um forte preditor da funcionalidade e da mortalidade, sendo importante a sua manutenção para que não haja limitações físicas ao nível das atividades da vida diária (Bonney et al., 2007). Porém, em investigações cujo método de avaliação da composição corporal utilizado foi a ressonância magnética (RM), a tomografia axial computadorizada (TAC) ou a densitometria radiológica de dupla energia (DXA), não se verificou poder explicativo do volume muscular na funcionalidade pelo que foi sugerida como hipótese que a força muscular se relaciona com o volume muscular, se o volume da água extracelular for excluído do volume muscular total (Yamada, Matsuda, Björkman, & Kimura, 2014b; Yamada et al., 2010).

Estes são os principais fatores relacionados com a capacidade funcional, porém a independência funcional é característica de indivíduos que completam as atividades da vida diária sem dificuldade, implicando que mantém os níveis básicos de saúde física, cognitiva e mental (Spirduso et al., 2005).

O declínio da capacidade física está associado com a diminuição da capacidade funcional. Estima-se que o declínio da capacidade física relacionado com a idade após os 50-60 anos é de, pelo menos, 10 a 15% por década (Macaluso & De Vito, 2004; Morey, Pieper, & Cornoni-Huntley, 1998; Paterson et al., 2007b; Vandervoort, 2002). Sabendo que, de década para década, o declínio acentua-se (Paterson et al., 2007b; Vandervoort, 2002). Os homens apresentam um declínio físico mais acentuado relativamente às mulheres. Em idades mais jovens apresentam níveis de aptidão física mais elevados que as mulheres, porém, com o envelhecimento, tendem a tornar-se semelhantes. Apresentando, assim, uma taxa de declínio físico mais rápida,

especialmente por diminuição mais acentuada da MM e da capacidade aeróbia (Doherty, 2003; Goodpaster et al., 2006; Hughes et al., 2001; Paterson et al., 2007b; Rikli & Jones, 2012).

Um estilo de vida ativo apresenta vantagens, retardando o declínio funcional, no sentido em que melhora a capacidade de consumo de oxigénio, modifica positivamente as respostas orgânicas em esforços submáximos (Silva, 2006) e promove a produção endógena de antioxidantes (Clarkson & Thompson, 2000).

A inatividade física associa-se à degeneração funcional. Esta contribui incontestavelmente para a falta de capacidade do indivíduo, bem como para o surgimento de outros fatores de risco, tais como doenças cardiovasculares, hipertensão arterial, diabetes, dislipidémia, redução da MM, perda de amplitude articular (Armstrong et al., 2015; Barreiros et al., 2006), resultando na redução da qualidade de vida e da expectativa de vida e no aumento das despesas com os cuidados de saúde (Paterson & Warburton, 2010).

Assim, a manutenção da aptidão física torna-se um fator fundamental na preservação da mobilidade e independência física ao longo da vida (Paterson et al., 2007b). É fundamental que os idosos mantenham um nível mínimo de aptidão física que lhes permita realizar atividades quotidianas de forma independente, sem auxílio, tais como trabalho doméstico, transportar objetos, caminhar, cuidar de si próprio (Rikli & Jones, 2012).

Os vários componentes da aptidão física têm mostrado relevância na independência física, nomeadamente resistência aeróbia, força muscular, agilidade, velocidade de marcha, equilíbrio dinâmico (Paterson, Govindasamy, Vidmar, Cunningham, & Koval, 2004; Paterson et al., 2007b).

Avaliação da Funcionalidade

A aptidão física da pessoa idosa deve ser avaliada de forma a promover um acompanhamento mais específico na manutenção e melhoria da qualidade de vida. Esta avaliação é realizada com recurso a testes físicos no terreno, testes físicos em laboratório e questionários (Spirduso et al., 2005).

Os testes laboratoriais incluem a avaliação cardiorrespiratória submáxima através do protocolo Balke ou Astrand, a avaliação da força submáxima através do protocolo 1RM e a avaliação do equilíbrio através de análise postural computadorizada. Os testes de terreno incluem especialmente os testes da *Bateria de Fullerton - Senior*

Fitness Test (SFT), onde estão incluídos testes de força, resistência aeróbia, flexibilidade e agilidade e equilíbrio dinâmico (Rikli & Jones, 2001, 2012).

Para a avaliação de desempenho em parâmetros comportamentais são realizados testes de execução de atividades da vida diária básicas e instrumentais. Para além dos testes, são realizados questionários de auto-relato para avaliar estes parâmetros relacionados com as atividades da vida diária, tanto avançadas, como instrumentais como básicas. Os testes aplicados correspondem ao protocolo *Physical Performance Test* e à *Berg Balance Scale*. Os questionários aplicados incluem questões relativas às atividades da vida diária básicas e instrumentais, como por exemplo o questionário *Composite Physical Function* (CFT) (Rikli & Jones, 2012; Spector & Fleishmann, 1998). Estes testes, nomeadamente SFT e CPF permitem identificar precocemente idosos com risco de comprometimento funcional mais tarde na vida (Rikli & Jones, 2012).

A execução destas formas de avaliação varia de acordo com a condição prévia do sujeito. Os idosos que geralmente praticam atividade física, sendo considerados ativos e atletas, são avaliados através de testes de laboratório e de terreno. O mesmo ocorre com idosos fisicamente independentes. Aos idosos que não realizam atividade física e que apresentam dificuldades físicas (fragilizados e dependentes) aplicam-se os testes de desempenho e/ou os de auto-relato (Spirduso et al., 2005).

Em Portugal, foi desenvolvida uma ferramenta que permite prever a independência física dos idosos, utilizando testes físicos da bateria SFT. Os dados desenvolvidos permitem aos profissionais avaliar os níveis de aptidão física, verificando se estão acima ou abaixo do valor mínimo necessário para manter o funcionamento físico (Sardinha, Santos, Marques, & Mota, 2015).

Em suma, a funcionalidade do idoso tende a diminuir ao longo da idade e estas ferramentas são importantíssimas para controlar e retardar este declínio. Como referido anteriormente, a funcionalidade é afetada grandemente pela composição corporal. Condições clínicas como osteopénia, osteoporose, sarcopénia e obesidade sarcopénica são frequentes e afetam a vida diária dos idosos. O estudo e a avaliação da composição corporal permitem o diagnóstico destas condições, auxiliando também na apreciação da funcionalidade.

Tabela 2. 1: Exemplos de atividades básicas, atividades instrumentais e atividades avançadas da vida diária

| ATIVIDADES DA VIDA DIÁRIA | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| Básicas | Instrumentais | Avançadas |
| Lavar-se | Cozinhar | Trabalhar |
| Vestir-se | Arrumar a casa | Viajar |
| Arranjar-se | Lavar a roupa e a loiça | Praticar desporto |
| Alimentar-se | Telefonar | Participar em grupos |
| Deslocar-se em casa | Fazer compras/Pagar | Realizar trabalhos |
| Utilizar sanitário | Deslocar-se na rua | manuais |

Adaptado de Spector & Fleishman (1998).

2.2 Composição Corporal

O estudo da composição corporal é o estudo dos diferentes componentes do corpo humano, incluindo a sua quantificação, análise das suas interações e das alterações que ocorrem nestes componentes como consequência de determinados fatores, tais como a nutrição, o exercício, o crescimento, o envelhecimento e determinadas doenças. Os vários componentes da composição corporal, como por exemplo a percentagem de massa gorda (MG), massa muscular (MM), conteúdo mineral ósseo (CMO), têm sido associados ao diagnóstico e incluídos nos parâmetros de identificação de risco de várias condições clínicas, nomeadamente doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, osteoporose e osteoartrite, bem como determinados tipos de cancro (Sardinha & Teixeira, 2005).

Vários modelos foram desenvolvidos para avaliação da composição corporal. O primeiro, o modelo clássico a dois compartimentos (2C), foi introduzido por Behnke (Behnke, 1942) para estimar a massa gorda, dividindo o peso corporal em massa gorda e massa isenta de gordura, com densidades de $0,9007\text{g/cm}^3$ e $1,100\text{g/cm}^3$, respetivamente. Mais tarde, Siri acrescentou a estimação de um outro componente, a água corporal total, apresentando um modelo a três compartimentos (3C) (Siri, 1961). Posteriormente, Wang e colaboradores apresentaram um modelo a cinco níveis na sistematização da pesquisa na área da composição corporal (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992a).

O estudo da composição corporal divide-se em três áreas que se interligam: 1ª área – conceitos da composição corporal; 2ª área – metodologia de avaliação da composição corporal; 3ª área – alterações da composição corporal. A primeira área estabelece a organização dos componentes corporais. Desta forma, organizou-se a composição corporal de acordo com cinco níveis: atómico, molecular, celular, tecidual e corpo inteiro (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992b). (Figura 2.1)

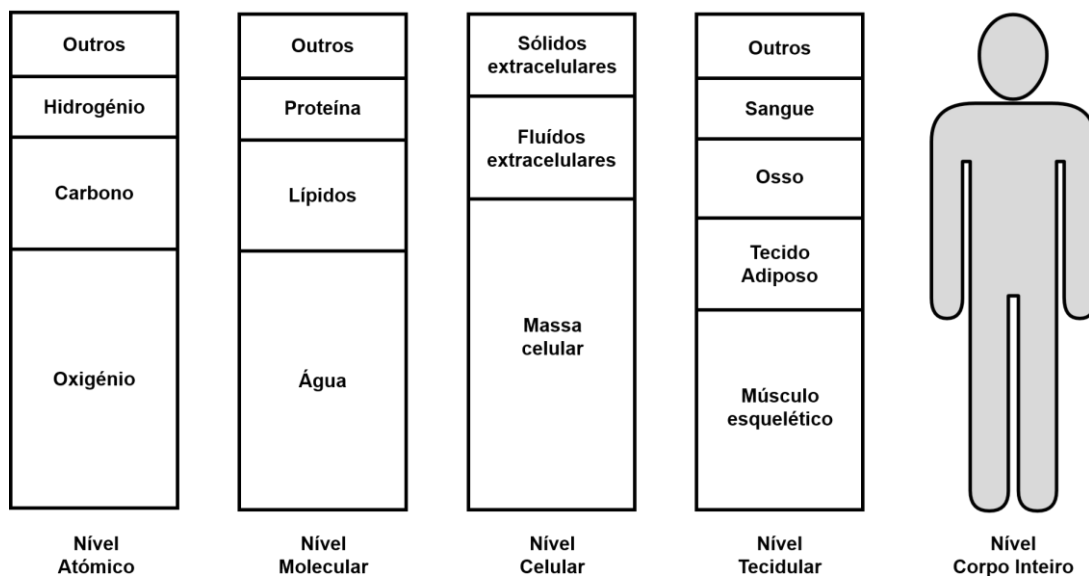


Figura 2. 1: Representação dos cinco níveis da composição corporal humana (adaptado de Wang, et al. 1992)

A área da metodologia da composição corporal é definida como uma área de investigação dedicada ao estudo e aplicação de métodos usados para quantificar os componentes corporais a partir do nível atômico para o nível de corpo inteiro (Heymsfield, Pietrobelli, Wang, & Saris, 2005). Esta é uma área que tem evoluído bastante ao longo dos últimos anos, permitindo obter dados mais precisos, válidos, em menor tempo e de forma mais fácil, para além de proporcionar a recolha de dados com relevância clínica (Sardinha, 2012).

Um conceito essencial é a existência de alguma estabilidade na composição corporal. Sendo que em períodos estáveis, como a manutenção da homeostasia dos fluídos e do peso corporal, há relações constantes ou relativamente constantes no próprio indivíduo e entre indivíduos (Heymsfield, Wang, Baumgartner, & Ross, 1997). Este conceito de estabilidade é fundamental para o desenvolvimento de métodos de avaliação da composição corporal. Wang e colaboradores (1995) assumem que os métodos in vivo são resumidos pela seguinte equação:

$$C = f(Q)$$

Esta fórmula mostra que a quantificação de uma componente desconhecida (C) depende de uma quantidade mensurável (Q) e de uma função matemática (f), que relaciona Q com C. Foram reconhecidas duas categorias de quantidades mensuráveis, nomeadamente propriedade e componente. Assim, os métodos de avaliação da

composição corporal são organizados em métodos baseados em propriedades, métodos baseados em componentes e métodos combinados. Portanto, o investigador com uma propriedade ou componente medidos pode calcular um componente desconhecido baseado em pressupostos estáveis nas relações entre propriedade e componente ou componente-componente. Relativamente às funções matemáticas (f) identificadas nos métodos *in vivo*, estão identificados dois tipos. Os métodos do tipo I são característicos de funções matemáticas derivadas a partir da análise estatística de observações experimentais. Contrariamente, os métodos do tipo II têm em comum funções matemáticas desenvolvidas a partir de modelos estáveis a nível inter e intraindividual (Wang, Heshka, Pierson, & Heymsfield, 1995).

A quantificação dos componentes corporais e a sua alteração em consequência de fatores como a nutrição, exercício, crescimento, envelhecimento e determinadas doenças, é um parâmetro fundamental para a saúde e o bem-estar dos indivíduos, bem como para os profissionais das áreas da saúde e exercício. Atualmente, estes temas estão bastante desenvolvidos, porém o envelhecimento e o desempenho funcional dos idosos apresenta-se como um desafio aos investigadores (Sardinha, 2012).

O envelhecimento é um processo presente e inerente à vida humana. De facto, com a evolução dos cuidados de saúde, da medicina, da alimentação, da tecnologia, do saneamento e das condições de vida em geral, este processo tornou-se um elemento característico das sociedades modernas, permitindo um aumento da longevidade (Barreiros et al., 2006; Jones & Rose, 2005). Uma implicação deste cenário é a maior necessidade de cuidados de saúde, uma vez que a maioria dos idosos apresenta alguma doença ou comorbilidade, podendo condicionar a sua saúde e a sua independência. Os indicadores de fácil praticabilidade, nomeadamente o índice de massa corporal e o perímetro da cintura, são eficazes na estratificação do risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e metabólicas. Entretanto, indicadores mais complexos, nomeadamente obtidos através de BIA e DXA, têm revelado indicações importantes no diagnóstico de sarcopénia e osteoporose.

2.2.2 Técnica imagiológica de nível molecular – DXA

Densitometria radiológica de dupla energia é uma técnica imagiológica de nível molecular que foi desenvolvida, inicialmente, para estimar o CMO e a densidade mineral óssea de regiões do esqueleto e do corpo inteiro. A estimação destes parâmetros tem carácter fundamental para o diagnóstico de osteoporose, tão frequente entre os

idosos. Contudo, o desenvolvimento da análise de corpo inteiro, com base numa fonte de raios x com fótons de dupla energia, permitiu também a avaliação da composição corporal, quantificando a MG e MIG (Lukaski, 1993; Mazess, Pepler, & Gibbons, 1984).

A análise de DXA baseia-se na atenuação de feixes de raios x de dupla energia (Lohman & Chen, 2005), sendo que cada elemento atômico apresenta um coeficiente de atenuação característico (Cherry, Sorenson, & Phelps, 2003). A medição da composição corporal baseia-se na discriminação de 3 compartimentos, nomeadamente MG, CMO e massa isenta de gordura e de osso (MIGO) (Pietrobelli, Formica, Wang, & Heymsfield, 1996).

No mercado existem vários equipamentos para a realização desta técnica, tendo sido encontradas diferenças substanciais nas medidas de composição corporal entre equipamentos de fabricantes diferentes (Malouf et al., 2013; Soriano et al., 2004) e entre modelos diferentes do mesmo fabricante (Hull et al., 2009; Malouf et al., 2013; Mazess & Barden, 2000).

Comparado com o modelo de 4 compartimentos, esta técnica apresenta boas correlações na avaliação da MG e MIG, nomeadamente em indivíduos adultos saudáveis, bem como em atletas (Santos et al., 2010a). Porém, a sua validade é menor quando aplicado em indivíduos muito magros ou muito obesos, tendo-se verificado subestimação da MG em indivíduos magros (Gallagher et al., 2000; Van Der Ploeg, Withers, & LaForgia, 2003; Withers et al., 1998) e sobrestimação da MG em indivíduos obesos (Santos et al., 2010b; Williams et al., 2006).

As principais vantagens deste método são a independência de observador, excelente precisão em medições de corpo inteiro, rápido, custo relativamente baixo e baixa dose de radiação relativamente à TAC (Fosbol & Zerahn, 2015).

2.2.3 Técnicas imagiológicas de nível tecidual

Os métodos de imagem, como a tomografia axial computadorizada (TAC) e a ressonância magnética, são considerados os métodos mais válidos para a quantificação in vivo da composição corporal ao nível tecidual (Fosbol & Zerahn, 2015).

2.2.3.1 Tomografia Axial Computadorizada

A TAC é um método radiológico para determinar a composição corporal regional, permitindo a recolha de imagens de alto contraste, imagens transversais e

bidimensionais e um rápido processamento de dados, tornando esta técnica uma ferramenta clinicamente aplicável, apesar de sofisticada e dispendiosa (Heymssfield & Noel, 1981; Lukaski, 1987). De acordo com a atenuação dos feixes de raio-x, identifica-se os tecidos presentes na região avaliada. Os tecidos com densidades mais baixas aparecem a cor preta, nas imagens, e os de densidade mais elevada, a cor branca. Assim, observa-se o contraste da imagem entre o tecido ósseo, tecido adiposo e o tecido muscular (TM) (Lukaski, 1987).

Esta técnica permite, através de imagens dos membros e do tronco, quantificar o tecido adiposo subcutâneo e mesentérico, de músculo, óssea e de vários órgãos, nomeadamente fígado, baço, rim e cérebro (Heymssfield & Noel, 1981). Tem sido utilizado para avaliar alterações no tecido muscular e tecido adiposo e também para descrever diferenças na distribuição da gordura abdominal durante o envelhecimento (Borkan, Halts, Gerzof, & Robbins, 1985; Lukaski, 1987).

A validade e precisão desta metodologia foram observadas através de vários estudos, nomeadamente comparando com a medição do tecido adiposo abdominal em cadáveres humanos (Rossner et al., 1990), do TM da coxa (Engstrom et al., 1991) e do tecido adiposo das extremidades (Mitsiopoulos et al., 1998), nos quais se comparou a área de secção transversa do tecido de interesse definida nas imagens da TAC com a área correspondente, medida no cadáver (Fosbol & Zerahn, 2015).

A exposição do corpo à substancial dose de radiação deste método é uma das suas principais desvantagens, sendo usada especialmente em situações clínicas ou em investigações (Fosbol & Zerahn, 2015).

2.2.3.2 Ressonância Magnética

A RM é um método não-invasivo e seguro de avaliação da composição corporal, porém apresenta algumas limitações práticas, nomeadamente baixa disponibilidade, custo elevado e elevada ocupação espacial (Lukaski, 1987). Esta metodologia baseia-se no facto dos núcleos atómicos se comportarem como ímanes, ou seja, quando um campo magnético é aplicado através de uma parte do corpo, cada um dos núcleos tenta alinhar-se com o campo magnético externo. É dirigida uma onda rádio para os tecidos, cuja energia é absorvida por alguns núcleos alterando a sua orientação no campo magnético. Quando a onda rádio é desligada, os núcleos ativados emitem o sinal que tinham absorvido e este sinal é depois convertido em imagem (Kaufman, Crooks, & Margulis, 1981).

Tal como a metodologia anterior, a RM permite a determinação do tecido adiposo total, subcutâneo, visceral e intersticial, bem como a análise de músculos individuais ou grupos musculares (Fosbol & Zerahn, 2015; Ross & Janssen, 2005). Vários estudos foram entretanto desenvolvidos com esta tecnologia, tendo sido validada em animais e cadáveres humanos, mostrando uma boa concordância com os valores encontrados através dos métodos de dissecação e análise química (Abate, Burns, Peshock, Garg, & Grundy, 1994; Fowler et al., 1991; Mitsiopoulos et al., 1998; Ross, Leger, Guardo, De Guise, & Pike, 1991).

2.2.4 Técnica de corpo inteiro - Bioimpedância

Os tecidos corporais, de acordo com a sua composição, apresentam diferentes características de condução elétrica. Os tecidos aquosos, devido à presença de eletrólitos, são os principais condutores de corrente elétrica, enquanto a gordura e o tecido ósseo são os tecidos com menos propriedades condutoras (Thomasset, 1962). A condutividade dos tecidos é, assim, diretamente proporcional à quantidade de eletrólitos presentes no tecido.

A BIA é um método que se baseia nas propriedades condutoras elétricas do corpo humano. Neste método, uma corrente elétrica de uma determinada frequência flui através do corpo humano, sendo resistido pelos tecidos corporais.

A análise de BIA mede dois parâmetros biológicos, nomeadamente a resistência e a reactância corporal, a partir dos quais se calcula a impedância. A resistência é a oposição oferecida pelo corpo ao fluxo de uma corrente elétrica alternada e está inversamente relacionada com a quantidade de água e o teor eletrólito dos tecidos. A reactância é o inverso da capacitância, que por sua vez é a qualidade de isolante elétrico que as células possuem, relacionando-se assim com as propriedades de capacitância das membranas celulares, ocorrendo variações de acordo com a integridade, função e composição das membranas (Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1988b).

Uma corrente elétrica passa, principalmente, através do compartimento com menor resistência, que no caso do corpo humano é a água. Assim, a condutividade é proporcional à ACT, e conseqüentemente, a tecidos com alta concentração de água, como o músculo esquelético. Porém, a corrente elétrica flui através da AEC e, dependendo da frequência da corrente também através da AIC (Hoffer, Meador, & Simpson, 1969; Kushner & Schoeller, 1986). A frequências baixas a corrente elétrica flui apenas pelo fluido extracelular, não atravessando as membranas celulares

(Buchholz, Bartok, & Schoeller, 2004; De Lorenzo, Andreoli, Matthie, & Withers, 1997). Com frequências medianas (50 kHz), é possível ocorrer pequena penetração das membranas celulares (De Lorenzo et al., 1997). A frequências mais altas (> 50 kHz) é possível avaliar ambos os compartimentos, extra e intracelular (Buchholz et al., 2004).

Na prática, colocam-se eletrodos na pele do indivíduo a avaliar, numa disposição tetrapolar. Os eletrodos ejetores são, numa avaliação de corpo inteiro, colocados no pulso e no tornozelo, enquanto os dois eletrodos recetores são colocados no dorso da mão e no do pé, procedendo-se de seguida à passagem da corrente elétrica. Os valores de resistência e reatância decorrentes da medição, são usados para o cálculo da composição corporal (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004).

Para o cálculo da composição corporal, este método assenta em pressupostos sobre as propriedades elétricas do corpo, da sua composição, hidratação, densidade, idade, raça, sexo e condição física do indivíduo (Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1990; Kushner, 1992; Lohman, 1986). O principal pressuposto deste método é a semelhança do corpo humano a um cilindro, sendo assumida a área de secção transversal uniforme e homogénea (NIHT, 1996).

O cálculo do volume de um cilindro é realizado através da seguinte equação:

$$V = \rho L^2 / R$$

Onde R é a resistência medida, L o comprimento do cilindro (substituído pela altura do indivíduo) e ρ a resistividade específica do tecido, que é uma média aproximada das resistividades dos tecidos do corpo humano (Geddes & Baker, 1967; Rush, Bristow, Plank, & Rowan, 2012).

Uma vez que o corpo humano não é, na realidade, um cilindro, visto que não apresenta área de secção transversal uniforme e composição homogénea, foi necessário desenvolver equações para medir corretamente a ACT e a MIG (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004; NIHT, 1996).

Porém, atualmente a maior parte dos investigadores prefere assumir o corpo humano como a soma de cinco cilindros uniformes (dois braços, duas pernas e tronco), cujas dimensões são proporcionais à estatura do indivíduo (Baumgartner, 1996). Numa avaliação de corpo inteiro (colocação dos eletrodos na configuração pulso-tornozelo) a resistência do corpo inteiro é determinada principalmente pela resistência dos membros, uma vez que têm menores áreas de secção transversal. Um braço representa cerca de 4% da massa corporal, uma perna 17% e o tronco aproximadamente 50%, porém contribuem de formas diferentes para a resistência do corpo inteiro, cerca de 47% para

os braços, 50% para as pernas e 5 a 12% para o tronco (Baumgartner, 1996; Foster & Lukaski, 1996).

Para além disso, a composição dos tecidos não é homogênea em todo o corpo, resultando em resistividades diferentes de acordo com o tecido (Baumgartner, 1996), porém a resistividade observada para o corpo inteiro é a resistividade média de todos os tecidos (Gedes & Baker, 1967; Rush, Abilskov, & McFeer, 1963), sendo esta assumida, nos equipamentos de bioimpedância, como constante para o corpo inteiro (Chumlea & Sun, 2005). Esta assunção pode ser responsável por diferenças interindividuais e erros de predição na estimação da composição corporal através deste método (Chumlea, Baumgartner, & Roche, 1988; Chumlea & Sun, 2005).

Para além da análise de corpo inteiro, este método pode ser aplicado de forma segmentar, ou seja, em vários segmentos do corpo humano, com a colocação diferenciada de elétrodos de acordo com o segmento de interesse (Lorenzo & Andreoli, 2003). A avaliação segmentar tem sido aplicada com objetivo de determinar alterações da distribuição de fluídos em estados clínicos, nomeadamente na insuficiência renal e na ascite (Zhu, Schneditz, Kaufman, & Levin, 2000; Zillikens, van den Berg, Wilson, & Swart, 1992).

A medição da composição corporal, recorrendo ao método de BIA, pode ser influenciada por vários fatores, entre os quais exercício físico prévio à medição, posição do corpo, temperatura da pele e do ambiente, assim como ingestão alimentar (Gudivaka, Schoeller, & Kushner, 1996; Kushner, Gudivaka, & Schoeller, 1996). Por isso, foi desenvolvida uma padronização desta avaliação, de forma a possibilitar a reprodutibilidade dos resultados, nomeadamente: posição do corpo, o tempo na posição de supino, correta medição da estatura, limpeza da pele com álcool antes da colocação dos elétrodos, posição dos elétrodos, estado de hidratação, ciclo menstrual, consumo de alimentos e bebidas antes do teste, temperatura ambiente e da pele, atividade física recente e condutibilidade da marquesa onde o indivíduo está posicionado. Estes são alguns dos aspetos que devem ser controlados com o objetivo de garantir a validade, reprodutibilidade e precisão da avaliação (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, et al., 2004).

A validade da medição da composição corporal por BIA está dependente da utilização de equações obtidas a partir de uma população com características idênticas às do indivíduo medido, nomeadamente em relação à idade, etnia, hidratação, estado de saúde. As principais equações propostas são desenvolvidas através do método de dois

compartimentos ou através de análise de DXA como método de referência. Porém, estes métodos também apresentam limitações relativamente às suposições sobre a hidratação, tendo conseqüentemente implicações na estimativa da MIG e na MG (Fosbol & Zerahn, 2015). Vários estudos têm demonstrado que este método apresenta uma precisão limitada para avaliar as alterações na MG e MIG em comparação com o modelo de quatro compartimentos, tanto em adultos obesos (Evans et al., 1999; Johnstone et al., 2014; Minderico et al., 2008), como atletas (Matias, Santos, Fields, Sardinha, & Silva, 2012; Moon, 2013) e idosos saudáveis (Moon et al., 2013).

A BIA tem, contudo, várias vantagens, sendo uma técnica não-invasiva, segura, não expondo os indivíduos a radiação ionizante, fácil e de prática aplicação, sem grande variação entre técnicos, de baixo custo, reprodutível e pode ser aplicada em qualquer lugar, devido à sua portabilidade, desde que asseguradas as condições ideais de temperatura ambiente e condutibilidade da marqueta. (Fosbol & Zerahn, 2015; Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, et al., 2004; Lukaski, 2013).

Existem vários equipamentos que permitem a avaliação por BIA, sendo que estão disponíveis equipamentos com análise de unifrequência e de multifrequência.

2.2.4.1 Bioimpedância de Unifrequência

Desde 1962 que se aplicam as medições de impedância bioelétrica para estimar a composição corporal (Thomasset, 1962). Porém, este método apenas foi validado contra o método de referência da época em 1985, no qual a composição corporal foi estimada através da hidrodensitometria e a ACT através da diluição do isótopo deutério (Lukaski, Johnson, Bolonchuk, & Lykken, 1985).

O método de BIA com uma única frequência é o mais usado na estimação da composição corporal. A frequência normalmente aplicada por estes equipamentos é de 50 kHz. A esta frequência, a penetração das membranas celulares é pequena, estando a resistência correlacionada com a ACT, em estados de normal hidratação (Gudivaka, Schoeller, Kushner, & Bolt, 1999). Assim, permite estimar a ACT em indivíduos normalmente hidratados, porém não está validado para indivíduos com condições alteradas de hidratação (Gudivaka et al., 1999; Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004), nomeadamente com edema ou desnutrição, uma vez que promovem alterações entre os compartimentos extra e intracelulares, e conseqüentemente na estimativa da ACT (Gudivaka et al., 1999).

Este método calcula a MIG assumindo que a hidratação deste tecido é constante, ou seja, a MIG é composta por 73% de água, valor que oferece algum consenso (Wang et al., 1999). A MG é, posteriormente, calculada a partir da diferença entre o peso corporal e a MIG (Lukaski et al., 1985). A assunção de hidratação constante da MIG, constitui a principal limitação deste método na avaliação da composição corporal, bem como dos métodos de avaliação da composição corporal de dois componentes, uma vez que a hidratação da MIG é variável entre diferentes populações (Buchholz et al., 2004).

2.2.4.2 Bioimpedância de Multifrequência

Os equipamentos de multifrequência permitem a análise de bioimpedância com a aplicação de diferentes frequências, para além de 50 kHz. Os equipamentos de unifrequência são limitados a diferenciar a distribuição da ACT pelos compartimentos intra e extracelulares (Chumlea & Sun, 2005), uma vez que a frequência 50 kHz mede, essencialmente, os fluídos extracelulares com alguma penetração nas membranas celulares (Gudivaka et al., 1999).

A medição da bioimpedância com várias frequências, ou através de um espectro de frequências, pode medir e explicar de forma mais precisa as variações inter-individuais na composição corporal, comparativamente com a medição com apenas a frequência 50 kHz (Chumlea & Sun, 2005).

As frequências baixas, 1 e 5 kHz, são usadas para predizer a AEC, uma vez que não conseguem penetrar as membranas celulares. Contrariamente, as frequências elevadas, como 100 ou 500 kHz, são usadas para estimar a ACT, uma vez que assume-se que passam completamente através das membranas celulares. Assume-se, assim, que a resistência a baixas frequências é a resistência do fluído extracelular e a resistência a altas frequências é a resistência do fluído corporal total, enquanto a resistência do fluído intracelular é determinada a partir de uma função das resistências obtidas a baixa e a alta frequências (Buchholz et al., 2004).

Bioimpedância de Multifrequência

Os equipamentos de BIA de multifrequência usam uma combinação de frequências para avaliar a ACT, água intra e extracelular e posteriormente calcular a MIG (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004). As frequências aplicadas variam de acordo com os fabricantes e modelos dos equipamentos.

As frequências mais fiáveis para estimar os compartimentos corporais ainda não estão completamente definidas, não se verificando validade de uma frequência em detrimento de outra na predição dos compartimentos de fluídos corporais (Buchholz et al., 2004; Chumlea & Sun, 2005).

Porém, as avaliações com bioimpedância de multifrequência parecem medir, de forma mais precisa, a ACT bem como estimar os seus compartimentos, relativamente às medições com equipamentos de bioimpedância de unifrequência (Buchholz et al., 2004; Chumlea & Sun, 2005).

Bioimpedância espectral

A bioimpedância espectral (BIS) é um método de multifrequência, aplicando todas as frequências pretendidas sob a forma de espectro (Earthman, Traughber, Dobratz, & Howell, 2007). Como referido anteriormente, nas frequências muito baixas, a corrente não penetra nas membranas celulares, passando apenas através da AEC. Nas frequências mais altas, consegue penetrar as membranas celulares, passando pela água extra e intracelular, pelo caminho mais rápido que conseguir. Este método, contrariamente com os referidos acima, utiliza modelos físicos e matemáticos para estabelecer relações entre a resistência e os compartimentos de fluídos corporais, em vez de equações de regressão (Baracos et al., 2012; Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004). O modelo que melhor explica a aplicação deste método é o modelo de Cole (Cole & Cole, 1941). Este assume o corpo como um circuito elétrico, com vias intra e extracelulares em paralelo e com as membranas celulares a servir de condensador para as vias intracelulares. Este método foi comparado com métodos de referência na estimativa da ACT em vários estudos, nomeadamente em adultos jovens saudáveis (Armstrong et al., 1997; De Lorenzo et al., 1997; Moissl et al., 2006), doentes em hemodiálise (Cox-Reijven, Kooman, Soeters, van der Sande, & Leunissen, 2001; Moissl et al., 2006), doentes com insuficiência cardíaca congestiva (Sergi et al., 2006), atletas (Gonçalves, Matias, Santos, Sardinha, & Silva, 2015; Matias et al., 2013; Quiterio et al., 2009), prematuros (Collins et al., 2013) e grávidas (Lof & Forsum, 2004), tendo, no geral, verificado uma ligeira variação na validade da estimativa da ACT.

Na população idosa, a BIS apresenta-se como uma ferramenta útil para a avaliação da MIG, MG (Tengvall et al., 2009), TM bem como para o diagnóstico de sarcopénia (Yamada et al., 2014a). É um método prático, rápido, não-invasivo para a

avaliação da composição corporal em idosos, contudo não foi completamente validado para este grupo etário (Yamada et al., 2013).

Assim, a BIS é um método usado para estimar os compartimentos corporais da água, quando os métodos de diluição não estão disponíveis ou não são viáveis (Moon et al., 2010). Esta metodologia é principalmente usada em estudos epidemiológicos com o objetivo de avaliar a composição corporal e o estado nutricional da população, bem como o estado de hidratação em estados de doença (Pichlera, Amouzadeh-Ghadikolaib, Leis, & Skrabala, 2013). Frequentemente, é um método preferido em relação às técnicas de diluição devido à redução de custos, tempo e equipamento. Porém, alguns fatores biológicos intra-individuais, referidos anteriormente, podem provocar erros de medição, nomeadamente a temperatura corporal, resistência de contacto com a pele, entre outros (Moon et al., 2010). Desta forma, o protocolo de medição deve ser rigoroso, reprodutível e previamente validado de forma a evitar erros metodológicos.

Aplicações Práticas da BIS

Na prática clínica, a identificação do estado nutricional dos indivíduos ocorre, geralmente, através da medição do peso corporal e monitorização do estado antropométrico e do IMC, uma vez que categoriza indivíduos desde a magreza excessiva à obesidade extrema. Porém, a utilização deste indicador em populações clínicas é problemática. Por exemplo, a massa corporal pode diminuir ou aumentar por desidratação ou por edema, respetivamente. Pode ocorrer expansão da AEC e da ACT, geralmente associados a edema. Por outro lado, a ACT pode permanecer constante, enquanto a distribuição de fluidos entre compartimentos pode alterar-se (Earthman et al., 2007).

A avaliação dos compartimentos corporais, especialmente do estado hídrico dos indivíduos, é importante, mas devido à praticabilidade do método de referência, raramente é realizada esta avaliação, nomeadamente na prática clínica (Pichlera et al., 2013).

O método de referência (diluição de isótopos) proporciona medições mais válidas relativamente aos compartimentos de água corporais, porém não é um método de aplicação ideal na prática clínica para monitorização de rotina, avaliações imediatas da distribuição de fluidos, uma vez que os seus procedimentos são demorados, dispendiosos e exigem alguma perícia técnica, para além de que é necessário um período de intervalo de duas a três semanas entre medições (Earthman et al., 2007; Ellis

& Wong, 1998). Em contraste, os métodos com base na aplicação de tecnologia de BIA medem dois parâmetros biológicos, a resistência e a reactância corporais. Diretamente a partir destes valores crus são calculados a impedância e o ângulo de fase. Através de assunções são calculados a MG e MIG, contudo são métodos que oferecem a possibilidade de avaliação frequente e eficiente de distribuição de fluidos (Earthman et al., 2007; Pichlera et al., 2013).

2.2.4.3 Ângulo de fase

O ângulo de fase é uma medida obtida a partir da relação entre as medidas diretas da resistência e da reactância obtidas por bioimpedância (Barbosa-Silva, Barros, Wang, Heymsfield, & Pierson, 2005). Esta medida é calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{ângulo de fase} = \arctang \text{ reactância/resistência} \times 180^\circ/\pi.$$

(Baumgartner, Chumlea, & Roche, 1988a)

O ângulo de fase reflete as contribuições relativas do fluído (resistência) e das membranas celulares (capacitância) do corpo humano. Associa-se diretamente com a capacitância e inversamente com a resistência (Baumgartner et al., 1988a).

Assim, o ângulo de fase reflete a integridade das membranas celulares. Numa célula saudável, o fluído intracelular é maior através da entrada de nutrientes. Quanto mais saudável for a célula, mais forte é a sua membrana, com uma capacidade melhorada de reter fluídos, nutrientes e com melhores propriedades de comunicação. Estas células são, então, maus condutores elétricos. Porém, em células com a membrana degradada ocorrem alterações no gradiente celular, através de perdas de nutrientes essenciais, perdendo a capacidade de armazenar corrente elétrica. Neste caso diminui a capacitância, bem como o ângulo de fase. Esta perda de nutrientes está associada à doença e à perda de massa muscular. Deste modo, ângulos de fase menores sugerem morte celular ou diminuição da integridade celular, enquanto ângulos de fase mais altos sugerem grande quantidade de membranas celulares intactas (Selberg & Selberg, 2002). Sugerindo, assim, diminuição da saúde em geral e da função física, com ângulos de fase reduzidos (Barbosa-Silva et al., 2005). A integridade das membranas celulares pode ser melhorada através de intervenção nutricional e de programas de exercício físico, especialmente de força.

O seu significado biológico não está completamente compreendido, porém tem sido interpretado como um indicador de distribuição da água entre os espaços intra e

extracelulares, considerando-se um dos indicadores mais sensíveis de desnutrição (Gupta et al., 2004; Kyle, Soundar, Genton, & Pichard, 2012; Selberg & Selberg, 2002). É também considerado um preditor da massa celular corporal (Maggiore et al., 1996; Nagano, Suita, & Fukuoka, 2000), sendo, também por esta razão, usado como um indicador do estado nutricional (Nagano et al., 2000; Pupim, Kent, & Ikizler, 1999).

Para além disso, o ângulo de fase é um marcador de prognóstico em diversas condições clínicas nas quais a integridade da membrana celular está comprometida, verificando-se alterações no equilíbrio de fluídos, tais como cirrose hepática, doença pulmonar obstrutiva crónica, insuficiência renal em tratamento de hemodiálise, sépsis, e SIDA (Gupta et al., 2008; Gupta et al., 2004).

Vários estudos, verificaram que quanto menor o ângulo de fase, maior é a progressão da doença ou menor é a sobrevivência (Mushnick et al., 2003; Schwenk A, 2000; Selberg & Selberg, 2002; Toso et al., 2000), nomeadamente em doentes com insuficiência cardíaca (Segall et al., 2009), cancro (Norman et al., 2010), cirrose (Selberg & Selberg, 2002), SIDA (Schwenk A, 2000), cirúrgicos do trato gastrointestinal (Barbosa-Silva et al., 2005) e de insuficiência renal em tratamento de hemodiálise (Segall et al., 2009).

Verifica-se que o ângulo de fase é um preditor de sobrevivência mais poderoso relativamente aos índices nutricionais tradicionais (albumina, pré-albumina e transferrina) (Gupta et al., 2004).

Por ser relativamente recente, não estão ainda definidos pontos de corte para o ângulo de fase que se associam a risco aumentado de défice nutricional, morbilidade e mortalidade (Kyle et al., 2012; Norman et al., 2010), no entanto vários estudos têm investigado de forma a definir valores de referência de ângulo de fase. Contudo, os trabalhos não apresentam um único valor de referência, diferindo de acordo com as características da população em estudo (Llames, Baldomero, Iglesias, & Rodota, 2013). Na tabela 2.3. estão indicados os valores de ângulo de fase encontrados num desses estudos.

Verifica-se que os doentes apresentam ângulo de fase inferior às pessoas saudáveis, relativamente à idade, sexo e altura (Barbosa-Silva et al., 2005; Kyle et al., 2012; Selberg & Selberg, 2002). O ângulo de fase diminui significativamente quando o estado nutricional do doente se agrava, em relação à avaliação realizada através do questionário de avaliação do estado nutricional *Subjective Global Assessment* (SGA),

mostrando ter capacidade de detetar alterações no estado nutricional dos doentes (Kyle et al., 2012; Maggiore et al., 1996).

Tabela 2. 2: Ângulo de fase de referência para a população saudável caucasiana

| Idade (anos) | Ângulo de Fase (°) | |
|--------------|--------------------|---------------|
| | Sexo Masculino | Sexo Feminino |
| 15 – 24 | 7,3 ± 0,8 | 6,6 ± 0,8 |
| 25 – 34 | 7,5 ± 0,8 | 6,6 ± 0,9 |
| 35 – 44 | 7,2 ± 0,9 | 6,7 ± 0,8 |
| 45 – 54 | 7,2 ± 0,9 | 6,5 ± 0,9 |
| 55 – 64 | 6,6 ± 0,9 | 6,0 ± 0,8 |
| 65 – 74 | 6,1 ± 0,9 | 5,4 ± 0,9 |
| 75 – 84 | 5,3 ± 0,9 | 4,8 ± 0,9 |
| >85 | 4,6 ± 0,8 | 4,6 ± 1,2 |

Adaptado de Kyle, Genon, Karsegard, Raguso, Dupertuis, & Pichard, 2004.

De forma a estudar o efeito do IMC no ângulo de fase, Marra et al. (2009) compararam estes parâmetros em três populações distintas (raparigas doentes com anorexia nervosa, raparigas de constituição magra e raparigas praticantes de ballet) e verificaram que as raparigas anoréticas eram as que tinham menor ângulo de fase e as bailarinas as que apresentavam maior valor deste parâmetro. Sugerindo que o ângulo de fase é um parâmetro com capacidade de detetar alterações na composição corporal e, inclusivamente, de diferenciar entre graus de desnutrição (Marra et al., 2009).

O IMC apresenta ter uma relação positiva com o ângulo de fase, ou seja, indivíduos com maior IMC apresentam maior ângulo de fase. Isto deve-se ao facto de indivíduos com maior IMC apresentarem maior número de células, adiposas ou musculares, resultando num ângulo de fase maior, uma vez que este se relaciona com as membranas celulares (Barbosa-Silva et al., 2005; Dittmar, 2003; Selberg & Selberg, 2002).

O ângulo de fase relaciona-se positivamente com o potássio corporal total e com o TM (Selberg & Selberg, 2002). Os homens, geralmente, têm mais MIG, tendo também ângulos de fase superiores. Em todas as idades, verifica-se que os indivíduos do sexo masculino apresentam ângulo de fase significativamente superior ao dos do sexo feminino (Barbosa-Silva et al., 2005).

Verificou-se, também, uma associação positiva entre o ângulo de fase e a força muscular (Selberg & Selberg, 2002), sugerindo que um baixo ângulo de fase está associado a um estado funcional mais debilitado (Kyle et al., 2012).

Barbosa-Silva *et al.* (2005) verificaram que ocorre uma diminuição linear do ângulo de fase ao longo da idade em indivíduos saudáveis de ambos os sexos, sugerindo que é, não só um indicador de composição corporal e estado nutricional, mas também um indicador geral de saúde e funcionalidade. A associação com a funcionalidade foi observada noutras investigações (Norman et al., 2010; Selberg & Selberg, 2002).

Um ângulo de fase acima do normal não indica necessariamente uma situação de doença, podendo inclusivamente ser considerado um prognóstico positivo (Selberg & Selberg, 2002).

Apesar de recente, o ângulo de fase parece ser um bom preditor do estado de saúde e aptidão funcional em diversas populações, no entanto não se conhece a sua validade em idosos.

Pertinência do estudo e Objetivos

Atualmente deparamo-nos com um envelhecimento pronunciado da população, tornando-se fundamental desenvolver os conhecimentos ao nível da funcionalidade nestas faixas etárias por forma a promover uma boa e digna qualidade de vida.

O ângulo de fase parece ser um bom preditor de saúde e condição física em diversas populações. Esta investigação permitirá levantar questões relativas à utilização do ângulo de fase em indivíduos adultos com mais de 60 anos saudáveis, nomeadamente como indicador da independência ou dependência física.

Desta forma, esta investigação tem como objetivos caracterizar a aptidão física dos idosos portugueses, através de testes físicos aplicados, bem como relacionar o rendimento obtido pelos idosos nesses testes com o ângulo de fase, medido através de BIS. Os fatores que podem influenciar esta relação, como o sexo, a idade e a MIG, serão considerados através de análise estatística desta relação. Esta investigação está circunscrita à população de indivíduos idosos saudáveis portugueses. Desta forma, pretende-se verificar se o ângulo de fase é um indicador da capacidade funcional, nesta faixa etária.

Assim, o presente estudo tenciona contribuir para a evolução do conhecimento sobre os determinantes de saúde e qualidade de vida dos idosos portugueses, especialmente ao nível da composição corporal e funcionalidade, promovendo uma abordagem alternativa para avaliação da capacidade funcional de idosos portugueses.

Este capítulo contém uma descrição da abordagem adotada nesta investigação, incluindo a tipologia do estudo, amostra, instrumentos, métodos e procedimentos. Inicia-se com o tipo de estudo, na seção 3.1, seguindo-se a conceção do estudo, população alvo, amostra, instrumentos utilizados (secção 3.5). A secção 3.6 descreve os procedimentos realizados para avaliação da composição corporal e da funcionalidade, bem como da análise estatística.

3.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo observacional, quantitativo, transversal, analítico.

3.2 Conceção do estudo

Para a realização do presente estudo avaliou-se a composição corporal através de BIS e aplicou-se a bateria de testes físicos *Funcional Fitness Test* a uma amostra de idosos saudáveis que se voluntariaram.

3.3 População alvo

A população alvo deste estudo é o conjunto de indivíduos, com idades superior a 60 anos, inclusive, de ambos os géneros, da região de Lisboa.

3.4 Amostra

A população em estudo é constituída por idosos, com idades compreendidas entre 60 e 84 anos, de ambos os géneros, que participaram na recolha de dados do Laboratório de Exercício e Saúde da Faculdade de Motricidade Humana, da Universidade de Lisboa, que decorreu em 2003 e do qual já resultaram alguns estudos (Araújo et al., 2012; Rodrigues, 2010). Os participantes do estudo correspondem a indivíduos voluntários recrutados a partir de centros de idosos da comunidade, clubes desportivos e eventos desportivos e sociais da região de Lisboa. Apesar do projeto inicial pretender caracterizar a composição corporal obtida por métodos de referência e alternativas, assim como a aptidão física e funcional da população idosa, nesta

investigação, os dados recolhidos correspondem à avaliação antropométrica, avaliação da composição corporal através da BIS e avaliação da funcionalidade.

Todos os participantes foram previamente informados da voluntariedade de participação e da confidencialidade dos dados recolhidos.

O Conselho de Ética da Faculdade de Motricidade Humana aprovou a investigação e todos os participantes assinaram um termo de consentimento informado de acordo com os regulamentos deste conselho.

Critérios de inclusão para esta investigação

Os participantes da base de dados elegidos para este estudo têm de apresentar:

- idade superior a 60 anos;
- realização da avaliação da composição corporal pelo equipamento BIS 4000 e pela DXA;
- realização dos testes físicos da Bateria de Testes de Rikli & Jones.

Critérios de exclusão para esta investigação

- idade inferior a 60 anos;
- realização apenas de uma das avaliações;
- realização de apenas alguns dos testes físicos.

3.5 Instrumentos de recolha de dados

Apesar de descritas mais detalhadamente nos pontos 3.6.1, 3.6.2 e 3.6.3, as seguintes metodologias de recolha e análise dos dados requereram a utilização dos instrumentos enumerados de seguida.

Dados antropométricos

Para determinar o peso corporal e a estatura foi utilizado um equipamento com balança e estadiómetro incorporado, *SECA, Hamburg, Germany*. A balança tem capacidade de peso máxima de 200 kg e rigor de 100 g. O estadiómetro tem escala de medição de 85 a 200 cm e rigor de 1 mm.

Composição Corporal

Relativamente à composição corporal, foi utilizado o equipamento *Bio-Impedance Spectrum Analyzer*, Modelo 4000B, Xitron Technologies (San Diego, CA, USA) e o equipamento de DXA (Scan Hologic Explorer-W, fan-beam densitometer, software QDR para a versão windows 12.4; Hologic, Waltham, US) para determinar a MG e a MIG total e regional.

Funcionalidade

Para a avaliação da autonomia física e funcional dos idosos aplicaram-se os testes da bateria de testes *Functional Fitness Test* de Rikli e Jones (1999). Para a realização dos testes foram usados vários instrumentos e materiais.

Levantar e sentar na cadeira Para este teste de avaliação da força e resistência dos membros inferiores, utilizou-se cronómetro e uma cadeira com encosto (sem braços).

Flexão do antebraço Este teste, que avalia a força e resistência do membro superior, implicou a utilização de cronómetro, cadeira com encosto (sem braços) e halteres de mão.

Sentado e alcançar Neste teste de flexibilidade para os membros inferiores, recorreu-se a cadeira com encosto e a uma régua de 45 cm para a recolha dos dados.

Alcançar atrás das costas Para este segundo teste de flexibilidade, neste caso dos membros superiores, apenas foi necessária uma régua de 45cm.

Ir e voltar Para este teste de avaliação da mobilidade física (velocidade, equilíbrio dinâmico e agilidade) usou-se cronómetro, fita métrica, cone e cadeira com encosto.

Andar 6 minutos Neste último teste, que avalia a resistência aeróbia, utilizou-se cronómetro, fita métrica e cones.

Análise dos dados

Para a análise dos dados recolhidos utilizou-se os programas *Microsoft Office Excel™ 2010* e *IBM SPSS Statistics™ 21.0*.

3.6 Procedimento

Após doze horas de jejum, os indivíduos foram avaliados. Esta avaliação incluía avaliação antropométrica (peso, estatura, pregas adiposas e perímetros), avaliação da composição corporal através de BIS e DXA. Os indivíduos tomavam o pequeno-almoço e posteriormente realizavam a última fase desta avaliação, que incluía os testes de aptidão física funcional da bateria de testes de Rikli & Jones.

3.6.1 Avaliação da Composição Corporal

O protocolo para a avaliação da composição corporal através da BIS requer preparação e instrução dos indivíduos para que seja uma avaliação fidedigna, para além de requerer previamente avaliação antropométrica.

Preparação

Todos os participantes foram instruídos a cumprir determinados pré-requisitos de forma a que a avaliação fosse o mais correta possível. Estes pré-requisitos incluem não realizar exercício físico nas 24 horas precedentes ao teste, estar em jejum ou pelo menos quatro horas sem comer e beber, não ingerir diuréticos (chá ou café), não beber álcool nas 48 horas anteriores ao teste, ter a bexiga e os intestinos vazios, retirar todos os objetos de metal antes do teste (pulseiras, fios, brincos, relógio) e trazer para as avaliações o mínimo de roupa e roupas leves (Kyle, Bosaeus, A.D., et al., 2004).

As avaliações foram, assim, realizadas de manhã no laboratório, o qual tinha uma temperatura ambiente de aproximadamente 23°C. De forma a minimizar os erros de medida, as avaliações foram realizadas pelo mesmo profissional.

Antropometria

Antes da medição pela BIS, foram medidos o peso e a altura através de um equipamento com balança e estadiómetro incorporado (SECA, Alemanha), de acordo com as diretrizes da metodologia ISAK. Estas medidas (peso e estatura) foram realizadas com aproximação de 0,01kg e 0,1cm, respetivamente.

Peso Na avaliação da massa total do corpo, o indivíduo, descalço e com roupas leves, coloca-se em cima da balança na posição bípede com os membros superiores pendentes ao longo do tronco, olha em frente e distribui o peso pelos dois pés (Fragoso & Vieira, 2005; ISAK, 2001).

Estatura Seguidamente, na avaliação da distância do vértex ao solo, o observado, descalço, coloca-se na posição antropométrica, distribui o peso pelos dois pés e permanece com a cabeça orientada de acordo com o plano de Frankfurt. O medidor auxilia na adoção desta posição, fazendo uma ligeira pressão lombar com a mão direita e apoiando a mão esquerda na região esternal, deve também fazer uma ligeira tração na zona cervical. A mão esquerda é colocada debaixo do queixo do avaliado enquanto a direita coloca a haste móvel do estadiómetro sobre o vértex. Sempre que possível, o avaliado deve fazer uma inspiração profunda no momento de medição (Fragoso & Vieira, 2005; ISAK, 2001).

Depois de recolhidas, estas variáveis foram introduzidas no *software* de análise da BIS e da DXA, bem como a idade e o sexo do indivíduo, de forma a proceder-se à medição da composição corporal através destes dois equipamentos.

DXA

Para estimar a composição corporal através da DXA, mediu-se o peso e a altura antes desta avaliação. Cada sujeito colocou-se no equipamento de DXA deitado em decúbito dorsal, e posteriormente iniciou-se a medição, durante a qual o sujeito deve permanecer imóvel e relaxado. Esta é uma medição de corpo inteiro que tem a duração de sete minutos. Após recolhidos os dados da medição, são estimados os componentes corporais, nomeadamente o CMO, MG e MIG, usando o *software* Hologic®. As variáveis MIGO e MIGO_{apend.} foram calculadas com os dados fornecidos diretamente do *software*. A variável MIGO representa a subtração do CMO total à MIG de corpo inteiro. A variável MIGO_{apend.} representa a subtração do CMO dos membros superiores e inferiores à MIG dos membros superiores e inferiores. Para calcular o índice de MIGO_{apend.} dividiu-se o MIGO_{apend.} pelo quadrado da altura.

BIS

Para a avaliação da composição corporal através da BIS, mediu-se previamente o peso e a altura dos indivíduos. Esta avaliação foi realizada de acordo com as figuras 3.1 e 3.2. Cada sujeito colocou-se em posição supino numa marquesa, com os braços confortavelmente em abdução relativamente ao tronco cerca de 15° e as pernas confortavelmente separadas. Antes da avaliação, os sujeitos permaneciam nesta posição cerca de 4 a 10 minutos. A medição era realizada entre o 4º e o 6º minuto. Entretanto, o medidor verificava o equipamento e calibrava-o.

A medição é, assim, realizada em posição de supino, do lado direito do corpo, tendo sido colocados dois eléttodos na mão e no pé desse mesmo lado. A zona de colocação dos eléttodos foi, previamente, limpa com álcool etílico. Colocou-se um eléttodo injetor no dorso da mão, na linha média próxima da articulação metacarpo-falângica, e outro no dorso do pé, na linha média próxima da articulação metatarso-falângica. Os dois eléttodos recetores de corrente são colocados na linha média do pulso, entre as proeminências distais do rádio e do cúbito, e na linha média entre o maléolo medial e lateral do tornozelo direito. Os eléttodos injetores e recetores devem ficar a uma distância de 5 cm entre si. Conectam-se os cabos aos respetivos eléttodos, sendo os de cor preta os cabos injetores que devem ser colocados nos eléttodos mais distais e os de cor vermelha, os recetores, nos eléttodos localizados no pulso e tornozelo. Os cabos não tocam no chão nem em objetos metálicos nem se encontram cruzados.

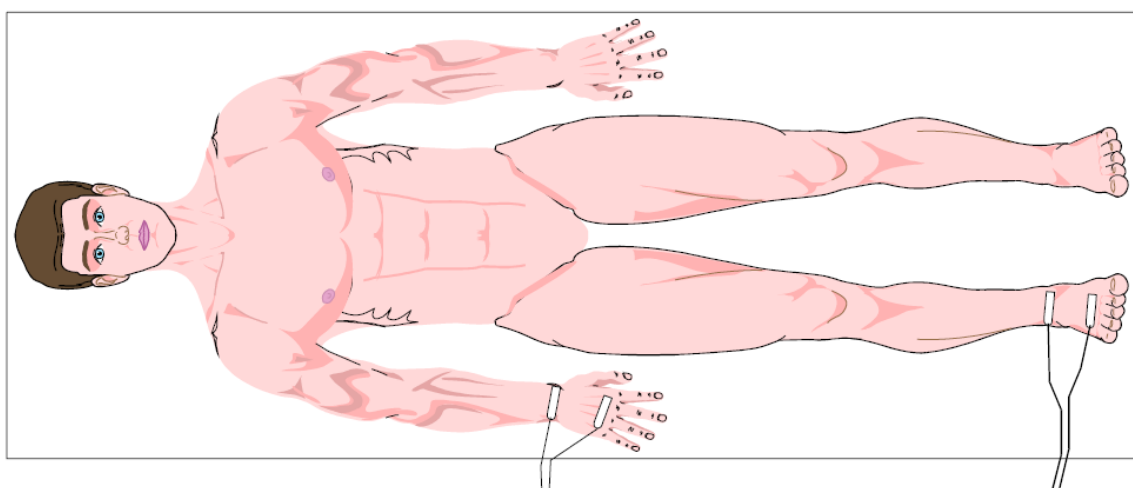


Figura 3. 1: Esquema de colocação correta dos eléttodos no corpo humano para medição através da BIS

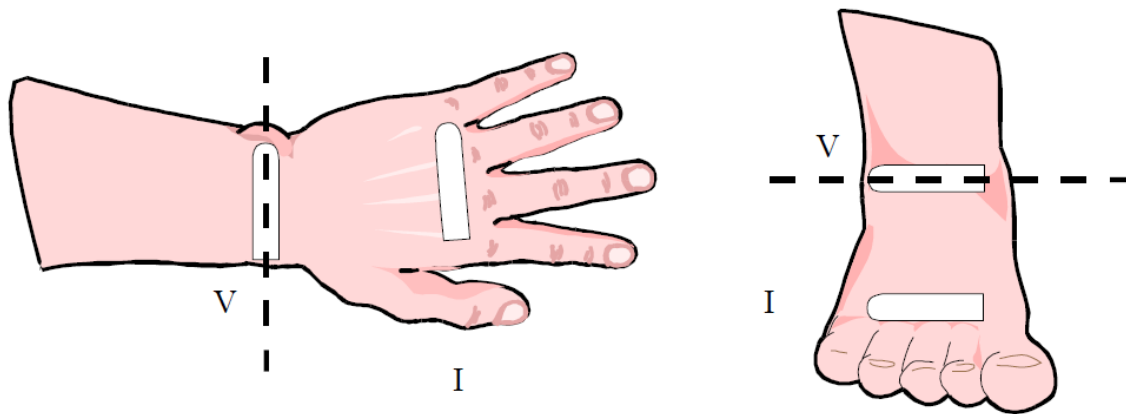


Figura 3. 2: Esquema de colocação dos elétrodos injetores (I) e recetores (V) na mão e pé direitos para medição através da BIS

Depois da medição, são apresentados os resultados através do software *Hydra Data Acquisition Utility*[®]. Os resultados apresentados são divididos em três grupos. O primeiro refere-se aos valores crus, ou seja, os valores de resistência, reactância, impedância e ângulo de fase medidos nas várias frequências desde 5 a 500KHz. O segundo grupo inclui os valores de resistência de fluídos extracelulares e resistência de fluídos intracelulares. O terceiro grupo de resultados inclui a ACT, AEC, AIC e MIG. A MG é posteriormente calculada através da subtração da MIG ao peso corporal. Para esta investigação apenas foram utilizados os resultados referentes ao ângulo de fase da frequência 50KHz, visto ser a frequência mais estudada e citada na literatura.

3.6.2 Avaliação da Funcionalidade

Para a avaliação da autonomia física e funcional dos indivíduos foram aplicados testes da bateria de testes *Functional Fitness Test* de Rikli e Jones (1999). Foram aplicados os seis testes desta bateria de acordo com as especificações dos autores.

Levantar e sentar na cadeira

O avaliador realiza uma demonstração do exercício, e permite de seguida que o idoso realize um ou dois ensaios, para que faça uma execução correta aquando do teste. Seguindo-se, de imediato, a realização do teste. O idoso inicia o teste sentado no meio da cadeira, com as costas direitas e os pés afastados à largura dos ombros e totalmente apoiados no solo. Os membros superiores permanecem cruzados encostados ao peito. Ao sinal de partida, o idoso eleva-se até à extensão máxima (posição vertical) e regressa

à posição inicial (sentado). Este é encorajado a realizar o número máximo de repetições num intervalo de tempo de 30 segundos.

Flexão do antebraço

Após demonstração realizada pelo avaliador, o idoso realiza uma ou duas tentativas para confirmar a execução correta do movimento. De seguida, realiza-se o teste durante 30 segundos. Neste teste, o idoso encontra-se sentado numa cadeira, com as costas direitas, pés totalmente assentes no solo e com o tronco totalmente encostado. Na mão dominante, encontra-se o haltere. O teste começa com o antebraço em posição inferior, ao lado da cadeira, perpendicular ao solo. Ao sinal de partida, o idoso roda gradualmente a palma da mão para cima, enquanto faz a flexão do antebraço, regressando depois à posição inicial de extensão do antebraço. O idoso é encorajado a realizar o maior número de flexões durante 30 segundos, sempre com movimentos controlados em ambas as fases de execução (flexão e extensão do antebraço). Durante a realização do teste, o avaliador está junto ao participante, do lado do braço dominante, colocando os seus dedos no bicípite do executante, de modo a estabilizar a parte superior do braço e assegurar a realização de flexões completas. O avaliador coloca a outra mão atrás do cotovelo do idoso de modo a que este saiba quando atinge a extensão total, evitando movimentos de balanço do antebraço.

Sentado e alcançar

Este teste, o avaliador demonstra e questiona o avaliado relativamente à sua perna dominante, seguidamente este experimenta duas vezes, seguindo-se a aplicação do teste. Iniciando na posição sentado, o idoso avança o seu corpo para a frente, até se encontrar sentado na extremidade do assento da cadeira. Estende a perna dominante na direção da coxa, com o calcanhar no chão e o pé fletido (90°), com a perna não dominante fletida e o pé totalmente assente no solo, e flete-se lentamente para a frente, deslizando as mãos (uma sobre a outra) ao longo da perna estendida, tentando tocar nos dedos dos pés, devendo permanecer na posição máxima durante dois segundos. No final, o avaliador mede a distância dos dedos da mão aos dos pés ou a distância que consegue alcançar para além dos dedos dos pés, sendo a primeira registada como medida negativa e a segundo como positiva.

Alcançar atrás das costas

Neste teste, o avaliador faz uma demonstração, seguidamente questiona ao avaliado qual a sua mão dominante e procede-se à realização do teste. Na posição bípede, o indivíduo coloca a mão dominante por cima de si mesmo e alcança o mais baixo possível em direção ao meio das costas, com a palma da mão para dentro, os dedos estendidos e o cotovelo direcionado para cima. A mão não dominante é colocada por baixo e atrás, com a palma virada para fora, tentando alcançar o mais longe possível, numa tentativa de tocar (ou sobrepor) os dedos médios de ambas as mãos (o avaliado não pode entrelaçar os dedos e puxar). Neste teste contabiliza-se a distância entre os dedos polegares, quando os dedos se sobrepõem regista-se a distância indicada na régua com valor positivo, quando os dedos estão afastados regista-se a distância com valor negativo.

Ir e voltar

O avaliador demonstra primeiramente o teste, seguido de um pré-teste no qual o participante o experimenta. Segue-se, então, a realização do teste. O teste é realizado com o participante totalmente sentado na cadeira, com as mãos nas coxas e pés totalmente assentes no solo (um ligeiramente avançado em relação ao outro). Ao sinal de partida, o sujeito levanta-se da cadeira e caminha (sem correr) o mais rápido possível até ao cone (a uma distância da cadeira de 2.44m), contornando-o e regressando à cadeira. Este teste é cronometrado desde o sinal de partida até ao momento em que o sujeito se senta.

Andar 6 minutos

Os indivíduos caminham o mais rapidamente possível (sem correr) num percurso delineado e medido rigorosamente, circuito com 50m (25m para cada lado), durante 6 minutos, contabilizando-se, no final, a distância percorrida.. Os participantes podem parar, descansar e retomar novamente o percurso.

3.6.3 Análise Estatística

Posteriormente à recolha dos dados, os ficheiros de cada um dos indivíduos foram convertidos em ficheiros *.xlsx*, para poder ser analisados pelo programa *Microsoft Office Excel™ 2010*. Após o agrupamento dos dados numa folha única de *Excel*, estes

foram transportados para o programa *IBM SPSS StatisticsTM 21.0* para se proceder ao respetivo tratamento estatístico.

Para a análise exploratória dos dados foi utilizada a estatística descritiva para descrever o comportamento das variáveis de interesse, nomeadamente média, desvio padrão, mínimo, máximo.

Relativamente à estatística inferencial, foi utilizado o Teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade das variáveis e o Teste de Levene para testar a homogeneidade. Foram utilizados testes *t*-student para verificar a existência de diferenças significativas nas variáveis de interesse entre os grupos amostrais (sexo feminino e masculino) e testes não paramétricos, (Testes de Kruskal-Wallis) para a comparação de valores médios dos testes físicos por grupo etário. Foram também, realizadas correlações de Pearson para avaliar a relação entre o ângulo de fase à frequência 50 e os testes físicos, bem como correlações parciais para avaliar a relação entre o ângulo de fase à frequência 50 e os testes físicos, controlando para variáveis de confundimento, nomeadamente sexo, idade e MIGO_{apend.}. Foi utilizado um nível de confiança de 95% ($\alpha=0,05$).

Resultados

Este capítulo foi organizado com o objetivo de prover dados importantes para o desenvolvimento desta tese.

A secção 4.1 demonstra as características demográficas e de composição corporal dos indivíduos que completaram a amostra, bem como os testes físicos realizados pelos mesmos. Posteriormente, na secção 4.2 são revelados os resultados obtidos através da associação entre o ângulo de fase e os testes físicos.

4.1 Características da amostra

As características dos indivíduos incluídos na amostra estão descritas na tabela 4.1.1.

Tabela 4.1. 1: Características demográficas e de composição corporal da amostra total, amostra feminina e masculina.

| VARIÁVEIS | TOTAL (n=113) | FEMININO (n=67) | MASCULINO (n=46) |
|---|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Idade (anos) | 70,4 ± 6,0 | 70,6 ± 6,4 | 70,0 ± 5,4 |
| Massa corporal (kg) | 69,1 ± 12,2 | 65,2 ± 12,2 [§] | 74,8 ± 10,0 [§] |
| Estatura (cm) | 158,2 ± 8,7 | 152,5 ± 5,4 [§] | 166,5 ± 5,0 [§] |
| IMC (kg/m ²) | 27,6 ± 4,2 | 28,0 ± 4,7 | 26,9 ± 3,2 |
| MG (kg) | 25,2 ± 8,9 | 27,5 ± 9,3 ^{§§} | 21,9 ± 7,2 ^{§§} |
| MIG (kg) | 44,5 ± 10,4 | 38,1 ± 5,8 ^{§§} | 53,8 ± 8,4 ^{§§} |
| MIGO (kg) | 42,2 ± 9,9 | 36,2 ± 5,6 ^{§§} | 51,0 ± 8,1 ^{§§} |
| MIGO _{apend.} (kg) | 17,4 ± 4,8 | 14,4 ± 2,5 [§] | 21,9 ± 3,7 [§] |
| Índice de MIGO _{apend.} (kg/m ²) | 6,9 ± 1,3 | 6,2 ± 0,9 [§] | 7,9 ± 1,2 [§] |
| Resistência* (Ohm) | 520,0 ± 71,7 | 553,0 ± 64,6 [§] | 472,0 ± 51,8 [§] |
| Reactância* (Ohm) | 50,6 ± 8,3 | 51,4 ± 8,1 | 49,4 ± 8,4 |
| Ângulo fase* (°) | 5,5 ± 0,7 | 5,3 ± 0,5 [§] | 5,9 ± 0,7 [§] |

Abreviaturas: M, Masculino; F, Feminino; IMC, Índice de Massa Corporal; MG, Massa Gorda; MIG, Massa Isenta de Gordura; MIGO, Massa Isenta de Gordura e Osso; MIGO_{apend.}, Massa Isenta de Gordura e Osso apendicular (membros superiores e inferiores).

Diferença significativa: [§] entre sexos (p<0,05); ^{§§} entre sexos (p<0,01).

*Medidos a uma frequência de 50 KHz.

Esta tabela inclui as variáveis idade, massa corporal total, estatura, IMC, MG, MIG, MIGO, MIGOpend., índice de MIGOpend., resistência, reactância e ângulo de fase à frequência 50 KHz. A amostra foi composta por 113 indivíduos, dos quais 67 do género feminino e 46 do masculino.

O estudo da amostra através de *testes-t* para amostras independentes revelou diferença significativa entre sexos em várias variáveis. Na massa corporal e na estatura, o grupo masculino apresenta valores significativamente superiores aos do feminino. Relativamente à composição corporal avaliada através da DXA, verifica-se a amostra feminina apresenta MG significativamente superior à masculina. Em oposição, a amostra masculina que apresenta MIG, MIGO, MIGOpend. e IMIGOpend. significativamente superior ao observado na amostra feminina. Quanto aos dados recolhidos pela análise de BIS, verifica-se diferença significativa nas resistências observadas nos dois grupos, sendo a do sexo feminino superior. Relativamente ao ângulo de fase também se verifica diferença significativa entre sexos, sendo o masculino o que apresenta maior média.

Relativamente à idade e IMC não se verificou diferença significativa entre os géneros. O IMC médio observado ($27,6 \pm 4,2 \text{ kg/m}^2$) é representativo de pré-obesidade.

A Tabela 4.1.2 apresenta os resultados observados do ângulo de fase por grupo etário e por sexo. Pode verificar-se que os homens apresentam valor significativamente superior aos das mulheres em todos os grupos etários, excetuando os dois últimos grupos uma vez que não foi possível testar, devido ao reduzido n destes grupos amostrais. Para além disso, pode verificar-se ainda que o ângulo de fase diminui à medida que se avança de grupo etário, havendo diferença significativa entre o primeiro grupo (60-64 anos) e os dois últimos grupos (75-79 e 80-84 anos), na amostra total. Na amostra feminina não se verifica diferença significativa entre grupos etários. Porém, na masculina observa-se diferença significativa entre o grupo etário 60-64 anos e os grupos etários 70-74 anos e 75-79 anos.

Tabela 4.1. 2: Resultados do ângulo de fase da amostra total, amostra feminina e amostra masculina, por grupos etários

| ÂNGULO DE FASE | TOTAL (n=113) | FEMININO (n=67) | MASCULINO (n=46) |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 60 – 64 anos | 5,97 ± 0,69 ^{#¥} | 5,61 ± 0,53 [§] | 6,55 ± 0,50 ^{§#*} |
| 65 – 69 anos | 5,52 ± 0,69 | 5,26 ± 0,62 [§] | 5,96 ± 0,59 [§] |
| 70 – 74 anos | 5,54 ± 0,61 | 5,25 ± 0,48 [§] | 5,82 ± 0,60 ^{§#} |
| 75 – 79 anos | 5,31 ± 0,60 [#] | 5,16 ± 0,40 | 5,54 ± 0,76 [*] |
| 80 – 84 anos | 4,90 ± 0,43 [¥] | 4,90 ± 0,43 | NA |

Abreviaturas: NA, não aplicável.

Diferença significativa: § entre sexos ($p < 0,01$); ¥, # entre grupos etários ($p < 0,05$); * entre grupos etários ($p < 0,01$).

A tabela 4.1.3. apresenta os resultados dos testes de aptidão física aplicados nesta amostra. Verifica-se que os idosos apresentam uma flexibilidade reduzida, através dos testes *Sentado e alcançar* e *Alcançar atrás*, porém observa-se uma grande variação nestes resultados. A análise através dos *testes-t* para amostras independentes demonstrou a existência de diferença significativa entre o valor médio dos testes *Flexão do antebraço*, *Sentado e alcançar*, *Ir e voltar* e *Andar 6 min.* observado na amostra feminina e masculina. O sexo masculino apresentou melhores resultados nos testes de força, agilidade e capacidade aeróbia. Em oposição, o teste correspondente à flexibilidade obteve melhor média no grupo feminino.

Na tabela 4.1.4 estão demonstradas os resultados dos testes de aptidão física por género e por grupo etário. Pode verificar-se que o rendimento no teste *Levantar e sentar* apenas apresenta valores mais baixos a partir dos 75 anos de idade, no sexo feminino, porém no masculino verifica-se maior rendimento nos idosos mais velhos. O teste de força dos membros superiores revela uma relação indireta com a idade em ambos os sexos, bem como o teste de flexibilidade dos membros superiores. O teste *Sentado e alcançar* não apresenta qualquer relação com a idade. O teste físico de agilidade e equilíbrio dinâmico, *Ir e voltar*, apresenta, a partir dos 65-69 anos de idade, resultados gradualmente mais baixos ao longo da idade, em ambos os sexos. No teste *Andar 6 min.*, verifica-se que quanto maior a idade dos idosos, menor a distância alcançada. Nos idosos de sexo masculino esta tendência acontece logo a partir dos 60-64 anos, enquanto nos do sexo feminino ocorre a partir dos 70-74 anos.

Tabela 4.1. 3: Resultados dos testes de aptidão física da amostra total, amostra feminina e amostra masculina

| TESTES APTIDÃO FÍSICA | TOTAL (n=113) | FEMININO (n=67) | | | MASCULINO (n=46) | | |
|--------------------------------|---------------|---------------------------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|
| | Média | Média | Mínimo | Máximo | Média | Mínimo | Máximo |
| Levantar e sentar | 14,3 ± 3,1 | 14,1 ± 2,8 | 8 | 22 | 14,5 ± 3,5 | 9 | 24 |
| Flexão do antebraço | 15,5 ± 3,9 | 14,6 ± 3,6 [§] | 7 | 21 | 16,7 ± 4,1 [§] | 8 | 33 |
| Sentado e alcançar (cm) | -1,4 ± 10,2 | 1,2 ± 9,6 [§] | -25 | 19 | -5,3 ± 10,0 [§] | -33 | 15 |
| Alcançar atrás (cm) | -7,3 ± 11,7 | -6,2 ± 11,0 | -42 | 17 | -9,0 ± 12,6 | -34 | 17 |
| Ir e voltar (") | 5,7 ± 1,2 | 6,0 ± 1,3 [§] | 3,10 | 12,3 | 5,3 ± 0,8 [§] | 4 | 7,50 |
| Andar 6 min. (m) | 553,6 ± 83,5 | 524,8 ± 82,4 [§] | 305 | 775 | 595,7 ± 66,0 [§] | 421 | 690 |

Diferença significativa: [§] entre sexos (p<0,05).

Tabela 4.1. 4: Resultados dos testes de aptidão física da amostra feminina e amostra masculina por grupos etários

| TESTES APTIDÃO FÍSICA | | 60-64 (n=21) | 65-69 (n=29) | 70-74 (n=31) | 75-79 (n=26) | 80-84 (n=6) |
|-------------------------|-----------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Levantar e sentar | Feminino | 14,2 ± 3,7 | 14,3 ± 2,4 | 15,5 ± 2,5 | 13,1 ± 2,6 | 13,0 ± 2,9 |
| | Masculino | 13,6 ± 2,9 | 14,3 ± 4,3 | 14,8 ± 3,2 | 15,0 ± 3,7 | NA |
| Flexão do antebraço | Feminino | 16,0 ± 3,1 | 15,6 ± 3,0 | 14,1 ± 3,8 | 13,3 ± 3,9 | 14,8 ± 3,7 |
| | Masculino | 18,2 ± 6,3 | 17,0 ± 3,7 | 16,9 ± 2,7 | 14,9 ± 4,3 | NA |
| Sentado e alcançar (cm) | Feminino | 3,8 ± 6,9 | 0,44 ± 8,8 | -1,1 ± 9,8 | 2,5 ± 10,7 | -0,4 ± 15,8 |
| | Masculino | -11,0 ± 9,6 | -2,4 ± 4,9 | -5,9 ± 11,6 | -3,4 ± 11,0 | NA |
| Alcançar atrás (cm) | Feminino | -2,6 ± 9,3 | -2,9 ± 6,3 | -3,7 ± 8,6 | -11,4 ± 11,7 | -19,4 ± 20,1 |
| | Masculino | -5,3 ± 11,0 | -8,7 ± 12,3 | -7,7 ± 14,9 | -13,3 ± 10,7 | NA |
| Ir e voltar (“) | Feminino | 5,6 ± 1,4 | 5,6 ± 0,7 | 5,8 ± 0,9 | 6,2 ± 1,1 | 7,5 ± 2,7 |
| | Masculino | 5,2 ± 0,5 | 4,8 ± 0,4 | 5,5 ± 0,8 | 5,6 ± 1,1 | NA |
| Andar 6 min. (m) | Feminino | 575,4 ± 80,5 ^{§*} | 538,8 ± 29,3 [#] | 549,3 ± 81,6 [¥] | 492,9 ± 72,1 [*] | 396,6 ± 71,6 ^{§#¥} |
| | Masculino | 615,6 ± 51,6 | 605,1 ± 79,0 | 605,5 ± 66,2 | 557,5 ± 52,6 | NA |

Abreviaturas: cm, centímetros; “, segundos; m, metros; NA, não aplicável.

Diferença significativa: § entre grupos etários ($p < 0,01$); *, #, ¥ entre grupos etários ($p < 0,05$).

4.2 Relação entre Ângulo de fase e Aptidão física

Estudou-se a associação entre o ângulo de fase e os testes de aptidão física aplicados, tendo-se verificado correlações significativas entre estas variáveis.

Numa primeira fase (Tabela 4.2.1), estudou-se a associação simples entre o ângulo de fase e os testes de aptidão física. O ângulo de fase correlaciona-se significativamente com cada um dos testes físicos, à exceção do teste de flexibilidade *Alcançar atrás*. Contudo, quando se estudou esta associação simples, dividindo a amostra por sexo, apenas três testes mantiveram associação significativa. Os testes *Flexão do antebraço* e *Andar 6 min.* apresentam associação positiva com o ângulo de fase, ou seja, quanto maior o número de repetições e a distância percorrida, respetivamente, maior o ângulo de fase. O teste *Ir e voltar* apresenta associação negativa com o ângulo de fase, significando que quanto mais rápido for realizado o teste (menos tempo contabilizado), maior o ângulo de fase.

Tabela 4.2. 1: Correlações de Pearson entre o ângulo de fase à frequência 50 e os testes de aptidão física na amostra total, amostra feminina e masculina

| TESTES APTIDÃO FÍSICA | ÂNGULO DE FASE | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Total (n=113) | Feminino (n=67) | Masculino (n=46) |
| Levantar e sentar | 0,212* $p = 0,024$ | 0,153 $p = 0,215$ | 0,263 $p = 0,078$ |
| Flexão antebraço | 0,421** $p < 0,001$ | 0,400** $p = 0,001$ | 0,303* $p = 0,041$ |
| Sentado alcançar | -0,258** $p = 0,006$ | -0,058 $p = 0,639$ | -0,210 $p = 0,161$ |
| Alcançar atrás | -0,037 $p = 0,706$ | 0,030 $p = 0,815$ | 0,012 $p = 0,940$ |
| Ir e voltar | -0,402** $p < 0,001$ | -0,314** $p = 0,010$ | -0,385** $p = 0,008$ |
| Andar 6 min. | 0,435** $p < 0,001$ | 0,308* $p = 0,011$ | 0,298* $p = 0,044$ |

Correlação significativa: * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Adicionalmente foi efetuado estudo das correlações entre o ângulo de fase e os testes físicos, controlando para as variáveis de confundimento idade, sexo e índice de MIGO_{apend.}. Este estudo apresenta resultados estatisticamente significativos, na amostra total, para três dos seis testes, nomeadamente: *Levantar e sentar*, *Flexão do antebraço* e *Ir e voltar*. Os testes de flexibilidade não apresentam associação, após controlados para a idade, sexo e índice de MIGO_{apend.}. Estas correlações parciais estão descritas na tabela 4.2.2.

Tabela 4.2. 2: Correlações parciais entre o ângulo de fase à frequência 50 KHz e os testes de aptidão física na amostra total, amostra feminina e masculina

| TESTES APTIDÃO FÍSICA | ÂNGULO DE FASE | | |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Total ¹ (n=113) | Feminino ² (n=67) | Masculino ² (n=46) |
| Levantar e sentar | 0,215* $p = 0,024$ | 0,114 $p = 0,364$ | 0,381* $p = 0,011$ |
| Flexão antebraço | 0,244** $p = 0,010$ | 0,309* $p = 0,012$ | 0,173 $p = 0,261$ |
| Sentado alcançar | -0,101 $p = 0,293$ | -0,078 $p = 0,539$ | -0,072 $p = 0,644$ |
| Alcançar atrás | -0,063 $p = 0,531$ | -0,064 $p = 0,626$ | -0,012 $p = 0,945$ |
| Ir e voltar | -0,216* $p = 0,023$ | -0,235 $p = 0,059$ | -0,248 $p = 0,104$ |
| Andar 6 min. | 0,139 $p = 0,148$ | 0,183 $p = 0,145$ | 0,150 $p = 0,332$ |

Correlação significativa: * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

Correlações controladas para: ¹sexo, idade e índice MIGO_{apend.}; ²idade e índice MIGO_{apend.}.

O teste de força dos membros superiores, *Flexão antebraço*, é o que apresenta uma correlação mais forte com o ângulo de fase, seguido do teste de agilidade e condição física geral, nomeadamente *Ir e voltar*, mesmo depois de controlar para o sexo, idade e índice de MIGO_{apend.}. Os testes de força apresentam associação significativa positiva com o ângulo de fase, contrariamente, o teste *Ir e voltar* apresenta associação negativa. Verifica-se, assim, que quanto maior o ângulo de fase melhor é o rendimento dos idosos nestes testes.

Dividindo a amostra de acordo com o sexo e controlando para a idade e índice de MIGO_{apend.}, verifica-se correlação significativa entre o ângulo de fase e o teste *Flexão antebraço* no sexo feminino e entre o ângulo de fase e o teste *Levantar e sentar* no sexo masculino, esta associação, tal como na amostra total, é uma associação positiva, ou seja, quanto mais repetições são realizadas no teste, maior é o ângulo de fase.

Apesar de significativas, as correlações encontradas apresentam fraco poder.

Devido à necessidade de avaliar a capacidade física e funcional da população idosa de forma a promover a sua independência e qualidade de vida, gerou-se a hipótese de aplicar a BIA para satisfazer esta necessidade. Este estudo associou um dos valores crus da medição de BIA, o ângulo de fase, aos testes físicos, comumente usados para avaliação a capacidade física dos idosos. Verificou-se que há relação significativa entre o ângulo de fase e os testes de força, tanto superior como inferior, bem como com o teste de agilidade, ou seja, quanto maior o ângulo de fase melhores são os padrões de aptidão.

Poucos estudos foram realizados com amostras semelhantes à desta investigação. Desta forma, a discussão dos resultados incidirá sobre esses conjuntamente com investigações em populações diferentes, nomeadamente em adultos saudáveis e adultos e idosos com patologia clínica.

Ângulo de fase

De acordo com os resultados apresentados, esta amostra apresenta ângulo de fase médio de $5,5^{\circ} \pm 0,7^{\circ}$. Este valor é inferior ao observado em dois estudos realizados com idosos saudáveis (Buffa, Floris, & Marini, 2003; Saragat et al., 2014), com diferença significativa apenas na amostra feminina com idades compreendidas entre 60-69 e 70-79 anos. Kyle e colaboradores (2001), estudaram uma amostra de indivíduos saudáveis desde os 18 aos 98 anos, tendo verificado ângulos de fase superiores aos encontrados neste estudo nos indivíduos com idades iguais e inferiores a 74 anos, sendo esta diferença significativa nas mulheres com idade igual e inferior a 60 anos, nos indivíduos com idade superior a 74 anos, observaram ângulos de fase inferiores aos desta amostra portuguesa, com diferença significativa no sexo feminino. Contrariamente, o ângulo de fase médio observado é superior ao de dois estudos realizados com idosos, sem doença específica grave, porém as amostras destes estudos têm idade média superior em 6 a 10 anos (Basile et al., 2014; Buffa, Floris, & Marini, 2009).

O valor de ângulo de fase observado é inferior ao encontrado nas investigações com adultos saudáveis, sem incluir idosos nas suas amostras. A investigação de Selberg

& Selberg (2002) observou ângulo de fase significativamente superior ao observado. Kyle, *et al.* (2012) estudou também adultos saudáveis e verificou ângulos de fase médios superiores ao encontrado nesta investigação. Também num estudo realizado com a base de dados dos Estados Unidos da América (NHANES 2003-2004), com adultos, apresentou ângulo de fase superior ao observado (Buffa, Saragat, Cabras, Rinaldi, & Marini, 2013). O ângulo de fase correlaciona-se negativamente com a idade (Barbosa-Silva *et al.*, 2005; Buffa *et al.*, 2003; Norman *et al.*, 2010; Saragat *et al.*, 2014), pelo que as diferenças mencionadas acima são consideradas normais. As amostras dos estudos apresentam idades médias muito distintas, sendo de esperar que idosos saudáveis apresentem valores de ângulo de fase inferiores a adultos saudáveis. Estes resultados vão ao encontro da hipótese de que o ângulo de fase reflete a integridade das membranas celulares.

O ângulo de fase observado nesta investigação é superior ao observado na maioria dos estudos realizados com populações com patologia clínica (Basile *et al.*, 2014; Beberashvili *et al.*, 2014; Gupta *et al.*, 2004; Norman *et al.*, 2010; Stobäus, Pirlich, Valentini, Schulzke, & Norman, 2012). Beberashvili, *et al.* (2014) observaram $5,1^{\circ} \pm 0,96^{\circ}$ na sua amostra, composta por doentes com insuficiência renal em tratamento de hemodiálise com média de $64 \pm 11,5$ anos. Stobäus, *et al.* (2012) verificaram, numa população de doentes hospitalizados ($53,6 \pm 16,7$ anos), ângulo de fase médio $4,91^{\circ} \pm 1,77^{\circ}$. Em doentes adultos ($56,2 \pm 10,7$ anos) com cancro pancreático, Gupta, *et al.* (2004) verificaram ângulo de fase $5,3^{\circ} \pm 1,5^{\circ}$. Norman, *et al.* (2010) observaram em doentes de cancro ($63,0 \pm 11,8$ anos) ângulo de fase de $4,59^{\circ} \pm 1,12^{\circ}$. Duas investigações realizadas com idosos, doentes com demência, mostram valores de ângulo de fase significativamente inferiores aos apresentados nesta tese. Porém é importante atentar que as amostras apresentavam idade média superior à do presente estudo (Buffa, Mereua, Putzub, Mereub, & Marini, 2014; Martín, Silleras, Ortega, Rodríguez, & del Río, 2014). Em oposição, o ângulo de fase médio observado no presente estudo é inferior ao observado numa investigação realizada com doentes cardíacos cirúrgicos ($66,2 \pm 9,8$ anos) que apresentou um valor médio de $5,9^{\circ} \pm 1,0^{\circ}$. Contudo, este estudo foi realizado com adultos e idosos mais novos do que os da presente investigação (Visser *et al.*, 2012). De acordo com estes dados, pode afirmar-se que as populações com doença associada apresentam ângulo de fase menor, tal como demonstrado em várias publicações (Kyle *et al.*, 2012; Selberg & Selberg, 2002), indicando que o ângulo de fase se relaciona com o estado físico e funcional dos indivíduos.

De acordo com Barbosa-Silva, *et al.* (2005), a população em estudo neste trabalho apresenta valores de ângulo de fase inferiores aos valores de referência para o sexo e a idade. Segundo estes autores, os idosos com idades compreendidas entre 60 e 69 anos têm como ângulo de fase de referência, $5,97^\circ \pm 0,83^\circ$, para o sexo feminino, e $6,96^\circ \pm 1,10^\circ$, para o masculino. Contudo, nesta amostra os valores observados nesta faixa etária foram de $5,38^\circ \pm 0,62^\circ$ e $6,19^\circ \pm 0,62^\circ$, para o sexo feminino e masculino respetivamente. As mulheres com mais de 70 anos de idade têm como valor de referência, $5,64^\circ \pm 1,02^\circ$ de ângulo de fase e os homens $6,19^\circ \pm 0,97^\circ$, porém nesta amostra verificou-se $5,14^\circ \pm 0,45^\circ$ e $5,70^\circ \pm 0,67^\circ$ respetivamente para mulheres e homens.

Tal como observado por outros investigadores, verificou-se superioridade significativa do ângulo de fase demonstrado pelos homens relativamente ao das mulheres (Barbosa-Silva et al., 2005; Kyle, Genton, Slosman, & Pichard, 2001; Norman et al., 2010; Saragat et al., 2014). Porém, esta diferença não foi observada noutros estudos, Selberg & Selberg (2002) não observaram diferença significativa entre sexos, possivelmente devido à dimensão da sua amostra (50 adultos saudáveis). Também, Baumgartner, et al. (1988) não encontrou diferença significativa nos valores de ângulo de fase entre sexos. Mas, as investigações indicam que este parâmetro permanece superior nos homens relativamente às mulheres até à oitava década de vida, sendo que após esta idade os valores tendem a igualar-se (Kyle et al., 2001).

Testes Físicos

Neste estudo, os idosos apresentam rendimentos nos testes físicos significativamente diferentes dos apresentados por Sardinha et al. (2015), numa investigação que estabeleceu critérios de referência para os testes da aptidão física numa amostra de idosos portugueses, que permitem a identificação de indivíduos em risco de dependência física mais tarde na vida. Nos testes de agilidade e equilíbrio dinâmico e de capacidade aeróbia, respetivamente *Ir e voltar* e *Andar 6 min.*, verificou-se uma performance significativamente superior na amostra total, bem como na amostra feminina e masculina, do presente estudo relativamente à observada pelo estudo mencionado acima. Também no teste *Flexão do antebraço* verificou-se um rendimento significativamente superior na amostra total deste estudo, porém, aquando da divisão por géneros, esta diferença significativa só permanece na amostra feminina. No teste físico *Levantar e sentar* não se verificou diferença significativa. É importante salientar

que a diferença de idades entre os estudos também é significativa, sendo a do presente estudo inferior à do estudo mencionado acima. Este facto permite afirmar que a capacidade aeróbia e a agilidade são, possivelmente, as capacidades da aptidão física que apresentam maior declínio com o aumento da idade.

De acordo com os critérios de referência dos padrões de aptidão para a manutenção da independência física desenvolvidos por Rikli & Jones (2012), verifica-se que a amostra apresenta padrões de aptidão insuficientes para manter a independência física, uma vez que tanto no sexo feminino como no masculino, os valores médios da maioria dos testes são inferiores aos critérios de referência, para a idade. (Tabela 4.3)

Verifica-se, tal como observado por Rikli & Jones (2012), um decréscimo no rendimento dos testes ao longo da idade, porém nesta amostra não se verificou esta tendência no teste *Levantar e sentar*. Nos testes que apresentaram declínio ao longo da idade, verifica-se que este declínio é inferior ao previsto por Rikli & Jones (2012), sendo um declínio médio de 12,85%, dos 60 aos 79 anos de idade. No teste de força de membros superiores, observou-se valores de rendimento inferiores em 16,9% e 18,1% nas mulheres e nos homens, respetivamente, entre os 60 e os 79 anos. Este declínio é superior ao previsto por Rikli & Jones (2012), porém no teste físico de agilidade e equilíbrio dinâmico (*Ir e voltar*) verificou-se uma diferença de valores inferior ao previsto. Contudo, no teste físico de capacidade aeróbia (*Andar 6 min.*) verificou-se que entre as mulheres de 60 e de 79 anos há uma diferença de 14,3%, superior ao previsto por Rikli & Jones (2012), e entre os homens da mesma idade, há uma diferença de 9,4%, inferior ao previsto.

Este decréscimo ao longo da idade foi mais acentuado a partir dos 70 anos de idade, ou seja, da sétima para a oitava década de vida. Este resultado vai ao encontro dos de outros estudos (Paterson, Jones, & Rice, 2007a; Rikli & Jones, 2012; Vandervoort, 2002). O teste físico que avalia a força dos membros superiores apresentou, nos homens, um aumento da taxa de declínio a partir dos 70 anos, porém, nas mulheres, verifica-se uma diminuição mais acentuada a partir dos 65 anos. Em oposição, o teste de agilidade (*Ir e voltar*) apresentou um decréscimo mais acentuado a partir dos 65 anos, para os homens, e dos 70 para as mulheres. O teste *Andar 6 min.* apresentou uma taxa de declínio mais acentuada a partir dos 70 anos para ambos os sexos.

Relativamente a cada capacidade avaliada, verificou-se que a força dos membros inferiores, através do teste *Levantar e sentar*, apresentou uma diminuição ao longo da

idade no sexo feminino, tendência semelhante à de outras investigações, porém um aumento no masculino, que contraria outros resultados (Paterson et al., 2007a; Rikli & Jones, 2012; Vandervoort, 2002). A causa deste resultado estará, possivelmente, relacionada com o número de indivíduos avaliados, bem como com o desenho do estudo, pelo facto de ser um estudo transversal e não longitudinal. Relativamente à força dos membros superiores, verificaram-se valores inferiores em ambos os sexos, proporcionalmente à faixa etária, sendo o grupo de idosos com maior idade o que apresenta menor rendimento no teste de força dos membros superiores. Os homens foram os que apresentaram maior diferença de rendimento, tal como observado noutros estudos (Doherty, 2003; Goodpaster et al., 2006; Hughes et al., 2001; Paterson et al., 2007a; Rikli & Jones, 2012). Verificou-se, no sexo feminino, que a diferença entre os valores no teste de força dos membros superiores foi superior à dos valores no teste de força dos membros inferiores, contrariamente ao que seria esperado, uma vez que, segundo vários autores, o declínio desta capacidade é, geralmente, superior nos membros inferiores (Paterson et al., 2007a; Vandervoort, 2002).

Quanto à capacidade de agilidade e equilíbrio dinâmico, avaliada através do teste *Ir e voltar*, verificou-se diferença significativa entre sexos, mantendo-se esta diferença significativa ao longo da idade. O sexo masculino apresentou uma diferença maior e mais acentuada nesta capacidade. Relativamente ao teste da capacidade aeróbia, *Andar 6 min.*, verificou-se diferença, inversamente proporcional à idade, em ambos os sexos, como referido acima, sendo o sexo feminino o que apresenta maior perda desta capacidade.

De um modo geral, verificaram-se diferenças das capacidades físicas entre os grupos etários semelhantes ao identificado na literatura, ou seja, um declínio de 10 a 15% por década após os 50-60 anos de idade (Macaluso & De Vito, 2004; Morey et al., 1998; Paterson et al., 2007a; Vandervoort, 2002).

Segundo alguns autores, a taxa média de declínio físico medido transversalmente é de, aproximadamente, 1,25 vezes inferior à medida longitudinalmente, independentemente do tipo de avaliação da capacidade física e do sexo (Basse & Harries, 1993; Goodpaster et al., 2006; Hollenberg, Yang, Haight, & Tiger, 2006; Jackson, Sui, Hebert, Church, & Blair, 2009; Kallman, Plato, & Tobin, 1990; Rantanen et al., 1998; Stathokostas, Jacob-Johnson, Petrella, & Paterson, 2004; Winegard, Hicks, Sale, & Vandervoort, 1996). Desta forma, espera-se um declínio superior ao apresentado pelos resultados, uma vez que estes são dados transversais. Ou seja, a taxa

de declínio das capacidades físicas seria maior relativamente à apresentada por outras populações, indo ao encontro de uma investigação realizadas com idosos portugueses (Marques et al., 2014).

Ângulo de fase e testes físicos

Valores elevados de ângulos de fase têm sido sugeridos como indicadores de maior número de células e integridade da membrana celular e melhor função celular. Em indivíduos idosos considerados saudáveis o ângulo de fase varia entre 4,6 e 6,1 no sexo masculino e 4,6 e 5,4 no feminino (Kyle, Genon, et al., 2004), e correlaciona-se com o estado nutricional e funcional. Como referido anteriormente, o ângulo de fase diminui com o aumento da idade, devido essencialmente à diminuição da reatância, que pode representar um aumento da resistência, devido à redução da ACT e aumento da MG (Norman, Stobäus, Pirlich, & Bosy-Westphal, 2012).

De acordo com Norman, et al. (2012), ângulos de fase altos relacionam-se com altos níveis de atividade física, em idosos não institucionalizados. Para além disso, parâmetros da função muscular também têm demonstrado relação com o ângulo de fase, nomeadamente a força de prensão da mão, que se relaciona linearmente com o ângulo de fase. Também Basile e colaboradores (2014) verificaram relação linear positiva entre o ângulo de fase e a massa e força muscular, independentemente da idade.

Tal como demonstrado nos estudos anteriores, na presente investigação verificou-se relação entre o ângulo de fase e os testes físicos representativos da força muscular. O ângulo de fase relacionou-se, na amostra total, com os testes físicos de força, *Levantar e sentar* e *Flexão do antebraço*, e de agilidade, *Ir e voltar*, independentemente de outros fatores, nomeadamente o sexo, a idade e a MIGO_{apend}. Estudando apenas a amostra feminina, mantém-se a relação apenas com o teste de força dos membros superiores. Em oposição, a amostra masculina revela relação significativa entre o ângulo de fase e o teste físico que avalia a força dos membros inferiores, independentemente da idade e da MIGO_{apend}. Estes resultados vão, assim, ao encontro do esperado, uma vez que as investigações anteriores têm sugerido relação entre o ângulo de fase e a força muscular. Os testes *Levantar e sentar* e *Ir e voltar* também apresentaram relação significativa com o ângulo de fase num estudo realizado com idosos em reabilitação (Gunn et al., 2008).

Dada a relação existente entre o ângulo de fase e a força muscular, tem sido sugerido como sendo um aspeto a analisar relativo ao estado funcional (Norman et al.,

2012; Selberg & Selberg, 2002). De facto várias investigações têm verificado a sua relação com indicadores do estado funcional. O ângulo de fase mostrou estar relacionado com maiores níveis de atividade física, desporto e atividades de lazer em idosos não institucionalizados (Dittmar, 2003). Também em idosos institucionalizados, observou-se relação significativa entre o ângulo de fase e a função muscular (força de preensão manual e força de extensão do joelho), bem como entre o ângulo de fase e o índice de Barthel das atividades da vida diária (Norman, Smoliner, Valentini, Lochs, & Pirlich, 2007). Em indivíduos com doenças crónicas também se detetou relação entre o ângulo de fase e a função física dos doentes. Nomeadamente na doença renal, em hemodiálise, verificou-se que o nível de atividade física espontânea se correlaciona com este parâmetro (Zamojska, Szklarek, Niewodniczy, & Nowicki, 2006). Bem como, em doentes com cancro colo-retal, nos quais o aumento da escala de função física foi associado ao aumento do ângulo de fase, indicando melhoria ao nível dos aspetos funcionais e, conseqüentemente, da qualidade de vida dos indivíduos. Estas investigações, comumente à presente investigação, verificam associação entre o ângulo de fase e parâmetros da capacidade funcional, sugerindo que é um indicador que permite a identificação de indivíduos com diminuída capacidade funcional.

Segundo os parâmetros desenvolvidos por Sardinha e colaboradores (2015), que avaliam a condição física atual dos idosos e permitem predizer a independência física no futuro, verifica-se que 82,5% dos indivíduos desta amostra apresentam condição física que lhes permitirá ser fisicamente independentes mais tarde na vida, tendo, os restantes 17,5%, risco de dependência física no futuro. Verificou-se, ainda, que todos os indivíduos que apresentam risco de dependência são de sexo feminino.

Visto ter-se observado na população portuguesa uma relação de interligação entre o ângulo de fase e os testes de aptidão funcional em idosos, também demonstrada por outras investigações, sugere-se que, de facto, este parâmetro parece estar relacionado com as membranas celulares, tendo consequência ao nível geral do organismo, e desta forma poderá ser uma alternativa válida na avaliação da capacidade funcional em idosos, uma vez que é um parâmetro de fácil obtenção.

Este estudo apresenta algumas limitações, descritas em seguida.

Primeiramente, o baixo número de indivíduos que constituem a amostra poderá condicionar os resultados obtidos. Para além de que a amostra não é quantitativamente semelhante entre sexos, tendo o sexo feminino maior dimensão. O sexo feminino foi o que apresentou resultados mais heterogéneos relativamente à associação entre o ângulo

de fase e os testes físicos, tendo isso mesmo condicionado os resultados da amostra total. A amostra é composta por indivíduos idosos de várias idades, porém o número de indivíduos não é equitativo entre as várias idades, o que condiciona também os resultados, uma vez que a idade é um dos fatores que se associam com o ângulo de fase (Kyle et al., 2012; Norman et al., 2010; Norman et al., 2012; Saragat et al., 2014).

O desenho do estudo constitui também uma limitação a esta investigação. Um estudo transversal não permite a avaliação ao longo do tempo da mesma população, influenciando os resultados, nomeadamente os que se relacionam com a evolução temporal.

Os indivíduos que constituíram esta amostra são idosos considerados saudáveis e não institucionalizados. Pelo que os resultados obtidos não podem ser generalizados a outras populações.

A avaliação da capacidade física dos idosos foi realizada através da execução da Bateria de testes físicos de Fullerton. Esta bateria de testes é a mais indicada e utilizada para esta avaliação, porém seria importante aplicar o questionário das atividades da vida diária, de forma a avaliar a capacidade funcional atual, bem como avaliar o nível de atividade física dos indivíduos.

De acordo com os resultados dos testes físicos realizados, verifica-se que esta amostra apresenta níveis de aptidão física suficientes para manter a independência física, apresentando valores superiores ao recomendado para a população idosa portuguesa. Porém, de acordo com parâmetros internacionais, estes níveis são considerados insuficientes para manter a independência física. Desta forma, torna-se importante avaliar e acompanhar esta população, intervindo no sentido de melhorar a sua aptidão física de forma a que a capacidade funcional destes idosos não seja afetada, permitindo que executem as atividades da vida diária sem auxílio de um cuidador.

Por outro lado, o ângulo de fase medido é inferior aos valores de referência para o sexo e para a idade. Outros investigadores, que estudaram populações idosas saudáveis, observaram ângulos de fase médios superiores ao observado nesta investigação.

O ângulo de fase relaciona-se com as capacidades de agilidade e de força muscular, principalmente. Verificou relação significativa entre o ângulo de fase e a força dos membros superiores, nas idosas. Contrariamente, nos homens, o ângulo de fase relacionou-se, significativamente, com a força dos membros inferiores. Esta diferença relaciona-se possivelmente com a vida diária, uma vez que as mulheres, em geral, apresentam maior atividade doméstica, que inclui maior atividade dos membros superiores.

O ângulo de fase, portanto, é um indicador do estado físico em idosos saudáveis de ambos os sexos, independentemente da idade e da quantidade de massa muscular. Este indicador poderá ser uma importante ferramenta na monitorização da condição física e, conseqüentemente, funcional dos idosos durante o seu processo de envelhecimento, por forma a proporcionar um envelhecimento saudável e com qualidade de vida. Poderá também auxiliar na deteção de condições clínicas graves.

Desta forma, é fundamental intervir nesta população. A manutenção ou aumento dos níveis de força muscular permitirá a melhoria do ângulo de fase e da condição física em geral. Assim, mesmo não conhecendo os níveis de atividade física da amostra, pensa-se que a melhoria desses níveis, através de programas de atividade física sénior

por exemplo, promoveria estados físicos e funcionais mais favoráveis para esta população.

6.1 Investigações futuras

Futuramente, devem ser elaboradas pesquisas longitudinais que permitam identificar a variabilidade da evolução da condição física e funcional dos idosos e a sua associação com o ângulo de fase.

Os estudos devem incluir nas suas amostras, indivíduos com idades elevadas (superior a 85 anos), de forma a disponibilizar aos cuidadores e profissionais de saúde destas populações ferramentas simples que lhes permitam avaliar o estado funcional dos mesmos, uma vez que há cada vez mais pessoas neste grupo etário.

Por outro lado, seria importante controlar a existência de comorbilidades naturalmente presentes nestas faixas etárias, como por exemplo hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo II ou dislipidémia.

A avaliação da água intra e extracelular através do métodos de referência são parâmetros que devem ser estudados concomitantemente com o ângulo de fase, uma vez que podem indicar informações relativas à integridade celular.

É também, importante, avaliar a capacidade funcional através de outros indicadores. Desta forma, em pesquisas futuras sugere-se a avaliação das atividades da vida diária, bem como do nível de atividade física, juntamente com a bateria de testes de aptidão física estudada nesta investigação.

Bibliografia

- Abate, N., Burns, D., Peshock, R. M., Garg, A., & Grundy, S. M. (1994). Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection in human cadavers. *Journal of Lipid Research*, 35, 490-1496.
- Araújo, R., Serpeloni, E., Vaz, E., Selvatici, R., Silva, A., Minderico, C., Rocha, P., Santa-Clara, H., Baptista, F., & Sardinha, L. (2012). Cardiovascular fitness and cardiovascular risk factors among obese men and women aged 58 years and older, in Portugal. *Revista Médica de Chile*, 140, 1164-1169.
- Armstrong, L. E., Kenefick, R. W., Castellani, J. W., Riebe, D., Kavouras, S. A., Kuznicki, J. T., & Maresh, C. M. (1997). Bioimpedance spectroscopy technique: intra-, extracellular, and total body water. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1657-1663.
- Armstrong, M. E., Green, J., Reeves, G. K., Beral, V., Cairns, B. J., & Million Women Study, C. (2015). Frequent physical activity may not reduce vascular disease risk as much as moderate activity: large prospective study of women in the United Kingdom. *Circulation*, 131(8), 721-729. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.010296
- Astrand, I., Astrand, P. O., Hallback, I., & Kilbom, A. (1973). Reduction in maximal oxygen uptake with age. *Journal of Applied Physiology*, 35, 649-654.
- Attens, J., Walker, L., & Jellinger, K. A. (2015). Olfaction and Aging: A Mini-Review. *Gerontology*. doi: 10.1159/000381619
- Baracos, V., Caserotti, P., Earthman, C. P., Fields, D., Gallagher, D., Hall, K. D., Heymsfield, S. B., Müller, M. J., Rosen, A. N., Pichard, C., Redman, L. M., Shen, W., Shepherd, J. A., & Thomas, D. (2012). Advances in the science and application of body composition measurement. *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 36, 96-107.
- Barbosa-Silva, M., Barros, A., Wang, J., Heymsfield, S., & Pierson, R. (2005). Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 49-52.
- Barreiros, J. (2006). Envelhecimento, degeneração, desuso e lentidão psicomotora *Actividade Física e Envelhecimento* (pp. 89-104). Cruz Quebrada: Edições da Faculdade de Motricidade Humana.
- Barreiros, J., Espanha, M., & Correia, P. (2006). *Actividade Física e Envelhecimento*. Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Basile, C., Della-Morte, D., Cacciatore, F., Gargiulo, G., Galizia, G., Roselli, M., Curcio, F., Bonaduce, D., & Abete, P. (2014). Phase angle as bioelectrical marker to identify elderly patients at risk of sarcopenia. *Experimental Gerontology*, 58, 43-46.
- Bassey, E. J., & Harries, U. J. (1993). Normal values for handgrip strength in 920 men and women over 65 years, and longitudinal changes over 4 years in 620 survivors. *Clinical Science*, 84, 331-337.
- Baumgartner, R., Chumlea, W., & Roche, A. (1988a). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48, 16-23.
- Baumgartner, R. N. (1996). Electrical impedance and total body electrical conductivity *Human Body Composition* (pp. 79-108). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1988b). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48, 16-23.

- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1990). Bioelectrical impedance for body composition. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *18*, 193-224.
- Beberashvili, I., Azar, A., Sinuani, I., Kadoshi, H., Shapiro, G., Feldman, L., Sandbank, J., & Averbukh, Z. (2014). Longitudinal changes in bioimpedance phase angle reflect inverse changes in serum IL-6 levels in maintenance hemodialysis patients. *Nutrition*, *30*, 297-304.
- Behnke, A. R. (1942). Physiologic Studies Pertaining to Deep Sea Diving and Aviation, Especially in Relation to the Fat Content and Composition of the Body: The Harvey Lecture. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, *18*(9), 561-585.
- Berger, L. (1995). Aspectos biológicos do envelhecimento *Pessoas idosas: uma abordagem global* (pp. 123-156). Lisboa: Lusodidacta.
- Bianchi, A. J., Guepet-Sordet, H., & Manckoundia, P. (2015). [Changes in olfaction during ageing and in certain neurodegenerative diseases: up-to-date]. *Rev Med Interne*, *36*(1), 31-37. doi: 10.1016/j.revmed.2014.09.008
- Birren, J. E., & Schaie, K. W. (1990). *Handbook of the psychology of aging*. New York: Van Nostrum Reinhold.
- Bonnefoy, M., Jauffret, M., & Jusot, J. (2007). Muscle power of lower extremities in relation to functional ability and nutritional status in very elderly people. *Journal of Nutrition Health & Aging*, *11*, 223-228.
- Borkan, G. A., Halts, D. E., Gerzof, S. G., & Robbins, A. R. (1985). Comparison of body composition in middle-age and elderly males using computed tomography. *American Journal of Physical Anthropology*, *66*, 289-295.
- Buchholz, A. C., Bartok, C., & Schoeller, D. A. (2004). The validity of bioelectrical impedance models in clinical populations. *Nutrition in Clinical Practice*, *19*, 433-446.
- Buffa, R., Floris, G., & Marini, E. (2003). Migration of the bioelectrical impedance vector in healthy elderly subjects. *Nutrition*, *19*, 917-921.
- Buffa, R., Floris, G., & Marini, E. (2009). Assessment of nutritional status in free-living elderly individuals by bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition*, *25*, 3-5.
- Buffa, R., Mereua, E., Putzub, P., Mereub, R. M., & Marini, E. (2014). Lower lean mass and higher percent fat mass in patients with Alzheimer's disease. *Experimental Gerontology*, *58*, 90-99.
- Buffa, R., Saragat, B., Cabras, S., Rinaldi, A. C., & Marini, E. (2013). Accuracy of Specific BIVA for the Assessment of Body Composition in the United States Population. *PLoS One*, *8*, e58533.
- CDC (Producer). (2013, agosto 8). Ten Leading Causes of Death and Injury. *Centers for Disease Control and Prevention*. Retrieved from <http://www.cdc.gov/injury/wisqars/LeadingCauses.html>
- Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2003). *Physics in Nuclear Medicine* (3 ed.). Philadelphia: Saunders.
- Chumlea, W. C., Baumgartner, R. N., & Roche, A. F. (1988). Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *48*, 7-15.
- Chumlea, W. C., & Sun, S. S. (2005). Bioelectrical Impedance Analysis. In S. B. Heymsfield (Ed.), *Human Body Composition* (pp. 35-49). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clark, B. C., & Taylor, J. L. (2011). Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Curr Aging Sci*, *4*(3), 192-199.

- Clarkson, P. M., & Thompson, H. S. (2000). Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 637S-646S.
- Cole, K. S., & Cole, R. H. (1941). Dispersion and absorption in dielectrics. *Journal of Chemical Physiology*, 9, 341-351.
- Collins, C. T., Reid, J., Makrides, M., Lingwood, B. E., McPhee, A. J., Morris, S. A., Gibson, R. A., & Ward, L. C. (2013). Prediction of body water compartments in preterm infants by bioelectrical impedance spectroscopy. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, S47-S53.
- Correia, P. P., & Silva, P. A. (1999). *Alterações da função neuromuscular no idoso*. Paper presented at the Actas do Simpósio 99, Envelhecer melhor com a actividade física, Cruz Quebrada.
- Cox-Reijven, P. L., Kooman, J. P., Soeters, P. B., van der Sande, F. M., & Leunissen, K. M. (2001). Role of bioimpedance spectroscopy in assessment of body water compartments in hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 38, 832-838.
- De Lorenzo, A., Andreoli, A., Matthie, J., & Withers, P. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *Journal of Applied Physiology*, 82, 1542-1558.
- Dittmar, M. (2003). Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *American Journal of Physical Anthropology*, 4, 361-370.
- Doherty, T. J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95, 1717-1727.
- Earthman, C., Traughber, D., Dobratz, J., & Howell, W. (2007). Bioimpedance Spectroscopy for Clinical Assessment of Fluid Distribution and Body Cell Mass. *Nutrition in Clinical Practice*, 22, 389-405.
- Eliopoulos, C. (2011). *Enfermagem gerontológica* (7 ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Ellis, K. J., & Wong, W. W. (1998). Human hydrometry: comparison of multifrequency bioelectrical impedance with 2H₂O and bromine dilution. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1056-1062.
- Engstrom, C.M., Loeb, G. E., Reid, J. G., Forrest, W. J., & Avruch, L. (1991). Morphometry of the human thigh muscles. A comparison between anatomical sections and computer tomographic and magnetic resonance images. *Journal of Anatomy*, 176, 139-156.
- Evans, E. M., Saunders, M. J., Spano, M. A., Arngrimsson, S. A., Lewis, R. D., & Cureton, K. J. (1999). Body-composition changes with diet and exercise in obese women: a comparison of estimates from clinical methods and a 4-component model. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 5-12.
- Fontaine, R. (2000). *Psicologia do Envelhecimento*. Lisboa: Climepsi Editores.
- Fosbol, M. O., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35, 81-97.
- Foster, K. R., & Lukaski, H. C. (1996). Whole-body impedance - what does it measure? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 388S-396S.
- Fowler, P. A., Fuller, M. F., Glasbey, C. A., Foster, M. A., Cameron, G. G., McNeill, G., & Maughan, R. J. (1991). Total and subcutaneous adipose tissue in women: the measurement of distribution and accurate prediction of quantity by using magnetic resonance imaging. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 18-25.

- Fragoso, I., & Vieira, F. (2005). *Cin antropometria. Curso Prático*. Cruz Quebrada: Serviço de Edições da Faculdade de Motricidade Humana.
- Fragoso, I., & Vieira, F. (2006). Variabilidade morfológica no idoso. In J. Barreiros, M. Espanha & P. P. Correia (Eds.), *Actividade Física e Envelhecimento* (pp. 61-70). Cruz Quebrada: Edições da Faculdade de Motricidade Humana.
- Frontera, W., Hughes, V., Fielding, R., Fiatarone, M., Evans, W., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1321-1326.
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 694-701.
- Geddes, L. A., & Baker, L. E. (1967). The specific resistance of biological material—a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Medical & Biological Engineering*, 5, 271-293.
- Gedes, L. A., & Baker, L. E. (1967). The specific resistance of bioelectrical material - a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Medical & Biological Engineering*, 5, 271-293.
- Godinho, M., Melo, F., Mendes, R., & Chiviakowsky, S. (1999). *Aprendizagem e envelhecimento*. Paper presented at the Actas do Simpósio 99 – Envelhecer melhor com a actividade física, Cruz Quebrada.
- Gonçalves, E. M., Matias, C. N., Santos, D. A., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2015). Assessment of total body water and its compartments in elite judo athletes: comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dilution techniques. *Journal of Sports Sciences*, 33, 634-640.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., & Schwartz, A. V. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging, and body composition study. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61A, 1059-1064.
- Gudivaka, R., Schoeller, D., & Kushner, R. F. (1996). Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 81, 838-845.
- Gudivaka, R., Schoeller, D. A., Kushner, R. F., & Bolt, M. J. (1999). Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1087-1096.
- Gunn, S. M., Halbert, J. A., Giles, L. C., Stepien, J. M., Miller, M. D., & Crotty, M. (2008). Bioelectrical phase angle values in a clinical sample of ambulatory rehabilitation patients. *Dynamic Medicine*, 7, 14.
- Gupta, D., Lammersfeld, C., Vashi, P., King, J., Dahlk, S., Grutsch, J., & Lis, C. (2008). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, 8, 249.
- Gupta, D., Lis, C., Dahlk, S., Vashi, P., Grutsch, J., & Lammersfeld, C. (2004). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in advanced pancreatic cancer. *British Journal of Nutrition*, 92, 957-962.
- Heymsfield, S. B., & Noel, R. A. (1981). Radiographic analysis of body composition by computerized axial tomography. In G. R. Newel & E. N.M. (Eds.), *Nutrition and cancer etiology and treatment. Progress in cancer research and therapy* (Vol. 17, pp. 161-172). New York: Raven Press.

- Heymsfield, S. B., Pietrobelli, A., Wang, Z., & Saris, W. H. (2005). The end of body composition methodology research? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8, 591-594.
- Heymsfield, S. B., Wang, Z., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (1997). Human body composition: advances in models and methods. *Annual Review of Nutrition*, 17, 527-558.
- Hoeman, S. (2000). Lidar com doenças crônicas, incapacitantes ou do desenvolvimento. In S. Hoeman (Ed.), *Enfermagem de Reabilitação – Processo e aplicação* (2 ed., pp. 209-250). Loures: Lusociência.
- Hoffer, E. C., Meador, C. K., & Simpson, D. C. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology*, 27, 531-534.
- Holl, N., Wuebbenhorst, K., Behrens, M., & Zschorlich, V. (2015). The effect of age on coordination of stabilization during changing environmental dynamics. *Brain Res*, 1604, 98-106. doi: 10.1016/j.brainres.2015.01.021
- Hollenberg, M., Yang, J., Haight, T. J., & Tiger, I. B. (2006). Longitudinal changes in aerobic capacity: Implications for concepts of aging. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61A, 851–858.
- Howe, T. E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D. A., & Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*(11), CD004963. doi: 10.1002/14651858.CD004963.pub3
- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Wood, M., Evans, W. J., Dallal, G. E., & Roubenoff, R. (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 56A, B209-B217.
- Hull, H., He, Q., Thornton, J., Javed, F., Allen, L., Wang, J., Pierson, R. N. J., & Gallagher, D. (2009). iDXA, Prodigy, and DPXL dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans: a cross-calibration study. *Journal of Clinical Densitometry*, 12, 95-102.
- INE (Producer). (2012, fevereiro 3). Censos 2011. Retrieved from http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=134582847&DESTAQUESmodo=2
- INE. (2014a). Censos da população. *PORDATA*. <http://www.pordata.pt/Portugal/Popula%C3%A7%C3%A3o+residente+segundo+os+Censos+total+e+por+grandes+grupos+et%C3%A1rios-512>
- INE. (2014b). Esperança de vida à nascença: total e por sexo. *PORDATA*. [http://www.pordata.pt/Portugal/Esperan%C3%A7a+de+vida+%C3%A0+nascen%C3%A7a+total+e+por+sexo+\(base+tri%C3%A9nio+a+partir+de+2001\)-418](http://www.pordata.pt/Portugal/Esperan%C3%A7a+de+vida+%C3%A0+nascen%C3%A7a+total+e+por+sexo+(base+tri%C3%A9nio+a+partir+de+2001)-418)
- INE. (2014c). Indicadores de envelhecimento. *PORDATA*. <http://www.pordata.pt/Portugal/Indicadores+de+envelhecimento+segundo+os+Censos+-525>
- INE. (2014d). População residente em Portugal com tendência para diminuição e envelhecimento.
- ISAK. (2001). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Australia: National Library of Australia.
- Jackson, A. S., Sui, X., Hebert, J. R., Church, T. S., & Blair, S. N. (2009). Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. *Archives of Internal Medicine*, 169, 1781–1787.
- Johnstone, A. M., Faber, P., Gibney, E. R., Lobley, G. E., Stubbs, R. J., & Siervo, M. (2014). Measurement of body composition changes during weight loss in obese

- men using multi-frequency bioelectrical impedance analysis and multicompartiment models. *Obesity Research & Clinical Practice*, 8, e1-e114.
- Jones, C. J., & Rose, D. J. (2005). *Physical Activity Instruction of Older Adults*. United States of America: Human Kinetics.
- Kallman, D. A., Plato, C. C., & Tobin, J. D. (1990). The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: Cross-sectional and longitudinal perspectives. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 45, 82–88.
- Kaufman, L., Crooks, L. E., & Margulis, A. R. (1981). *Nuclear magnetic resonance imaging in medicine*. Tokyo, Japan: Igaku Shoin.
- Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition*, 11, 199-209.
- Kushner, R. F., Gudivaka, R., & Schoeller, D. A. (1996). Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 423S-427S.
- Kushner, R. F., & Schoeller, D. A. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 417-424.
- Kyle, U., Soundar, E., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clinical Nutrition*, 31, 875-881.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., A.D., D. L., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23, 1226-1246.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., Lilienthal Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., A.M., S., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23, 1430-1453.
- Kyle, U. G., Genon, L., Karsegard, V. L., Raguso, C. A., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2004). Percentiles (10, 25, 75 and 90th) for phase angle (PhA), determined by bioelectrical impedance analysis (BIA) in 2740 healthy adults aged 20–75 yr [abstract]. *Clinical Nutrition*, 23, 758.
- Kyle, U. G., Genton, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Fat-Free and Fat Mass Percentiles in 5225 Healthy Subjects Aged 15 to 98 Years. *Nutrition*, 17, 534-541.
- Laires, M. J., & Monteiro, C. (2006). As espécies reativas de oxigénio e o envelhecimento. In J. Barreiros, M. Espanha & P. P. Correia (Eds.), *Actividade Física e Envelhecimento* (pp. 49-59). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Lakatta, E. G. (1993). Cardiovascular regulatory mechanisms in advanced age. *Physiological Reviews*, 73, 413-467.
- Llames, L., Baldomero, V., Iglesias, M. L., & Rodota, L. P. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 286-295.
- Lof, M., & Forsum, E. (2004). Evaluation of bioimpedance spectroscopy for measurements of body water distribution in healthy women before, during, and after pregnancy. *Journal of Applied Physiology*, 96, 967-973.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 325-357.

- Lohman, T. G., & Chen, Z. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry. In S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. Wang & S. B. Going (Eds.), *Human Body Composition* (pp. 63-78). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lorenzo, A. D., & Andreoli, A. (2003). Segmental bioelectrical impedance analysis. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 6, 551-555.
- Lukaski, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 537-556.
- Lukaski, H. C. (1993). Soft tissue composition and bone mineral status: evaluation by dual-energy x-ray absorptiometry. *The Journal of Nutrition*, 123, 438-443.
- 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. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, S2-S9.
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of body water compartments. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 41, 810-817.
- Lytle, L. D., & Altar, A. (1979). Diet, central nervous system, and aging. *Fed Proc*, 38(6), 2017-2022.
- Macaluso, A., & De Vito, G. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 450-472.
- Maggiore, Q., Nigrelli, S., Ciccarelli, C., Grimaldi, C., Rossi, G., & Michelassi, C. (1996). Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney International*, 50, 2103-2108.
- Malouf, J., Digregorio, S., Del, R. L., Torres, F., Marin, A. M., Farrerons, J., Herrera, S., & Domingo, P. (2013). Fat tissue measurements by dual-energy x-ray absorptiometry: cross-calibration of 3 different fan-beam instruments. *Journal of Clinical Densitometry*, 16, 212-222.
- Marques, E. A., Baptista, F., Santos, R., Vale, S., Santos, D. A., Silva, A. M., Mota, J., & Sardinha, L. B. (2014). Normative functional fitness standards and trends of Portuguese older adults: cross cultural comparisons. *Journal of Aging and Physical Activity*, 22, 126-137.
- Marra, M., Caldara, A., Montagnese, C., De Filippo, E., Pasanisi, F., Contaldo, F., & Scalfi, L. (2009). Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females, ballet dancers and patients with anorexia nervosa. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, 905-908.
- Martín, M. A., Silleras, B. M., Ortega, S. B., Rodríguez, L. D., & del Río, M. P. (2014). Specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) is more accurate than classic BIVA to detect changes in body composition and in nutritional status in institutionalised elderly with dementia. *Experimental Gerontology*, 57, 264-271.
- Matias, C. N., Santos, D. A., Fields, D. A., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2012). Is bioelectrical impedance spectroscopy accurate in estimating changes in fat-free mass in judo athletes? *Journal of Sports Science*, 30(12), 1225-1233.
- Matias, C. N., Santos, D. A., Gonçalves, E. M., Fields, D. A., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2013). Is bioelectrical impedance spectroscopy accurate in estimating total body water and its compartments in elite athletes? *Annals of Human Biology*, 40(2), 152-156.
- Mazess, R. B., & Barden, H. S. (2000). Evaluation of differences between fan-beam and pencil-beam densitometers. *Calcified Tissue International*, 67, 291-296.

- Mazess, R. B., Peppler, W. W., & Gibbons, M. (1984). Total body composition by dual-photon (153Gd) absorptiometry. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 40, 834-839.
- Melo, F. (2006). O comportamento postural no idoso. In J. Barreiros, M. Espanha & P. P. Correia (Eds.), *Atividade Física e Envelhecimento* (pp. 113-119). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Metter, E., Lynch, N., Conwit, R., Lindle, R., Tobin, J., & Hurley, B. (1999). Muscle quality and age: cross-sectional and longitudinal comparisons. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences and Medical Sciences*, 54, B207-B218.
- Meyers, D. A., Goldberg, A. P., Bleecker, M. L., Coon, P. J., Drinkwater, D. T., & Bleecker, E. R. (1991). Relationship of obesity and physical fitness to cardiopulmonary and metabolic function in healthy older men. *J Gerontol*, 46(2), M57-65.
- Minderico, C. S., Silva, A. M., Keller, K., Branco, T. L., Martins, S. S., Palmeira, A. L., Barata, J. T., Carnero, E. A., Rocha, P. M., Teixeira, P. J., & Sardinha, L. B. (2008). Usefulness of different techniques for measuring body composition changes during weight loss in overweight and obese women. *The British Journal of Nutrition*, 99, 432-441.
- Mitsiopoulos, N., Baumgartner, R. N., Heymsfield, S. B., Lyons, W., Gallagher, D., & Ross, R. (1998). Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Journal of Applied Physiology*, 85, 115-122.
- Moissl, U. M., Wabel, P., Chamney, P. W., Bosaeus, I., Levin, N. W., Bosy-Westphal, A., Korth, O., Muller, M. J., Ellegard, L., Malmros, V., Kaitwatcharachai, C., Kuhlmann, M. K., Zhu, F., & Fuller, N. J. (2006). Body fluid volume determination via body composition spectroscopy in health and disease. *Physiological Measurement*, 27, 921-933.
- Monahan, K. D., Dinunno, F. A., Tanaka, H., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Regular aerobic exercise modulates age-associated declines in cardiovagal baroreflex sensitivity in healthy men. *J Physiol*, 529 Pt 1, 263-271.
- Moon, J., Stout, J., Smith, A., Tobkin, S., Lockwood, C., Kendall, K., Graef, J., Fukuda, D., Costa, P., Stock, M., Young, K., Tucker, P., Kim, E., Herda, T., Walter, A., Ferguson, S., Sherk, V., & Cramer, J. (2010). Reproducibility and validity of bioimpedance spectroscopy for tracking changes in total body water: implications for repeated measurements. *British Journal of Nutrition*, 104, 1384-1394.
- Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition*, 23(4), S54-S59.
- Moon, J. R., Stout, J. R., Smith-Ryan, A. E., Kendall, K. L., Fukuda, D. H., Cramer, J. T., & Moon, S. E. (2013). Tracking fat-free mass changes in elderly men and women using single-frequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry: a four-compartment model comparison. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, S40-S46.
- Morey, M. C., Pieper, C. F., & Cornoni-Huntley, J. (1998). Physical fitness and functional limitations in community-dwelling older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 715-723.

- Morrison, J. H., & Baxter, M. G. (2012). The ageing cortical synapse: hallmarks and implications for cognitive decline. *Nat Rev Neurosci*, *13*(4), 240-250. doi: 10.1038/nrn3200
- Mushnick, R., Fein, P., Mittman, N., Goel, N., Chattopadhyay, J., & Avram, M. (2003). Relationship of bioelectrical impedance parameters to nutrition and survival in peritoneal dialysis patients. *Kidney International*, *64*, S53-S56.
- Nagano, M., Suita, S., & Fukuoka, T. (2000). The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *Journal of Pediatric Surgery*, *35*, 1035-1039.
- NIHT. (1996). Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: NIH Technology Assessment Conference Statement. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *64*(3 Suppl), 524S-532S.
- Norman, K., Smoliner, C., Valentini, L., Lochs, H., & Pirlich, M. (2007). Is bioelectrical impedance vector analysis of value in the elderly with malnutrition and impaired functionality? *Nutrition*, *23*, 564-569.
- Norman, K., Stobaeus, N., Zocher, D., Bosy-Westphal, A., Szramek, A., Scheufele, R., Smoliner, C., & Pirlich, M. (2010). Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*, *92*, 612-619.
- Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., & Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition*, 854-861.
- Paterson, D. H., Govindasamy, D., Vidmar, M., Cunningham, D. A., & Koval, J. J. (2004). Longitudinal study of determinants of dependence in an elderly population. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*, 1632-1638.
- Paterson, D. H., Jones, G. R., & Rice, C. L. (2007a). Ageing and physical activity: Evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *32*, S69–S108.
- Paterson, D. H., Jones, G. R., & Rice, C. L. (2007b). Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism-physiologie Appliquee Nutrition et Metabolisme*, *32*, S69-S108.
- Paterson, D. H., & Warburton, D. E. (2010). Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *7*.
- Paúl, C., & Ribeiro, O. (2012). *Manual de Gerontologia*: Lidel.
- Pichlera, G., Amouzadeh-Ghadikolaib, O., Leis, A., & Skrabala, F. (2013). A critical analysis of whole body bioimpedance spectroscopy (BIS) for the estimation of body compartments in health and disease. *Medical Engineering & Physics*, *35*, 616-625.
- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *The American Journal of Physiology*, *271*, E941-E951.
- Pupim, L., Kent, P., & Ikizler, T. (1999). Bioelectrical impedance analysis in dialysis patients. *Mineral and Electrolyte Metabolism*, *25*, 400-406.
- Quiterio, A. L., Silva, A. M., Minderico, C. S., Carnero, E. A., Fields, D. A., & Sardinha, L. B. (2009). Total body water measurements in adolescent athletes: a comparison of six field methods with deuterium dilution. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 1225-1237.

- Rantanen, T., Masaki, K., Foley, D., Izmirlian, G., White, L., & Guralnik, J. M. (1998). Grip strength changes over 27 yr in Japanese-American men. *Journal of Applied Physiology*, *85*, 2047–2053.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior fitness test manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2012). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, *53*, 255-267.
- Roach, S. S. (2003). *Introdução à Enfermagem Gerontológica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Rodrigues, A. J. (2010). *Validação da bioimpedância eléctrica de multifrequência na determinação da água corporal total em mulheres de meia-idade e idosas*. (Mestrado), Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa, Cruz Quebrada.
- Ross, R., & Janssen, I. (2005). Computed tomography and magnetic resonance imaging. In S. B. Heymsfield & T. G. Lohman (Eds.), *Human Body Composition* (pp. 89-108). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ross, R., Leger, L., Guardo, R., De Guise, J., & Pike, B. G. (1991). Adipose tissue volume measured by magnetic resonance imaging and computerized tomography in rats. *Journal of Applied Physiology*, *70*, 2164-2172.
- Rossner, S., Bo, W. J., Hiltbrandt, E., Hinson, W., Karstaedt, N., Santago, P., Sobol, W. T., & Crouse, J. R. (1990). Adipose tissue determinations in cadavers - a comparison between cross-sectional planimetry and computed tomography. *International Journal of Obesity*, *14*, 893-902.
- Rush, E. C., Bristow, S., Plank, L. D., & Rowan, J. (2012). Bioimpedance prediction of fat-free mass from dual-energy X-ray absorptiometry in a multi-ethnic group of 2-year-old children. *European Journal of Clinical Nutrition*, *67*, 214-217.
- Rush, S., Abilskov, J. A., & McFeer, R. (1963). Resistivity of body tissues at low frequencies. *Circulation Research*, *12*, 40-50.
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2010a). Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition & Metabolism*, *7*, 22.
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2010b). Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method. *Nutrition & Metabolism*, *7*, 22.
- Saragat, B., Buffa, R., Mereu, E., De Rui, M., Coin, A., Sergi, G., & Marini, E. (2014). Specific bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in the Italian elderly. *Experimental Gerontology*, *50*, 52-56.
- Sardinha, L., Santos, D., Marques, E., & Mota, J. (2015). Criterion-referenced fitness standards for predicting physical independence into later life. *Experimental Gerontology*, *61*, 142-146.
- Sardinha, L. B. (2006). A avaliação da composição corporal na pessoa idosa. In J. Barreiros, M. Espanha & P. P. Correia (Eds.), *Actividade Física e Envelhecimento* (pp. 71-87). Cruz Quebrada: Edições da Faculdade de Motricidade Humana.
- Sardinha, L. B. (2012). Functional Body Composition: Need for a new agenda. *Archives of Exercise, Health and Disease*, *3*, 183-187.

- Sardinha, L. B., & Teixeira, P. J. (2005). Measuring adiposity and fat distribution in relation to health. In S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. M. Wang & S. B. Going (Eds.), *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schwenk A, B. A., Romer K, Kremer G, Salzberger B & Elia M. (2000). Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 496-501.
- Segall, L., Mardare, N., Ungureanu, S., Busuioc, M., Nistor, I., Enache, R., Marian, S., & Covic, A. (2009). Nutritional status evaluation and survival in haemodialysis patients in one centre from Romania. *NEPHROLOGY DIALYSIS TRANSPLANTATION*, 24, 2536-2540.
- Selberg, O., & Selberg, D. (2002). Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*, 509-516.
- Sergi, G., Lupoli, L., Enzi, G., Volpato, S., Perissinotto, E., Bertani, R., Inelmen, E. M., Bonometto, P., Busetto, L., Berton, A., & Coin, A. (2006). Reliability of bioelectrical impedance methods in detecting body fluids in elderly patients with congestive heart failure. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 66, 19-30.
- Silva, P. A. (2006). Envelhecimento e decréscimo da potência aeróbia máxima. In J. Barreiros, M. Espanha & P. P. Correia (Eds.), *Actividade Física e Envelhecimento* (pp. 29-48). Cruz Quebrada: Faculdade de Motricidade Humana.
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of method. In J. Brozek & A. Henschel (Eds.), *Techniques for Measuring Body Composition* (pp. 223-244). Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Soriano, J. M., Ioannidou, E., Wang, J., Thornton, J. C., Horlick, M. N., Gallagher, D., Heymsfield, S. B., & Pierson, R. N. (2004). Pencil-beam vs fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry comparisons across four systems: body composition and bone mineral. *Journal of Clinical Densitometry*, 7, 281-289.
- Spector, W. D., & Fleishmann, J. A. (1998). Combining activities of daily living with instrumental activities of daily living to measure functional disability. *Journal of Gerontology: Social Sciences*, 53B, S46-S57.
- Spina, R. J., Turner, M. J., & Ehsani, A. A. (1998). Beta-Adrenergic-mediated improvement in left ventricular function by exercise training in older men. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 274, H397-404.
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). *Physical Dimensions of Aging*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Starns, J. J., & Ratcliff, R. (2010). The effects of aging on the speed-accuracy compromise: Boundary optimality in the diffusion model. *Psychol Aging*, 25(2), 377-390. doi: 10.1037/a0018022
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. J., & Paterson, D. H. (2004). Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 97, 781-789.
- Stobäus, N., Pirlich, M., Valentini, L., Schulzke, J. D., & Norman, K. (2012). Determinants of bioelectrical phase angle in disease. *British Journal of Nutrition*, 107, 1217-1220.
- Tengvall, M., Ellegård, L., Malmros, V., Bosaeus, N., Lissner, L., & Bosaeus, I. (2009). Body composition in the elderly: Reference values and bioelectrical impedance

- spectroscopy to predict total body skeletal muscle mass. *Clinical Nutrition*, 28, 52-58.
- Thomasset, M. A. (1962). Bioelectric properties of tissues. Impedance measurement in clinical medicine. Significance of curves obtained. *Lyon Médical*, 94, 107-118.
- Thornbury, J. M., & Mistretta, C. M. (1981). Tactile sensitivity as a function of age. *J Gerontol*, 36(1), 34-39.
- Toso, S., Piccoli, A., Gusella, M., Menon, D., Bononi, A., Crepaldi, G., & Ferrazzi, E. (2000). Altered tissue electric properties in lung cancer patients as detected by bioelectric impedance vector analysis. *Nutrition*, 16, 120-124.
- Tromp, A. M., Pluijm, S. M. F., & Smit, J. H. (2001). Fall-risk screening test: a prospective study on predictors for falls in community-dwelling elderly. *Journal of Clinical Epidemiology*, 54, 837-844.
- Tsai, Y. C., Hsieh, L. F., & Yang, S. (2014). Age-related changes in posture response under a continuous and unexpected perturbation. *J Biomech*, 47(2), 482-490. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.10.047
- Van Der Ploeg, G. E., Withers, R. T., & LaForgia, J. (2003). Percent body fat via DEXA: comparison with a four-compartment model. *Journal of Applied Physiology*, 94, 499-506.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & Nerve*, 25, 17-25.
- Vicente, M. (2012). *Manual de enfermeira geriátrica*. Madrid: CTO Editorial.
- Vieira, E. B., & Koenig, A. M. (2002). Avaliação Cognitiva. In E. V. Freitas, L. Py, A. L. Néri, F. A. Cançado, M. L. Gorzoni & S. M. Rocha (Eds.), *Tratado de Geriatria e Gerontologia* (pp. 921-928). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Visser, M., Deeg, D., Lips, P., Harris, T., & Bouter, L. (2000). Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower extremity performance in older men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48, 381-386.
- Visser, M., van Venrooij, L., Wanders, D., de Vos, R., Wisselink, W., van Leeuwen, P., & de Mol, B. (2012). The bioelectrical impedance phase angle as an indicator of undernutrition and adverse clinical outcome in cardiac surgical patients. *Clinical Nutrition*, 31, 981-986.
- Wang, Z. M., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R. N., & Heymsfield, S. B. (1999). Hydration of fat-free body mass: new physiological modeling approach. *The American Journal of Physiology*, 276(6 Pt 1), E995-E1003.
- Wang, Z. M., Heshka, S., Pierson, R. N. J., & Heymsfield, S. B. (1995). Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on component-based methods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61(3), 457-465.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N. J., & Heymsfield, S. B. (1992a). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19-28.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N. J., & Heymsfield, S. B. (1992b). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 19-28.
- WHO (Producer). (2012, outubro). Falls. *World Health Organization*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/en/index.html>
- Williams, J. E., Wells, J. C., Wilson, C. M., Haroun, D., Lucas, A., & Fewtrell, M. S. (2006). Evaluation of Lunar Prodigy dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in healthy persons and patients by comparison with

- the criterion 4-component model. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 1047-1054.
- Winegard, K. J., Hicks, A. L., Sale, D. G., & Vandervoort, A. A. (1996). A 12-year follow-up study of ankle muscle function in older adults. *Journal of Gerontology: Biological Science*, 51A, B202–B207.
- Withers, R. T., LaForgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B.E., Schultz, C. G., & Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 85, 238-245.
- Yamada, Y., Matsuda, K., Björkman, M., & Kimura, M. (2014a). Application of segmental bioelectrical impedance spectroscopy to the assessment of skeletal muscle cell mass in elderly men. *Geriatrics Gerontology International*, 14, 129-134.
- Yamada, Y., Matsuda, K., Björkman, M., & Kimura, M. (2014b). Application of segmental bioelectrical impedance spectroscopy to the assessment of skeletal muscle cell mass in elderly men. *Geriatrics Gerontology International*, 14(Suppl 1), 129-134.
- Yamada, Y., Schoeller, D., Nakamura, E., Morimoto, T., Kimura, M., & Oda, S. (2010). Extracellular Water May Mask Actual Muscle Atrophy During Aging. *Journals of Gerontology Series A - Biological Sciences and Medical Sciences*, 65A, 510-516.
- Yamada, Y., Watanabe, Y., Ikenaga, M., Yokoyama, K., Yoshida, T., Morimoto, T., & Kimura, M. (2013). Comparison of single- or multifrequency bioelectrical impedance analysis and spectroscopy for assessment of appendicular skeletal muscle in the elderly. *Journal of Applied Physiology*, 115, 812-818.
- Yassuda, M. S. (2002). Memória e envelhecimento saudável. In E. V. Freitas, L. Py, A. L. Néri, F. A. Cançado, M. L. Gorzoni & S. M. Rocha (Eds.), *Tratado de Geriatria e Gerontologia* (pp. 921-928). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Zamojska, S., Szklarek, M., Niewodniczy, M., & Nowicki, M. (2006). Correlates of habitual physical activity in chronic haemodialysis patients. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*, 21, 1323-1327.
- Zhu, F., Schneditz, D., Kaufman, A. M., & Levin, N. W. (2000). Estimation of body fluid changes during peritoneal dialysis by segmental bioimpedance analysis. *Kidney International*, 57, 299-306.
- Zillikens, M. C., van den Berg, J. W., Wilson, J. H., & Swart, G. R. (1992). Whole-body and segmental bioelectrical-impedance analysis in patients with cirrhosis of the liver: changes after treatment of ascites. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55, 621-625.

