

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

THIAGO DANIEL ELOI DA HORA

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO MUSCULAR ATRAVÉS DA TÉCNICA DE
ESPECTROSCOPIA POR IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA

Recife
2018

THIAGO DANIEL ELOI DA HORA

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO MUSCULAR ATRAVÉS DA TÉCNICA DE
ESPECTROSCOPIA POR IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA

Dissertação submetida ao curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia biomédica.

Área de concentração: Bioengenharia
Linha de pesquisa: Instrumentação diagnóstica e terapêutica

Orientador: Prof.Dr. Ricardo Emmanuel de Souza

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

H811p Hora, Thiago Daniel Eloi da.
Proposta de avaliação muscular através da técnica de espectroscopia por impedância bioelétrica / Thiago Daniel Eloi da Hora. - 2018.
80 folhas, il.; tab., abr. e sigl.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Emmanuel de Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2018.
Inclui Referência, Apêndices e Anexo.

1. Engenharia Biomédica. 2. Avaliação muscular. 3. Avaliação de atletas.
4. Espectroscopia por impedância bioelétrica. I. Souza, Ricardo Emmanuel de (Orientador). II. Título.

610.28 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2018-310

THIAGO DANIEL ELOI DA HORA

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO MUSCULAR ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA POR IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Engenharia biomédica.

Aprovada em: 21 / 03 / 2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ricardo Emmanuel de Souza, UFPE (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Wellington Pinheiro dos Santos, UFPE (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dra. Andrea Lemos Bezerra de Oliveira, UFPE (Examinadora
Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Recife, 21 Maio de 2018.

Dedico este trabalho a minha amada família, principalmente ao meu pai (*in memoriam*) e minha querida mãe. Aos meus irmãos Rafael Eloi e Bruno Eloi, e a minha noiva Estela pelo carinho e apoio para conclusão de mais uma etapa importante de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus por me dar a força e a perseverança necessárias, além de ser meu guia durante os momentos de angústia.

Ao professor Ricardo Emmanuel de Souza, pela oportunidade de passar seus ensinamentos e experiência de vida, obrigado pela sua paciência e confiança no meu trabalho, e também pelas críticas, todas muito construtivas. “Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

À Universidade Federal de Pernambuco, que realiza seu trabalho com amor e dedicação, trabalhando de forma incansavelmente para que nós, alunos, possamos contar com um ensino de extrema qualidade.

Aos voluntários do estudo pela disponibilidade e boa vontade de ajudar. Obrigado por toda atenção e pelo carinho dedicado.

A todos da secretária do PPGEB pela amizade, paciência e ajuda nas dúvidas esclarecidas.

Ao departamento de Física da UFPE, pela coordenação do Professor Celso Pinto de Melo, no qual deu todo suporte a pesquisa onde foi realizado o estudo.

Aos meus pais, que têm sido um modelo para mim de integridade, caráter e profissionalismo, com os quais busco pautar meu trabalho e meus relacionamentos. Obrigado pelos sacrifícios e por sempre me apoiarem nos meus sonhos.

A minha noiva e melhor amiga pela paciência e apoio infinitos, lidando sempre com muito carinho com minhas situações de altos e baixos, impedindo-me de desistir dos meus objetivos. Por sua participação indireta e direta neste trabalho, pelas inúmeras conversas e por me lembrar quando eu precisava espalhar. Sei que este é apenas o início de uma longa jornada juntos.

A minha querida sogra por toda atenção, cuidado, preocupação e conselhos em momentos dessa etapa de mestrado.

Aos meus amigos Jadiel Nascimento e Adriel por toda ajuda, dedicação e incentivo, meus sinceros votos de gratidão.

Aos meus companheiros de mestrado que desde o início compartilharam de muitos sufocos e alegrias juntos!

RESUMO

A performance desportiva humana depende de vários fatores. Entre estes fatores encontra-se a função neuromuscular daqueles músculos que predominam em uso, durante uma modalidade esportiva. O interesse em entender os comportamentos relacionados às adaptações fisiológicas, bioquímicas, elétrica e morfológicas dos tecidos musculares estimula a pesquisa no sentido de desenvolver técnicas e métodos que permitam registrar, por exemplo, o comportamento elétrico dos músculos. A compreensão destes comportamentos possibilita desenhar treinamentos físicos mais adequados as necessidades de cada indivíduo. Tendo como objetivo: desenvolver um método, utilizando a técnica de espectroscopia por impedância bioelétrica, que possa avaliar a condição muscular de músculos específicos de indivíduos, de forma a permitir a prevenção de lesões e contribuir na detecção de alterações nos músculos esqueléticos de membros inferiores (músculo- gastrocnêmio, bíceps femoral e reto femoral). O estudo foi realizado com 20 indivíduos submetidos a medição de espectros por impedância bioelétrica dos três músculos mencionados, em três situações diferentes de contração (repouso (R), contraindo (C) e pós-contração (PC)). Antes das medições dos espectros, foi utilizado um questionário de antecedentes de saúde, além de uma avaliação postural para uma avaliação de possíveis alterações funcionais musculares. Foram obtidos mais de 180 espectros. Observou-se que mais de 95% dos espectros, agrupados por indivíduo, quando plotados no plano complexo ($-\text{Im}(Z)$ versus $\text{Re}(Z)$), apresentam na ordem crescente de $-\text{Im}(Z)$ os espectros R, PC e C, respectivamente. Considerando os distintos grupos de indivíduos, os espectros apresentam diferenças consideráveis entre os indivíduos sedentários, comparado com os de condicionamento satisfatório. A técnica de espectroscopia por impedância bioelétrica, além do método proposto para extração de informações quantitativas dos espectros, fornecem informações sobre o estado eletrofisiológico dos músculos estudados.

Palavras-chave: Avaliação muscular. Avaliação de atletas. Espectroscopia por impedância bioelétrica.

ABSTRACT

Human sports performance depends on several factors. Among these factors is the neuromuscular function of those muscles that predominate in use, during the practice of a given sport modality. The interest in understanding the behaviors related to the physiological, biochemical, electrical and morphological adaptations of the muscular tissues stimulates the research in the sense of developing techniques and methods that allow to record, for example, the electric behavior of the muscles. The understanding of these behaviors makes it possible to design physical trainings more adequate to the needs of each individual. To develop a method, using the bioelectrical impedance spectroscopy technique, that can evaluate the muscular condition of specific muscles of individuals, in order to allow the prevention of injuries and to contribute to the detection of alterations in skeletal muscles of the lower limbs (gastrocnemius muscle, biceps femoris and rectus femoris). This is a study of 20 individuals submitted to bioelectrical impedance spectra measurement of the three muscles mentioned, in three different situations of contraction (resting (R), contracting (C) and post-contraction (PC)). Before the spectra measurements, a health background questionnaire was used, as well as a postural evaluation for an evaluation of possible functional muscular alterations. More than 180 spectra were obtained. It was observed that more than 95% of the spectra, grouped by individual, when plotted in the complex plane ($-\text{Im}(Z)$ versus $\text{Re}(Z)$), are in increasing order from $-\text{Im}(Z)$ to R, PC and C, respectively. Considering the different groups of individuals, the spectra present considerable differences among the sedentary individuals, compared to those of satisfactory conditioning. The bioelectrical impedance spectroscopy technique, together with the proposed method for extracting quantitative data, provides information on the electrophysiological state of the studied waves.

Keywords: Muscular evaluation. Athletes evaluation. Spectroscopy by electrical impedance.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 - | Modelo de passagem de corrente alterada com a) baixa e b) alta frequência por um tecido biológico..... | 25 |
| Figura 2 - | Modelo de Bioimpedância Celular..... | 26 |
| Figura 3 - | Comportamento elétrico em baixa frequência..... | 26 |
| Figura 4 - | Modelo das propriedades elétricas para tecidos biológicos..... | 27 |
| Figura 5 - | Comportamento elétrico em alta frequência..... | 27 |
| Figura 6 - | Formas de posicionamento de eletrodos..... | 28 |
| Figura 7 - | Técnica bipolar utilizando a excitação com degrau de tensão (Vd)..... | 29 |
| Figura 8 - | Ilustração do equipamento modelo Solartron 1260, utilizado na pesquisa..... | 34 |
| Figura 9 - | Ilustração da Interface Dielétrica 1296 A - conectada ao Solartron 1260 utilizada na pesquisa..... | 34 |
| Figura 10 - | Ilustração modelo cabo BNC..... | 35 |
| Figura 11 - | Ilustração do eletrodo de Eletroencefalograma..... | 36 |
| Figura 12 - | Posicionamento dos eletrodos na parte posterior da perna com uso de torniquete ajustável para fixação | 36 |
| Figura 13 - | Posicionamento dos eletrodos na parte anterior da perna com uso de torniquete ajustável para fixação..... | 37 |
| Figura 14 - | Módulo de circuito teste..... | 39 |
| Figura 15 - | Músculos de membro inferior..... | 40 |
| Figura 16 - | Sinais obtidos da musculatura anterior – Quadríceps de um dos indivíduos do grupo sedentário..... | 41 |
| Figura 17 - | Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 1 (Sedentário)..... | 44 |
| Figura 18 - | Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 2 (academia)..... | 49 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 19 - | Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 3 (academia e corrida)..... | 55 |
| Figura 20 - | Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 4 (Atletas)..... | 59 |
| Figura 21- | Ilustração de espectros de impedância bioelétrica de um músculo hipotético..... | 64 |
| Figura 22 - | Diagrama com valores de I_D | 65 |

LISTAS DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1- | Tabela de Distribuição de atividade dos voluntários..... | 38 |
| Tabela 2- | Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo sedentário..... | 42 |
| Tabela 3- | Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo academia..... | 48 |
| Tabela 4- | Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo academia e corrida..... | 53 |
| Tabela 5- | Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo atletas..... | 59 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------|---|
| BNC | Cabo conexão Neill |
| CBF | Confederação Brasileira de Futebol |
| CC | Injeção de corrente |
| CM | Capacitância da membrana lipoprotéica |
| EEG | Eletroencefalograma |
| EIE | Espectroscopia por impedância elétrica |
| FFM | Massa livre de gordura |
| FIFA | Federação Internacional de Futebol FM - Fadiga muscular |
| GF-1 | Fator de crescimento insulíniforme tipo 1 |
| GH | Hormônio de crescimento |
| IMC | Índice de massa corporal |
| MG | Massa gorda |
| PU | Potencial elétrico |
| RE | Resistência externa |
| RI | Resistência interna |
| TMB | Taxa metabólica basal |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----------------------|----------------------|
| A | Área |
| Hz | Hertz |
| I | Corrente |
| W | Ohms |
| kW | Kilo Ohms |
| mΩ | Milli-Ohm |
| μHz | Mili Hertz |
| mV | millivolts |
| μHz | Micro Hertz |
| R_c | Reatância capacitiva |
| U | Tensão |
| Z | Impedância |
| Π | Pierre |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 18 |
| 2.1 | Influências da atividade física durante a fase pré-pubianas..... | 19 |
| 2.2 | O futebol como atividade de alto rendimento em jovens esportistas..... | 21 |
| 2.3 | Bioimpedância | 22 |
| 2.3.1 | Impedância Elétrica | 23 |
| 2.3.2 | Conceitos Elétricos em Tecidos Biológicos | 23 |
| 3 | OBJETIVOS | 31 |
| 3.1 | Objetivos específicos..... | 32 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 32 |
| 4.1 | Coleta de dados..... | 32 |
| 4.2 | Descrição dos experimentos de miografia por impedância | 33 |
| 4.3 | Análise dos dados..... | 37 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 38 |
| 5.1 | Testes clínicos em laboratório - fase 1 | 38 |
| 5.2 | Testes clínicos em laboratório - fase 2..... | 39 |
| 5.3 | Testes clínicos em laboratório - fase 3 | 40 |
| 5.4 | Resultado das medições..... | 40 |
| 5.5 | Propostas de avaliações quantitativas..... | 63 |
| 6 | CONCLUSÕES | 67 |

| | |
|--|-----------|
| REFERÊNCIAS..... | 69 |
| Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido | 74 |
| Apêndice B - Exame Físico | 77 |
| Anexo A - Questionário de prontidão para atividade física | 78 |

1 INTRODUÇÃO

Com o despertar da ciência, durante a renascença, houve uma forma muito evidenciada do interesse pelo conhecimento da anatomia muscular. Um dos personagens mais marcantes deste período, o pesquisador e inventor Leonardo da Vinci (1452-1519) dedicou muitos de seus estudos para a análise muscular, momento que estudava as funções desempenhadas pelas musculaturas por meio de exames anatômicos em cadáveres. Porém, focou suas pesquisas apenas na aparência e aspecto espacial da musculatura cadavérica, não atingindo a compreensão dos aspectos funcionais musculares, realizada pelo estudo da biomecânica (KICKHÖFEL, EDUARDO 2011).

Galvani (1737-1798), em 1771 lançou a primeira descrição sobre as características elétricas dos músculos e nervos, explanando a atividade muscular, que realizava eletroestimulação nas fibras nervosas nos estados de contração voluntária. Porém, o auge das pesquisas sobre estudos de atividades musculares, ocorreu com o Francês Duchenne (1806 - 1875), que em meados do século XX, empregou a estimulação elétrica na investigação metódica das funções dos músculos esqueléticos (NASCIMENTO et al., 2012).

Dentre os métodos de análise da composição corporal, que separam o corpo em diferentes compartimentos (por exemplo, massa magra e massa gorda, volume líquido intra e extracelular), os baseados em impedância elétrica merecem destaque, por serem de rápida aplicação e não invasivo (URIBE, 2015).

Estudos apresentam, no campo de avaliação antropométrica e funcional, avaliar alterações funcionais e morfológicas nos músculos. Redução da força de contração e aumento da fadiga dos mesmos já foram relatados em casos de desnutrição ou de esforços repetitivos de auto rendimento muscular (LOPES et al., 1982; URIBE, 2015).

Atualmente não há um método capaz de detectar alterações na morfologia e capacidade funcional do músculo esquelético de forma eficiente. As mudanças que ocorrem na geometria muscular por exemplo, são perceptíveis somente em um estágio crônico de fadiga muscular ou de nutrição pela falta de vitaminas necessárias para o desempenho do atleta ou mesmo do praticante de esportes semanais. Todavia, antes destas modificações, outras em um nível fisiológico estão acontecendo devido ao processo de catabolismo (LOPES et al., 1982; URIBE, 2015).

O interesse do ser humano em busca do entendimento de como se desenvolve a execução dos movimentos voluntários e, a relação à gerência do sistema nervoso central e a forma de coordenar a contração em distintos grupamentos musculares tem sido objeto de interesse no desenvolvimento de metodologias científicas (MCARDLE, 2002).

Um aparelho capaz de identificar possíveis alterações musculares é o potenciostato, cuja técnica é a espectroscopia por impedância elétrica (EIE) que tem grande utilidade para os profissionais e estudantes de pós-graduação, com especialização nas áreas de física, físico-química ou ciência dos materiais, que necessitam caracterizar o comportamento elétrico de materiais sólidos ou líquidos (iônicos, semicondutores e até mesmo dielétricos) e dispositivos eletrônicos.

A técnica de medida consiste em colocar a amostra do material sob investigação entre dois eletrodos, aplicar um estímulo elétrico e observar a resposta resultante. Vários tipos de estímulo podem ser considerados, no entanto, o mais comum ou o procedimento padrão, é utilizar uma tensão alternada do tipo senoidal, e medir as partes real e imaginária da impedância complexa em função da frequência (CHINAGLIA et al., 2008).

Em particular, a EIE é uma técnica já bem estabelecida para caracterização de sistemas eletroquímicos que não se alteram no tempo, pelo menos naquele necessário para que a medida seja realizada. Em outras palavras, é uma técnica de estado estacionário. A resposta da aplicação de um pequeno sinal ac (corrente alternada, feita em uma ampla faixa de frequências e em vários potenciais), possibilita diferenciar processos com tempos característicos distintos, que na maioria das técnicas tradicionais eletroquímicas seriam vistos como contribuições simultâneas à resposta total. Frequentemente, a escolha da técnica depende dos objetivos experimentais: estabelecer um mecanismo de reação (i.e., testar um modelo) ou determinar os parâmetros cinéticos de um mecanismo previamente estabelecido ou conhecido (LILIANE et al., 2008; LASIA, 2001).

É comum se deparar com o conceito de fadiga muscular como sendo uma redução na capacidade funcional do sistema neuromuscular de gerar força, ao mesmo tempo, vários autores, consideram como um fenômeno comum em esportes de resistência também presente no cotidiano na realização das tarefas diárias (KUMAR, 2006; WOLEDGE, 1998).

A atividade muscular voluntária envolve muitos processos que se iniciam com o controle cortical no cérebro finalizando com a formação das pontes cruzadas dentro da fibra muscular. A fadiga muscular pode ocorrer como consequência da falha de qualquer um dos processos entrelaçados na contração muscular. Nos esportes de alto rendimento ou mesmo em atletas de atividades semanais a fadiga pode estar presente em várias situações de treinamento como corrida, agachamento e salto. A prevenção deste evento em atletas pode ser obtida por condicionamento físico gradual, complementação alimentar, eletroterapia, laserterapia, ou LED terapia (FERNANDES, 2008; ANDRADE et al., 2011).

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fadiga muscular (FM) é um fenômeno comum que ocorre nas atividades esportivas e é definida como qualquer redução na capacidade do sistema neuromuscular em gerar força (SILVA, 2006). O processo de fadiga pode ser dividido em ciclos. O primeiro caracterizado como central, no qual é definido pelo distúrbio no sistema nervoso central e membrana muscular. O outro periférica, que está relacionado às alterações dentro do músculo esquelético na fibra muscular (RONDELLI, 2009; FERREIRA; MORO, 2011). Neste ciclo ocorre o processo da diminuição de substrato, bem como o decaimento na capacidade de transporte de oxigênio e aumento de lactato sanguíneo (COYLE et al., 1988; DIEFENTHAELER, 2008), como também na disfunção no processo de compressão muscular motivado pela falha na transferência do estímulo neural para a fibra muscular ocasionando falha na liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, causando aumento da temperatura, entre outros (BIGLAND-RITCHIE et al., 1982; DIEFENTHAELER, 2008).

A FM pode ser considerada o fator que desencadeia as lesões pelos excessos de atividades no programa estabelecido em resposta a um planejamento inadequado do treinamento (CRUZ et al., 2009).

Durante décadas as ciências aplicadas em diversas áreas ligadas ao esporte vêm tentando delinear o procedimento da fadiga, que segundo a Biomecânica é definido “como o conjunto de mudanças geradas por trabalho, ou atividade física prolongada, tendo como consequência a redução da capacidade funcional de manter, ou sustentar um nível esperado de força” (DIEFENTHAELER, 2009, p.134).

Porém para a Fisiologia,

a fadiga é descrita como uma sensação de cansaço que está associada à falha de algum sistema fisiológico específico, que por sua vez é responsável pela incapacidade da manutenção do rendimento esperado (KAYSER, 2003; p.1227, ABBISS et al., 2005 p. 874).

Os cientistas Noakes et al. (2004) e Abbiss et al. (2005) afirmam que a fadiga representa um processo seguro de assistência do nosso organismo na precaução de lesões, protegendo de problemas mais graves que poderiam levar a danos irreversíveis ou mesmo a morte. Porém, a fadiga é considerada uma inevitável consequência decorrente de uma intensa atividade física. Desta forma evidencia-se a

necessidade de compreender todas as estruturas no processo de fadiga e como proceder para evitá-los ou reduzi-los, independentemente da sua etiologia.

A fadiga muscular pode ser qualificada como a decadência da performance muscular durante os exercícios. Frequentemente a degradação do desempenho mecânico é o marco que os especialistas, nesta área, tomam para determinar um “ponto de fadiga” no qual o músculo não apresenta mais capacidade de suportar um nível de força almejado (MERLETTI, 2007; SANTOS, et al., 2008). Este fato tem sido largamente estudado, mas seu agente causador ainda não foi totalmente esclarecido.

2.1 influencias da atividade física durante a fase pré-pubiana

No Brasil, a maior concentração de atletas esportivos está relacionada ao futebol, levando ao indivíduo iniciar esta prática esportiva antes mesmo do início de sua formação muscular. O mercado apresentou no final do século XX uma crescente movimentação do futebol, aguçando a perspectiva de jovens pleiteantes a esta formação profissional, que buscam nesta modalidade esportiva a possibilidade de um futuro próspero. Os jogadores classificados como categorias de base têm uma visão juntamente com seus familiares, que é necessário o investimento no início de sua vida na busca desta profissionalização. Este esporte aparece como um modo de ascensão social e econômica, fomentando um planejamento familiar intencional (RIAL, 2006).

Por ser considerado um investimento financeiro com retorno atrativos, clubes de todo o mundo proporcionam a formação de atletas em suas bases em sua fase pré-púberes, muitos destes sem a preocupação na metodologia saudável na formação muscular, levando em consideração que a proporção de aproveitamento destes atletas temporários que segundo Buratti (2006), de 10 mil adolescentes que buscam uma vaga nas equipes de base mantidas por clubes, somente cerca de 120, em média, são selecionados anualmente para conviver nos Centro de Treinamento, destes, menos de 30% chegam a fase de preparação muscular para as competições.

Segundo Alves e Lima (2008), o exercício moderado promove aumento dos níveis circulantes do hormônio do crescimento (GH), fator de crescimento insulíniforme tipo 1 [(GF-1), esteroides sexuais, por meio do estímulo aferente direto do músculo para a adenohipófise (glândula do crescimento), além do estímulo por catecolaminas, lactato, óxido nítrico e mudanças no balanço acidobásico.

Os indivíduos pré-púberes, que se encontram na transição entre a infância e adolescência, em desenvolvimento de suas características sexuais, passam por um processo benéfico durante o crescimento, quando o exercício se dá de forma moderada, sendo assim, a intensidade do treinamento nesse público é mais importante do que propriamente o tipo de atividade; no entanto, vários estudos direcionam que o treinamento reforçado pode reduzir o ganho muscular em relação a força e resistências. Georgopoulos e Theodoropoulou (1999) e Alves e Lima, (2008) relatam a atenção para o fato de que o excesso de atividade física (36 horas/semana) em crianças pré-púberes pode comprometer a estatura final. Apesar das crianças geralmente não participarem de esportes competitivos de elite, tais informações devem servir de alerta para os efeitos negativos desse tipo de atividade.

Alves e Lima (2008), ainda apresentam o papel das citocinas, grupo de células responsáveis pela resposta imunológica, durante déficit energético no exercício intenso.

A prática esportiva competitiva e intensa associada a um gasto energético excessivo estimula a liberação de citocinas, como interleucina-1 (IL-1), IL-6 e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), os quais poderiam inibir o eixo GH/IGF-1. A atividade física intensa leva à redução dos níveis séricos do IGF-1, o que poderia vir a comprometer o crescimento e, eventualmente, reduzir a previsão de altura final (GUY, 2001 apud Alves, Lima, 2008; p:29-36).

Esse efeito foi observado até mesmo em treinamentos curtos como uma sessão de uma hora e 50 minutos de polo aquático ou de luta. Estudos apontam que o estado catabólico induzido pelo exercício intenso seja o mecanismo desencadeador da liberação destas citocinas. Porém pouco se sabe sobre seus mecanismos fisiopatológicos, com a possível exceção da elevação da IGFBP-I (proteína transportadora do IGF-1), que reduziria a biodisponibilidade do IGF-1. Alves; Lima (2008), ainda descrevem em seu estudo que à medida que o indivíduo se adapta à atividade física, as citocinas pró-inflamatórias diminuem, levando a uma reativação do eixo GH-IGF-1 de modo que os níveis de IGF-1 alcancem valores superiores ao pré-treinamento.

Os estudos no comportamento destes mecanismos fisiológicos nos praticantes de futebol na idade pré-públicas, ainda são apresentados de forma muito superficial,

por se tratar de uma atividade muitas vezes desenvolvidas em campos de várzea, quadra condominiais, e ou, mesmo nas ruas.

Já quando estas atividades são ofertadas por clubes profissionais, o maior objetivo é a formação destes atletas em fundamentos básicos das regras e modelos de jogadas, sendo introduzido a preocupação na formação física apenas na fase juvenil destes indivíduos.

2.2 O futebol como atividade de alto rendimento em jovens esportistas.

A prática do futebol tem se tornado um esporte com grande prestígio no cenário nacional e internacional. Parte deste deslumbramento se associa à grande contribuição dada pela mídia. Esta grande divulgação contribui efetivamente com o aparecimento de várias escolinhas de futebol, criadas muitas vezes por pessoas não qualificadas profissionalmente, acarretando em algumas situações de despreparo na condição física e ou má formação muscular desses jovens.

Para os pretendentes deste mercado, em sua maioria, exigem uma rotina árdua, de práticas intensas de atividade, além de uma concorrência elevada, culminando no abandono das atividades comuns da vida social deste público. Em geral esta jornada por esta profissionalização é iniciada antes mesmo dos 12 anos de idade, e segundo Rocha et. al. (2011, p. 263) “implica em aproximadamente 5 mil horas de prática de atividades corporais específicas ao longo de 10 anos”. Toda essa dispensação de tempo na formação esportiva pode influenciar a qualidade de vida e formação escolar. Além disso, caso os atletas sejam malsucedidos no esporte, dificilmente o capital corporal adquirido em anos de formação futebolística se converterá em outras oportunidades de carreira no mercado de trabalho.

Os dados apresentados por Helal et al. (2011) e Rocha et al. (2011) demonstram que 84% dos jogadores de todas as divisões do futebol profissional no Brasil, recebem salários de até R\$1.000,00, 13% recebem entre R\$1.000,00 e R\$9.000,00, e apenas 3% recebem acima de R\$9.000 por mês.

Porém o que vemos é que as divulgações desses dados não desestimulam a busca pela profissionalização no futebol, ao contrário, o que verificamos é um aumento cada vez maior. Rocha et al. (2011) indicam em suas pesquisas que o mercado do futebol no Brasil é constituído por mais de 800 clubes filiados à Federação Internacional de Futebol (FIFA), apenas 2,5% dos clubes filiados agregam 90% na

preferência dos consumidores de espetáculo futebolístico. Em 2016 a CBF (Confederação Brasileira de Futebol) divulgou que a lista dos clubes com certificação de formação e jogadores, totalizado 38 clubes com modelos voltados na construção técnica, física e psicológica destes indivíduos.

O investimento de clubes e empresários, a dedicação sobre talentos potenciais é uma prática que tem como objetivo o incentivo na alimentação do sonho destes jovens indivíduos em sua formação. Nestes casos, a avaliação física e o stress muscular não são avaliados. Uma atividade desenvolvida de forma não equilibrada poderá trazer aos esses jovens atletas problemas que só poderão ser identificados ao longo de suas vidas, e como, as estatísticas apresentam, uma grande parte destes indivíduos não serão aproveitados pelos clubes, interrompendo suas atividades de desenvolvimento muscular e mesmo ósseo, além de provocar um distúrbio na sua formação escolar.

2.3 Bioimpedância

Na clínica, a análise da composição corporal é útil nas investigações sobre o estado nutricional do paciente, a fim de estimar a perda de tecido para melhor compreensão da evolução de enfermidades que comprometam as reservas proteicas e energéticas do mesmo (FERREIRA., 1999).

Nesta análise o corpo humano é fracionado em diferentes componentes como água, gordura, proteínas e minerais de modo a quantificá-los. As variáveis de interesse para avaliar o estado nutricional são a massa livre de gordura (FFM) e a massa gorda (MG). A primeira, como o próprio nome diz, corresponde a tudo aquilo que não é gordura e representa a massa de músculos, tecido ósseo e órgãos. Já a massa gorda pode ser obtida em função da subtração entre a massa corporal e FFM. Além do uso de técnicas antropométricas como a medida de dobras cutâneas a fim de estimar o percentual de gordura, existem outros métodos que fornecem informações sobre volume corporal e técnicas de imagem. A escolha de qual método usar irá depender do objeto de interesse, custo operacional da técnica assim como sua validade e nível de experiência do avaliador (BRODIE et al., 1998).

2.3.2 Impedância Elétrica

A impedância elétrica pode ser descrita em termos gerais como a oposição que um circuito oferece à passagem de corrente elétrica mediante a aplicação de uma tensão entre dois pontos (GRIMNES; MARTINSEN, 2008). No contexto biológico, os tecidos são responsáveis por criar esta oposição e os valores de impedância variam de acordo com o tipo de tecido e frequência empregada. Comumente a impedância é avaliada em função de suas propriedades resistiva e capacitiva (quantidade de energia elétrica que pode ser acumulada).

2.3.3 Conceitos Elétricos Em Tecidos Biológicos

Nos conceitos da engenharia biomédica, o termo bioimpedância é considerado a oposição de um organismo vivo à passagem de uma corrente externa aplicada sobre ele, ou seja, é uma propriedade elétrica passiva à oposição do fluxo de corrente elétrica atravessando um tecido biológico. A técnica de bioimpedância é usada para a avaliação da composição corporal, principalmente de percentuais de gordura quanto de massa magra e água corporal total (MENDES JÚNIOR et al., 2014). Ainda é possível saber o peso, índice de Massa Corporal (IMC), controle de músculos, bem como a impedância de cada segmento, Taxa Metabólica Basal (TMB - quantidade de calorias que um indivíduo consome em repouso, sem atividade física nem mental), bioresistência (oferecida pela gordura do interior da célula, adipócito) e a reatância (oposição da corrente pela membrana celular que é formada por lipídios e proteínas (MORAES, 2014).

Este método é um dos mais usados pela sua gama de atuação e envolve modelos computacionais e equações mistas a fim de calcular os limites das impedâncias (com frequência máxima e mínima) e as relações entre a impedância e as partes do corpo (CARRIÇO et al., 2014).

Uma das vantagens desse método, caracteriza-se por ser um método indolor e por muitos, considerado método não invasivo; pois não há a introdução de componente que ofereça dor, incômodo e insegurança ao paciente (GUIRRO, 2002).

Pela Lei de Ohm, a impedância pode ser descrita por (IRWIN, 2000)

$$Z = \frac{U}{i}$$

Onde:

Z: Representa a impedância

U: É a tensão sobre o meio

I: É a corrente que atravessa o meio

Porém, ao se falar em impedância e componentes biológicos, é introduzido o conceito de impedância complexa, que compunha componentes passivos e reativos, como

$$Z = \text{Re}(Z) + \text{Im}(Z) = R - jX_c$$

Em que:

Z: representa a impedância complexa;

Re(Z): representa a parte real da impedância complexa;

Im(Z): representa a parte imaginária da impedância complexa;

R: representa a parte resistiva (real) da impedância complexa e;

jX_c : representa a reatância capacitiva, parte reativa (imaginária) da impedância complexa.

Em seu estudo Johnson et al. (1994) relatam que esta pode ser calculada, em módulo, através de

$$X_c = \frac{1}{(2\pi * f * C)}$$

Em que:

X_c representa o módulo da reatância capacitiva;

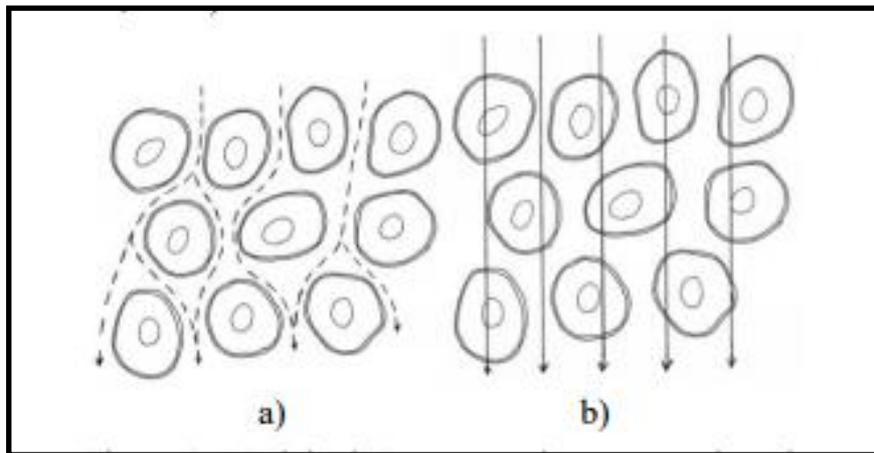
f: representa a frequência em Hz (que com a constante 2π é representa a frequência angular, em rad/s) e;

C: representa o valor da capacitância em F

Os componentes biológicos podem ser modelados em função de capacitores e resistores. Isso significa que as respostas elétricas dos tecidos biológicos são dependentes da frequência a eles submetidas (GRIMNES.; MARTINSEN, 2006).

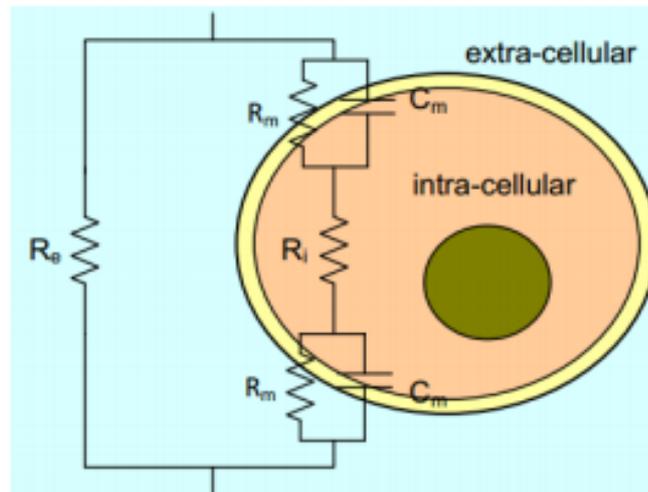
A Figura 1 representa este comportamento com relação a frequência. Na Figura 1 (a), o tecido é atravessado por uma corrente alternada com baixas frequências, em que o caminho preferencial da corrente é o líquido intercelular. Para altas frequências, como na Figura 1 (b), a corrente atravessa as células.

Figura 1 - Modelo de Passagem de corrente alterada com a) baixa e b) alta frequência por um tecido biológico



Fonte: Jødal, 2010.

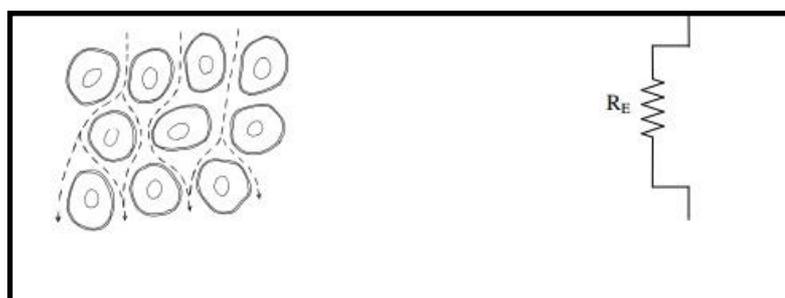
Observando agora apenas uma célula, esta pode ser representada da seguinte forma apresentada na Figura 2. O valor de R_e é a resistência extracelular (exterior da célula), R_i é a resistência intracelular (interior da célula), R_m é a resistência da membrana celular e C_m é a capacitância da membrana lipoprotéica.

Figura 2 - Modelo de Bioimpedância Celular

Fonte: Yang et al. 2013.

As propriedades condutivas de um material biológico são modeladas como resistores. Esse caso é aplicado a soluções eletrolíticas devido à sua condução de eletricidade através de íons. No entanto, as propriedades dielétricas (capazes de armazenar energia) aplicam-se em estruturas moleculares na passagem de corrente devido ao efeito da polarização. A polarização consiste em um “distúrbio de distribuição de cargas em uma região devido à presença de energia externa ou interna (MARTINSEN, 2006).

É importante lembrar que o comportamento em baixas frequências próximo a zero ($f = 0$), a corrente não consegue passar pela capacitância C_m , ou seja, a corrente deve circular em torno de todas as células. Neste caso, não faria diferença se o circuito fosse desenhado sem o ramo C_m e R_i .

Figura 3 - Comportamento elétrico em baixa frequência

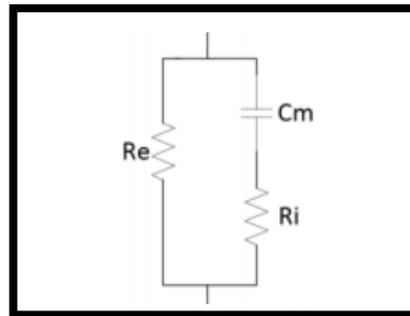
Fonte: Jødal, 2010.

Por esse raciocínio, vemos que a resistência à frequência zero, é igual à resistência do fluido extracelular:

$$R_0 = R_E$$

Na Figura 4, os parâmetros R_e , R_i e C_m são os mesmos apresentados na Figura 2, levando em consideração que C_m é toda a capacitância da membrana e R_i é toda a resistência intracelular (JØDAL, 2010)

FIGURA 4 - Modelo das propriedades elétricas para tecidos biológicos



Fonte: Mendes, et al., 2004.

Já quando se aplica uma frequência alta, tendendo ao infinito, a corrente passará a capacitância como se não estivesse lá e a corrente elétrica pode percorrer as células. Neste caso, o circuito poderia ser entendido sem a capacitância C_m (JØDAL, 2010; MENDES JUNIOR, 2004).

Figura 5 - Comportamento elétrico em alta frequência



Fonte: Jødal, 2010.

Onde, R_∞ pode ser calculado a partir de R_E e R_I com a fórmula:

$$\frac{1}{R_\infty} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R_I}$$

Que também pode ser entendido como:

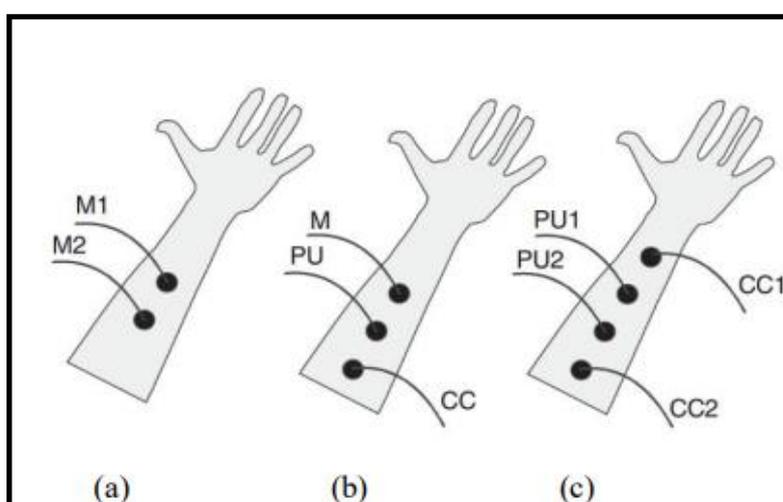
$$R_{\infty} = \frac{R_E \cdot R_I}{R_E + R_I}$$

Entre os métodos de avaliação e análise, podemos destacar dois modelos, o da bioimpedância e o da espectroscopia por impedância. Um fator importante para a aquisição de sinais de bioimpedância é o tipo de protocolo que será adotado em relação aos eletrodos. Comumente eles são compostos de metais nobres como ouro, prata ou platina; ou feitos de aço inoxidável. A vantagem é que eletrodos deste tipo diminuem a possibilidade de ocorrência de reações de oxidação-redução (transferência de elétrons entre átomos, íons ou moléculas), que levariam a um fluxo de corrente CC entre o metal e o tecido em ambos os sentidos (IVORRA, 2003 apud URIBE, 2015).

Na Figura 6(a), é apresentado um modelo de leitura em que M1 e M2 são eletrodos que carregam tanto o sinal de corrente quanto o sinal de leitura. Na Figura 6(b) apresenta o modelo tripolar, em que existe um comum (M) para tanto a medição do potencial elétrico (PU) quanto a injeção de corrente (CC). (MENDES, JÚNIOR et al., 2014).

Por fim, a Figura 6(c) demonstra visualmente a colocação dos eletrodos na configuração tetrapolar com perspectiva superior. Percebe-se que os eletrodos de injeção de corrente estão sempre nas áreas externas, enquanto que os eletrodos de captação do sinal são localizados entre esses últimos (MENDES, JÚNIOR et al., 2014).

Figura 6 - Formas de posicionamento de eletrodos



Fonte: Mendes Júnior et al., 2014.

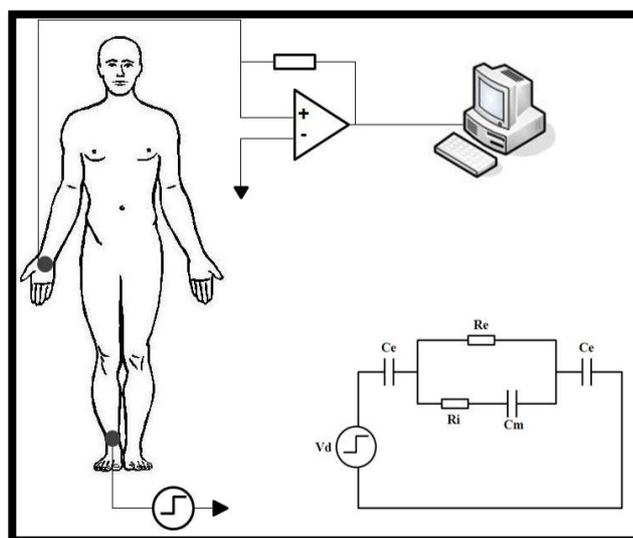
O Instituto Nacional de Saúde norte-americano (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH) padronizou em 1994 que a avaliação da bioimpedância corporal fosse feita

com o protocolo tetrapolar, que consiste em dois pares de eletrodos com funções distintas. Enquanto em um par haverá injeção de corrente, o outro é encarregado da captação do biopotencial. Este sistema possui a vantagem de redução dos artefatos originados na interface do eletrodo (RAGHEB et al., 1992).

Em 2000 foi proposta uma nova abordagem de espectroscopia de bioimpedância, onde diferente dos demais métodos que usam varredura senoidal, o objeto de estudo é a resposta de corrente após a aplicação de um degrau de tensão no tecido biológico, conhecida como BIS - STEP (Figura 7).

Embora a referida técnica utilize um protocolo bipolar de colocação de eletrodos, a impedância dos eletrodos é considerada no momento da modelagem (NEVES, 2000; URIBE, 2015).

Figura 7 - Técnica bipolar utilizando a excitação com degrau de tensão (V_d). As capacitâncias devido a interface eletrodo-eletrólito estão indicadas por C_e , enquanto as resistências do ambiente intra e extracelular são representadas respectivamente por R_i e R_e . O efeito capacitivo da bicamada lipídica está representado por C_m .



Fonte: Neves,2000

Os métodos de bioimpedância explicados anteriormente em relação a avaliação e técnica são classificados de acordo com a forma na qual a energia é transferida aos tecidos biológicos. Contudo, os métodos ainda podem ser categorizados de acordo com o sítio de interesse e finalidade da medida, determinados pelos locais de posicionamento dos eletrodos. Dentre estes o mais conhecido é a análise da impedância total para composição corporal, o qual adota a seguinte configuração: um par de eletrodos aderidos ao punho (entre os ossos do

rádio e da ulna) e tornozelo (na protrusão da tíbia e fíbula) para captação da tensão; enquanto os eletrodos injetores de corrente são colocados no 3º metacarpal e metatarsal, afastados 5 cm dos primeiros. A avaliação é feita com o indivíduo na posição supina com os braços afastados do tronco e as pernas distanciadas entre si (CORNISH et al., 1999).

Quando equações para predição de massa livre de gordura são empregadas em grupos de pacientes com obesidade ou anorexia, a exatidão é demasiadamente ruim. A explicação para tal é que, embora o tronco responda por grande parte da massa corporal, os membros inferiores e superiores são os que contribuem majoritariamente para o incremento na impedância (ORGAN et al., 1994; THOMAS et al., 1998).

Com o objetivo de otimizar a avaliação, Organ et al., (1994) propuseram a utilização de apenas dois eletrodos localizados ipsilateralmente para injeção de corrente na mão e tornozelo direitos. Ao supor que não haverá passagem de corrente elétrica entre o ombro direito e mão esquerda por serem regiões equipotenciais, para avaliar a resistência do braço direito bastaria colocar eletrodos sensores na mão oposta. De modo análogo, o mesmo seria válido se a variável de interesse fosse a perna direita: um eletrodo para medida do potencial elétrico seria aderido ao pé esquerdo (ORGAN et al., 1994).

Esta análise, apesar de superestimar os valores de resistência dos membros entre 3 a 8%, é comparativamente melhor que o método clássico que utiliza doze eletrodos (ombros, punhos, tornozelos, cintura, mãos e pés) para avaliar todos os segmentos (JAFFRIN, 2009; WARD, 2012 apud URIBE, 2015).

Recentemente foi proposta uma avaliação mais localizada da bioimpedância, a fim de que determinadas interferências provenientes de variações no estado de hídrico, massa adiposa e geometria dos tecidos fossem minimizadas (KYLE et al., 2004).

Os locais mais utilizados em pesquisas clínicas são o antebraço e a coxa, embora em outro trabalho as medidas da panturrilha que foram avaliadas durante a hemodiálise para monitorar o grau de hidratação dos pacientes (KOTANKO et al., 2008).

Os defensores do método de avaliação de bioimpedancia relatam que devido a menor complexidade ao analisar a geometria de um pequeno volume segmentar, modelos matemáticos mais simplistas podem ser aplicados e uma melhor correlação

com a anatomia da região obtida (RUTKOVE et al., 2002). Por este motivo vários trabalhos têm empregado modelos matemáticos no estudo de doenças neuromusculares (Miografia por Impedância Elétrica), pois informações qualitativas e quantitativas sobre a funcionalidade e estrutura do músculo podem ser obtidas (RUTKOVE et al., 2007; SPIEKER et al., 2013; URIBE, 2015).

3 OBJETIVO

- ✓ Desenvolver um método, utilizando a técnica de espectroscopia por impedância bioelétrica, que possa avaliar músculos específicos de indivíduos.

3.1 Objetivos específicos

- ✓ Entender, com detalhes, o funcionamento de um potenciostato;
- ✓ Entender o processamento de sinais e exibição de resultados obtidos pela técnica aplicada;
- ✓ Medir a impedância da musculatura e correlacionar com o condicionamento físico do voluntário.
- ✓ Propor um critério de análise da musculatura periférica de membros inferiores (músculo-gastrocnêmico, bíceps femoral e reto femoral), monitorado pelo método de espectroscopia de impedância.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Departamento de Física- DF da Universidade Federal de Pernambuco - Av. Jorn. Aníbal Fernandes, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540.

A população do estudo foi representada por indivíduos de ambos sexos classificados em 4 diferentes grupos: a) Atletas de futebol *society*, do sexo masculino, com idade entre 26-31 anos e em fase de disputa de competições; b) indivíduos do sexo masculino que praticam tanto academia quanto corrida; c) indivíduos de ambos sexos que praticam academia de forma regular, por pelo menos 3 vezes por semana e, d) indivíduos sedentários que não praticam nenhum tipo de atividade de forma regular, de ambos sexos com idade entre 28-59 anos.

4.1 Coleta de dados

Esse trabalho teve aprovação do comitê de ética e pesquisa, através do número do CAAE: 81124017.5.0000.5208.

Para a coleta de dados, utilizando-se o equipamento modelo Solartron 1260, os indivíduos voluntariamente foram convidados a participar do estudo, onde foi explicado o objetivo do mesmo, seus riscos e benefícios, assim como a importância de responderem as perguntas de forma verdadeira. Também foi informado que as respostas não prejudicarão em nada o tratamento e andamento de sua atividade habitual e, em seguida, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE (APÊNDICE A) para assinatura do mesmo.

Após interesse e aceitação dos voluntários, os encontros foram agendados no Departamento de física, CCEN - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, na UFPE, sendo a coleta dos dados iniciada por meio de exame físico (APÊNDICE B), envolvendo avaliação postural estática (vista anterior, lateral e posterior) de todos os indivíduos, com objetivo de analisar a independência do indivíduo quanto ao componente funcional, muscular e articular identificando se o indivíduo é capaz de desempenhar determinada função muscular, sem restrições ou dificuldades.

Posteriormente foi aplicado um Questionário de Prontidão para Atividade Física (ANEXO 1) com perguntas objetivas diretas para identificar os antecedentes familiares da saúde.

Seguindo o protocolo, foi solicitado aos voluntários que ficassem sob a maca para a identificação da musculatura do quadriceps (retofemoral), isquiotibial (bicepsfemoral) e panturrilha (gastrocnêmio) e posteriormente a colocação dos eletrodos de Eletroencefalograma -EEG nos músculos escolhidos, e a partir de então, esses indivíduos foram submetidos a uma análise pelo equipamento de Espectroscopia por Impedância - Potenciostato. Na musculatura do quadriceps foi pedido ao voluntário que ficasse sob a maca sentado, onde o terapeuta pudesse aplicar uma resistência manual no tornozelo desse indivíduo e pediu-se que esse realizasse o movimento contra a resistência manual do terapeuta. Na região do músculo posterior (isquiotibial), o procedimento era de que o voluntário ficasse de decúbito ventral (barriga para baixo), onde o terapeuta aplicasse uma resistência no tornozelo-região posterior, contrária ao da flexão da perna. Já na região do gastrocnêmio, foi orientado que o voluntário ficasse de decúbito dorsal (barriga para cima), e aplicada uma resistência no pé, impedindo a flexão total do pé enquanto era realizado a avaliação. Após a conclusão das etapas os dados foram arquivados e utilizados para obtenção dos gráficos.

4.2 Descrição dos experimentos de miografia por impedância

Parte 1:

Para o protocolo inicial dos experimentos foi utilizado o potenciostato modelo *Solartron 1260A Impedância/Gain-Phase Analyze*, com o qual foram realizados testes preliminares, obtendo-se assim, a configuração necessária para processamento dos sinais e dos valores desejados da espectroscopia. Tal equipamento tem a capacidade de fornecer medidas de materiais sólidos e líquidos com a precisão de 0,1%. A figura 9 mostra o console do equipamento, onde as leituras são realizadas.

Figura 8 - Foto do equipamento modelo Solartron 1260, utilizado na pesquisa.



Fonte: <http://www.ameteki.com/products/frequency-response-analyzers/1260a-impedance-analyzer>.

Conectado ao console do *Solartron*, tem-se a Interface Dielétrica 1296A, para fornecer medidas de impedância rápidas, precisas e repetitivas. A Espectroscopia de Impedância obtém a leitura dos dispositivos analisando-se a impedância bioelétrica em várias frequências.

O modelo da interface 1296A em conjunto com o Solartron 1260 tem o alcance de frequência 10 μ Hz a 10 MHz. A figura 10 mostra o sistema de medição completo.

Figura 9 - Foto da Interface Dielétrica 1296 A - conectada ao Solartron 1260, utilizada na obtenção para resultados da análise muscular.



Fonte: http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/kojimalab/en_equipment.htm

Os dois equipamentos são interligados ao computador, onde através do *software* SMART 3.0 instalado no computador, podemos configurar e programar a leitura para captação dos dados.

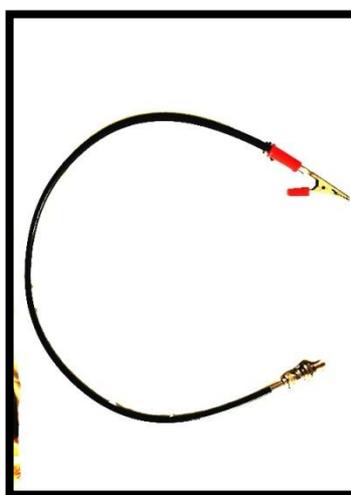
Dentro dessa configuração pelo software que temos a disposição, podemos optar pelo tipo de gráfico Bode, que faz a leitura da Impedância x Frequência, e/ou o modo tipo Complexo onde a leitura é a Parte Real da Impedância x Parte Imaginária da Impedância.

Ainda nas configurações para o comando de análise do dispositivo está a quantidade de *Loops* ou número de repetições necessárias na formação das curvas de impedância do dispositivo analisado. Nesse caso, pode-se manipular o software de forma que seja realizado quantas vezes forem necessárias a leitura do dispositivo estudado.

Uma outra opção a ser definida é o *delay*, ou seja, o tempo que tem de descanso entre uma leitura e outra, ou formação do semicírculo (curva) do espectro. Nesse caso, também pode-se emitir um comando que a cada análise, tenhamos um *delay* de acordo com as necessidades.

Conectado a interface dielétrica utilizamos o Cabo de Conexão com conector BNC - *Neill-Concelman*, que tem conector baioneta e que não é desligado caso seja puxado. A figura 10 apresenta o cabo descrito anteriormente.

Figura 10 - Foto de cabo coaxial com conector BNC em uma extremidade e conector garra na outra extremidade.



Fonte: O autor, 2018.

Esse cabo com saída modelo garra conecta-se ao eletrodo de EEG. Escolhemos esse eletrodo por suas características elétricas favoráveis a captação de pequenos sinais. A figura 11 apresenta um eletrodo de EEG conectado a um conector do tipo banana.

Figura 11 - Foto do eletrodo de Eletroencefalograma



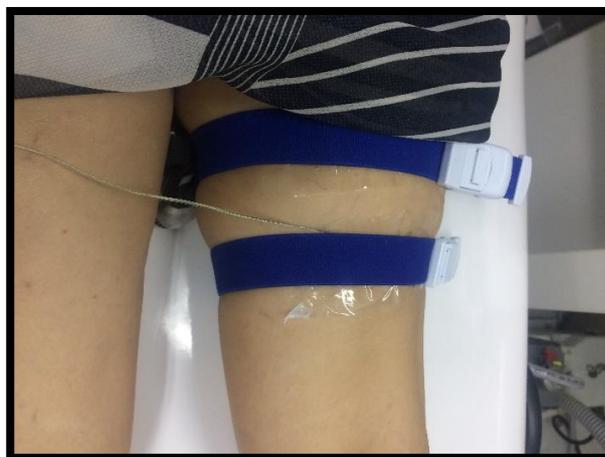
Fonte: O autor, 2018.

A utilização desse eletrodo é em conjunto com a pasta Carbofix, que tem o objetivo de diminuir a resistência elétrica de contato. Após a preparação referente as conexões necessárias para o início do experimento, o eletrodo de EEG então é colocado na pele do indivíduo e então é iniciada o *start* através do *software* Smart 3.0.

Parte 2:

Utilizou-se fita adesiva para segurar os eletrodos e para que os mesmos não mudassem de posição na hora do movimento de contração muscular, também por cima da fita adesiva foi posto um torniquete do tipo regulável, e então, o aparelho foi ligado, onde foi mensurado a impedância no estado de repouso e na contração muscular resistida. A Figura 12 mostra um exemplo de medição em um voluntário.

Figura 12 - Posicionamento dos eletrodos na parte posterior da perna com uso de torniquete ajustável para fixação.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 13 - Posicionamento dos eletrodos na parte anterior da perna com uso de torniquete ajustável para fixação.



Fonte: O autor, 2018.

4.3 Análise de dados

Os dados foram coletados e registrados no software do próprio equipamento (potenciostato), Smart 3.0, também foram armazenados os dados em um formulário padronizado alocados em uma planilha eletrônica de dados (Microsoft Excel® 2003. Redmond, WA, EUA).

Para avaliação dos dados foi realizado análise descritiva com valores relativos e absolutos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa inicial foi desenvolvida com voluntários de ambos os sexos, e escolhidos de forma aleatória com os seguintes pré-requisitos: No grupo de academia, corredores e atletas, eles deveriam realizar as práticas de exercício de maneira regular, ou seja, praticar com frequência de treino igual ou maior do que 3 vezes por semana. O estudo também teve a participação de pessoas sedentárias, que se encaixa no perfil de não realizar atividades regulares, ou mesmo nenhuma atividade para o desenvolvimento muscular. O pré-requisito para essas pessoas foi não ter qualquer tipo de lesão ligamentar ou muscular que impossibilitassem a realização de maneira eficaz, bem como algum tipo de doença crônica de origem muscular.

Participaram da pesquisa 16 pessoas, sendo 3 do sexo feminino e 13 do sexo masculino com idade mínima de 26 e máxima de 59 anos. Como critério de exclusão foi descartada a obtenção de um dos dados, devido na hora da avaliação/anamnese o voluntário ter doença muscular crônica, o que levaria uma alteração significativa dos resultados.

Tabela 1 - Tabela de Distribuição de atividade dos voluntários

| Grupos | Voluntários |
|--------------------|--------------------|
| Sedentários | 4 |
| Academia | 4 |
| Academia e Corrida | 4 |
| Atletas | 4 |

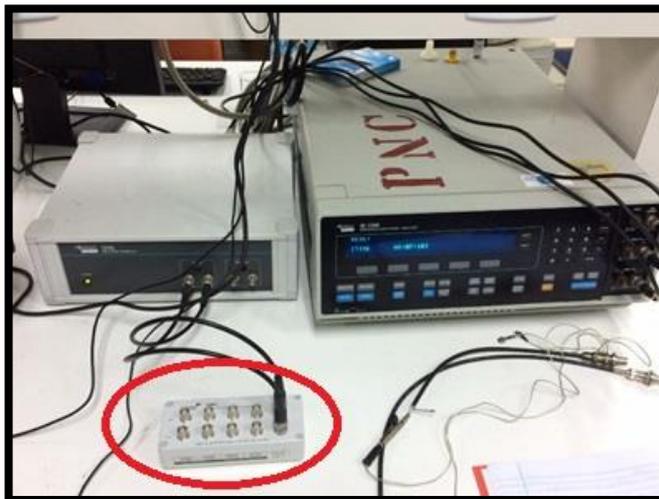
Fonte: O autor, 2018

5.1 Testes clínicos em laboratórios - fase 1:

Foram realizados basicamente três tipos de testes com objetivo de identificar a probabilidade de possíveis ocorrências no desenvolvimento da fadiga muscular, e a partir disso minimizar riscos futuros.

Em primeiro lugar foi testado todo sistema eletrônico de cabos, conectando ao computador e a interface do Potenciostato, também foi realizada toda a programação pelo software SMART utilizando o módulo de teste.

Figura 14 - Na fotografia o dispositivo circundado é o módulo de circuito teste.



Fonte: O autor, 2018

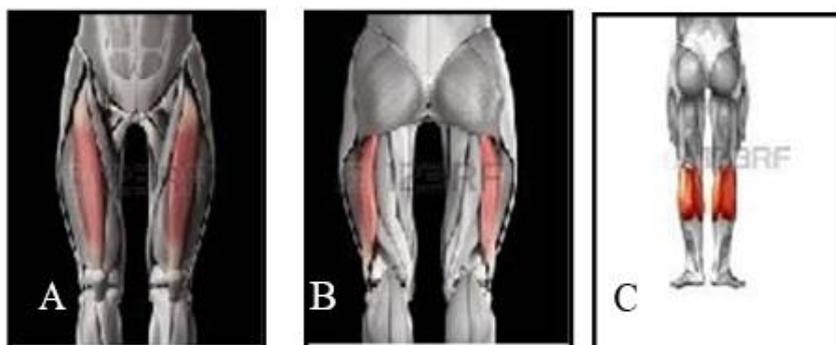
Em seguida foram realizados testes específicos com o aparelho de espectroscopia, com o propósito de verificar se os valores indicados na interface humano-máquina apresentam-se corretas. Para confirmação de tais dados, foi utilizada a operação matemática contida no módulo teste e confirmada a exatidão da resposta do aparelho.

5.2 Testes clínicos em laboratórios – fase 2:

Foram realizados testes da técnica de espectroscopia no grupo sedentário, academia e corredores na UFPE – Laboratório de Física. Como programado foram colocadas as configurações no software SMART, e, colocado o equipamento para funcionamento, onde foi solicitado que os mesmos fizessem o exercício resistido, ou seja, são aqueles realizados contra alguma forma de resistência graduável à contração muscular.

Inicialmente as medições foram vistas em cada musculatura escolhida (Reto femoral na região do quadríceps- parte anterior da perna, bíceps femoral, na região dos isquiotibiais, região posterior da perna e gastrocnêmico, na região da panturrilha.) com 3 repetições, onde foi solicitado para a primeira medição que o paciente ficasse parado, sem haver qualquer tipo de movimento ou contração; a segunda com esforço máximo, e, a terceira em repouso, após a contração resistida. O intervalo de cada medição foi de 10 segundos.

Figura 15 - Músculos da região de membros inferiores utilizados para medição. A) Músculo anterior - Região do quadríceps - Reto-femoral; B) Músculo posterior - Região dos ísquiotibiais - bíceps-femoral C) Músculo gastrocnêmio, região da panturrilha.



Fonte: <https://pt.dreamstime.com>

5.3 Teste clínico em laboratório fase 3 – grupo atletas

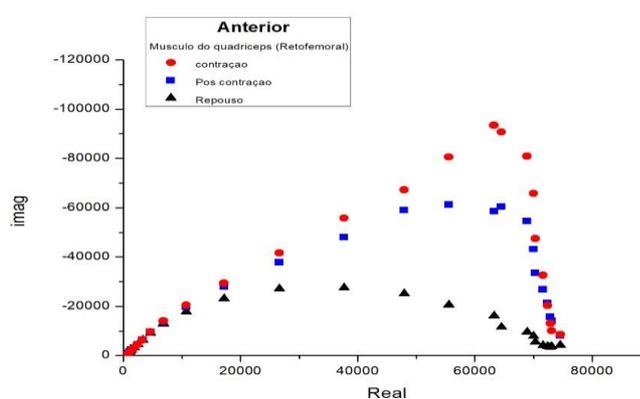
Neste grupo foi empregado o mesmo padrão e protocolo de avaliações utilizadas nos indivíduos da fase 2 (sedentário e academia), onde se teve toda precaução de ambientar o atleta, deixando-o confortável, explicando detalhadamente todas as etapas do teste a ser exercido. Também foi informado que, em qualquer momento de dor intensa, (sensação de “pontada” na musculatura) ou outra situação incômoda, o mesmo informasse imediatamente o ocorrido.

5.4 Resultado das medições

De acordo com os resultados observa-se a formação (exemplo hipotético) das curvas pela técnica de espectroscopia por impedância (Figura 16), das três curvas obtidas, a primeira, de maior pico, corresponde a contração muscular resistida (vermelha), a segunda, equivalente a pós contração muscular (azul), e a terceira, a de repouso (preta). Nas medições, foi identificado que o indivíduo ao entrar em processo de exaustão muscular, a curva de contração muscular ultrapassa a do estado de pós contração muscular, onde as células musculares sofrem a recomposição de íons, e repouso absoluto, correspondendo ao indivíduo que não realiza nenhum movimento, resultando em processo de baixas alterações de íons.

Dessa forma, quando o indivíduo não entra no processo de excitação celular, ou no nível de cansaço, tal fenômeno não é observado, e mesmo após o esforço, a curva de contração, não ultrapassa as demais. Pelo exemplo abaixo descrito, o maior pico foi registrado na curva de contração muscular resistida, o qual atingiu valor da parte real da impedância máxima de 75 k Ω e da parte imaginária da impedância de 90 k Ω .

Figura 16 - Sinais obtidos da musculatura anterior – Quadríceps de um dos indivíduos do grupo sedentário.



Fonte: O autor, 2018.

Este padrão de resultado em relação às curvas de contração, pós contração e repouso, foi registrado na maioria dos voluntários dos 4 grupos (Tabela 2 e Figuras 17, 18, 19 e 20) bem como na musculatura dos mesmos. Porém, com o músculo gastrocnêmio, esta resposta não se repetiu com frequência, ocorrendo padrões diferentes em relação às sequências das posições das curvas. Na anatomia o gastrocnêmio possui dois ventres, recobrando uma outra musculatura, chamada de sóleo, esse conjunto formado é conhecida como complexo tríceps sural (panturrilha), sendo assim, o autor acredita que por haver recrutamento de mais fibras musculares, de forma ativa e direta há uma maior potência muscular e conseqüentemente uma dificuldade de entrar em processo de fadiga muscular, bem como de visualização de padrões com respostas mais precisas.

O grupo é composto por quatro indivíduos voluntários, do sexo masculino, e idade variável entre 28-59 anos. Como os componentes possuem idades discrepantes entre indivíduos, nota-se que, apesar de manterem o padrão de comportamento de posicionamento das curvas, há diferenças nos valores de impedância.

Para fins comparativos, percebe-se que o voluntário R.E com idade de 59 anos (Figura 17-B2 e Tabela 2) atingiu valores (impedância imaginária de 90 k Ω) na musculatura do quadríceps em contração muscular (curva vermelha) enquanto a real foi de 80 k Ω . Por outro lado, o voluntário T.E com idade de 28 anos (Figura 17-D2) atingiu os valores de impedância imaginária e real por volta dos 20 k Ω e 90 k Ω , respectivamente. Entende-se que, pela grande diferença de idade entre os voluntários, os valores de impedância são menores no voluntário de menor idade (T.E), tendo em vista esta ser um componente importante e influenciador nas respostas fisiológicas.

Ainda em comparação ao voluntário R.E, verifica-se grande discrepância entre as curvas das três medições em relação aos demais, o mesmo apresentou uma nítida diferença nos espaçamentos entre curvas devido a valores de impedância, enquanto o voluntário T.E obteve nas três medidas resultados muito próximos.

Entre todos os indivíduos do grupo sedentário, o único que apresentou resultado diferente dos demais no músculo gastrocnêmio (panturrilha) foi o voluntário R.E. Vê-se que o comportamento das ordens das curvas em relação as três musculaturas analisadas permanecem no padrão de posicionamento, enquanto os demais voluntários, a curva de pós contração é superior (Tabela2).

Tabela 2 - Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo sedentário.

| Voluntário | Grupo | Músculo com resposta padrão esperada | Idade (anos) | Sexo | Altura (m) | Peso (Kg) | IMC (Kg/2) |
|------------|------------|--|--------------|------|------------|-----------|---------------------|
| A. S | Sedentário | Isquiotibial/Quadríceps | 40 | M | 1,70 | 85Kg | 29,4 - Sobrepeso |
| R. E | Sedentário | Isquiotibial/Quadríceps / Gastrocnêmio | 59 | M | 1,66 | 76Kg | 19,0 - Normal |
| R. C | Sedentário | Isquiotibial/Quadríceps | 59 | M | 1,67 | 80Kg | 28,7 - Sobrepeso |
| T. E | Sedentário | Isquiotibial/Quadríceps | 28 | M | 1,69 | 60Kg | 21,0 - Normal |

Legenda: M: masculino, m: metros, Kg: quilograma, IMC: Índice de massa corporal

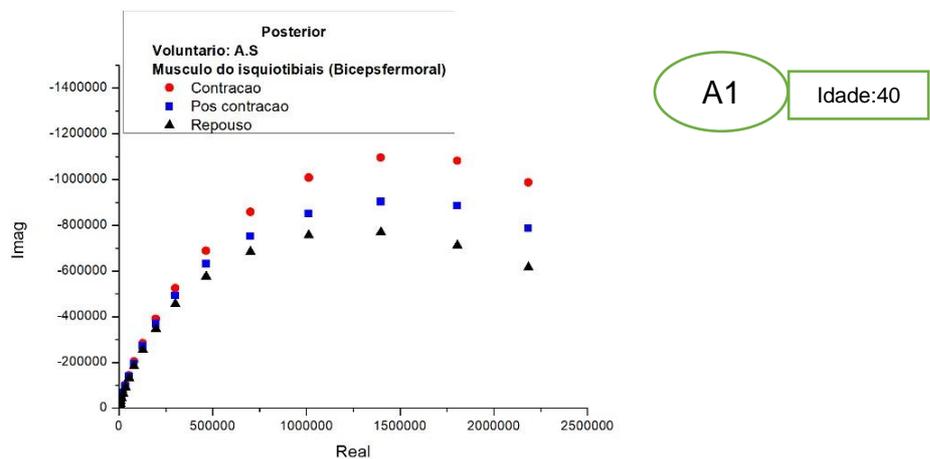
Fonte: O autor, 2018

Como descrito anteriormente as curvas de contração com maior pico na análise de espectroscopia em músculos, associado ao protocolo de exercício anteriormente explicado na metodologia, indicam um estado de exaustão muscular. McArdle et al. (1992) relatam em seu estudo que o acúmulo de ácido láctico está relacionado à diminuição na geração máxima de força, sendo considerado um dos principais agentes fatigantes. Já a acidose prejudica o processo de contração muscular por meio de alguns mecanismos a exemplo do aumento na concentração de íons hidrogênio, que interfere no suprimento de energia, afetando uma ou diversas etapas do processo de contração.

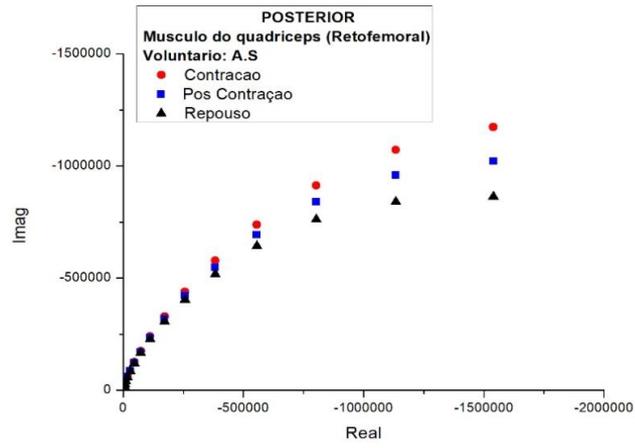
A maioria dos efeitos do ácido láctico no desenvolvimento da fadiga muscular resulta do aumento da concentração de íons H^+ e consequentemente diminuição do pH, decorrente da rápida dissociação do ácido láctico (ASCENÇÃO, 2003).

Com base nos resultados do Grupo 1- sedentário (Figura 17), percebe-se que os mesmos estão em concordância com a abordagem descrita pelos autores acima.

Figura 17 - Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 1 (Sedentário)

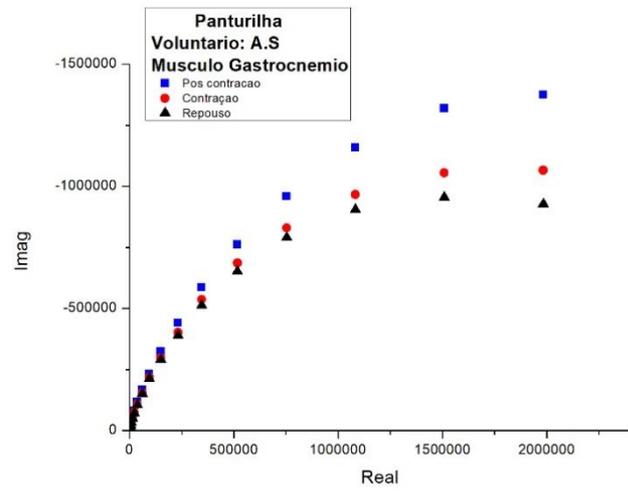


Fonte: O autor,2018



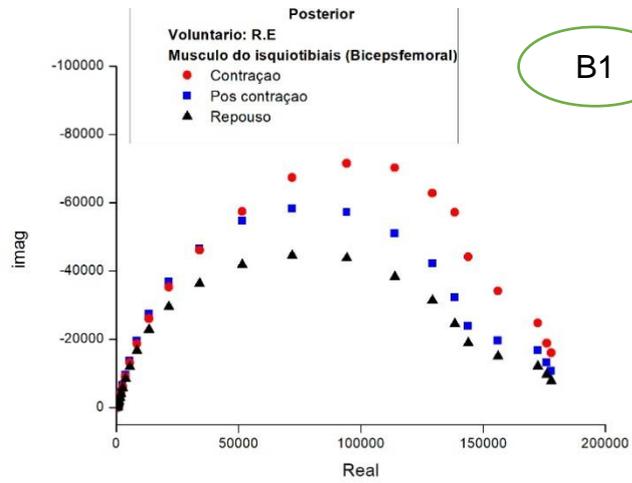
A2

Fonte: O autor,2018



A3

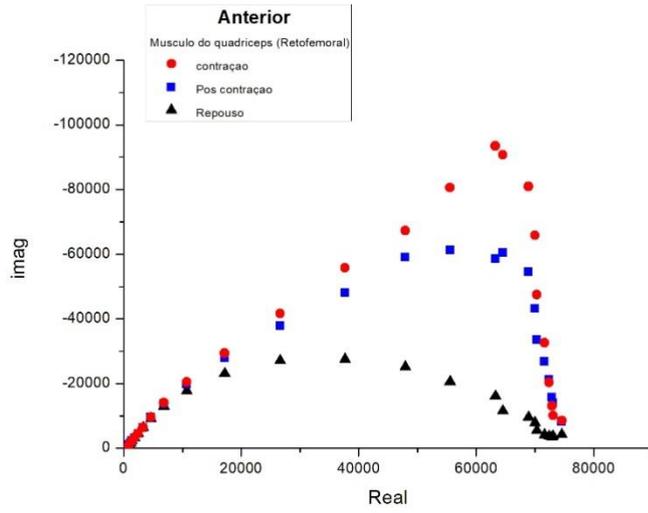
Fonte: O autor, 2018



B1

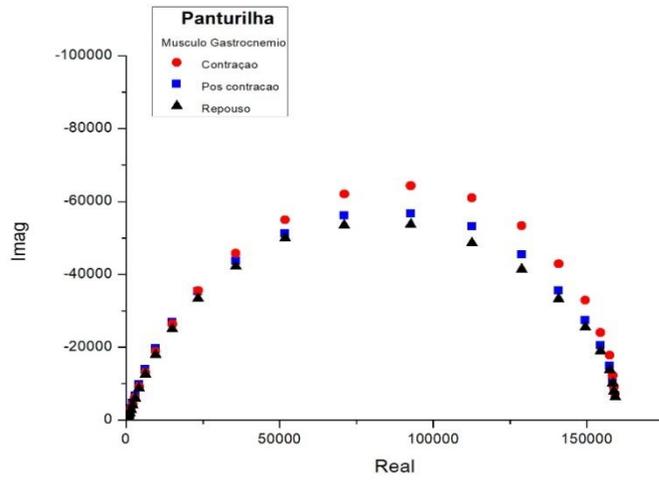
Idade 59

Fonte: O autor, 2018



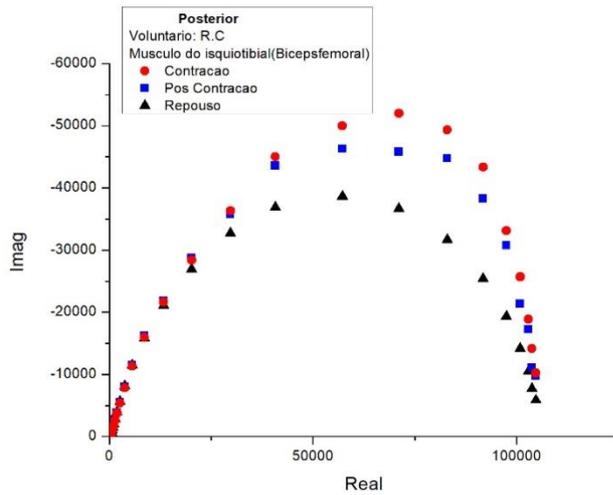
B2

Fonte: O autor, 2018



B3

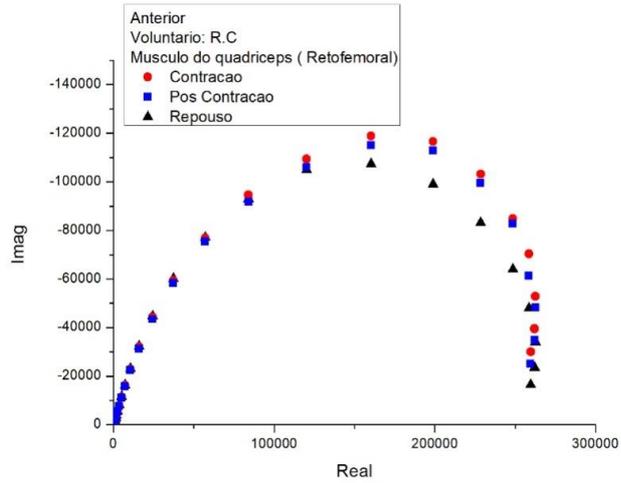
Fonte: O autor, 2018



C1

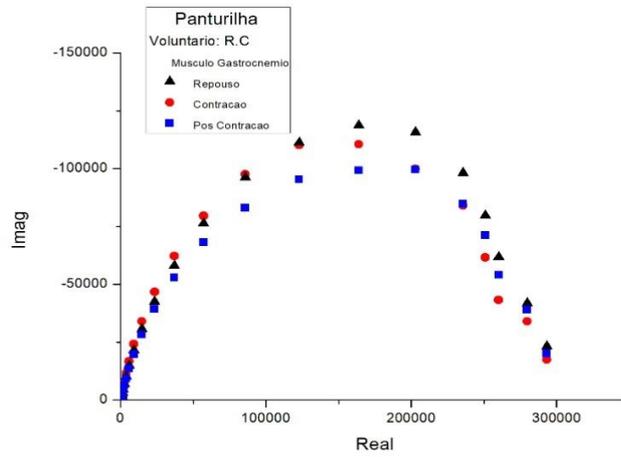
Idade:59

Fonte: O autor, 2018



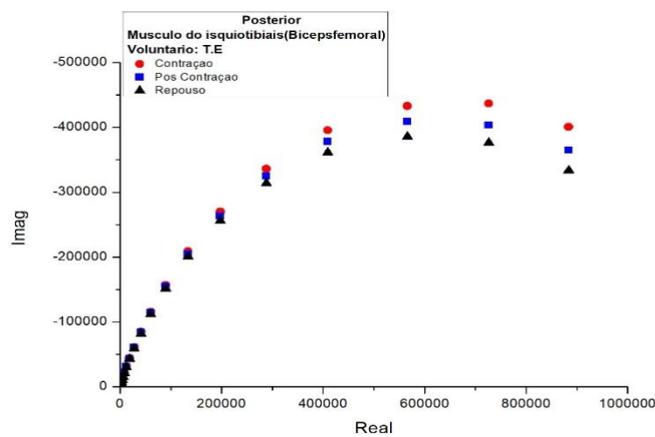
C2

Fonte: O autor, 2018



C3

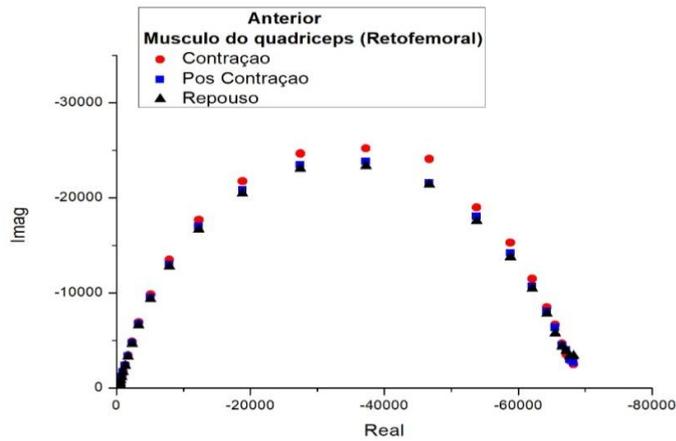
Fonte: O autor, 2018



D1

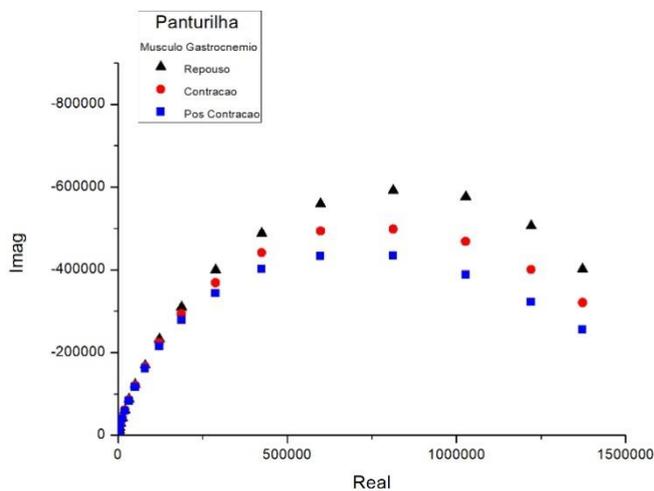
Idade: 28

Fonte: O autor, 2018



D2

Fonte: O autor, 2018



D3

Fonte: O autor, 2018

Com relação ao grupo 2- academia, o mesmo formado por pessoas de ambos os sexos, sendo dois indivíduos do sexo masculino e dois do sexo feminino, com idade entre 28-40 anos.

Em relação ao padrão de ordem das curvas (Figura 18) constata-se que os indivíduos que praticam academia respondem de forma semelhante ao grupo anterior. Pode-se observar que este grupo é constituído por pessoas de idades mais homogêneas e mais jovens, em comparação com o grupo sedentário. Nota-se que tanto o voluntário B.A, do sexo masculino (Tabela 3 e Figura 18, posição E1,E2 e E3), quanto o voluntario E.L, sexo feminino (Figura 18, posição G1,G2 e G3) possuem idades semelhantes.

Acredita-se que apesar das idades, o fato de serem de sexos distintos as respostas de impedância alteram o comportamento das curvas, bem como seus valores. No caso do voluntário B.A, os valores da impedância real na musculatura do isquiotibial (posição E1) ultrapassam os 3 M Ω , enquanto a imaginária próximo dos 20 M Ω , obtendo-se curvas de pós contração e repouso com padrões de valores bem mais baixos, tanto na parte real quanto na parte imaginária.

Com base nos resultados do voluntário E.L, destaca-se valores de impedância real e imaginária com resultados bem inferiores ao anterior, com picos máximos próximo dos 120 k Ω e 60 k Ω , respectivamente.

Destaca-se, ainda neste mesmo grupo, uma alteração acerca dos resultados a serem obtidos relativos a musculatura do quadríceps, no voluntário J.S (Figura 18, posição H2), onde a curva de pós contração superou a de contração.

Ainda no conjunto dessas pessoas, o músculo gastrocnêmio em todos os indivíduos apresenta-se no mesmo perfil (Pós-Contração; Contração; Repouso).

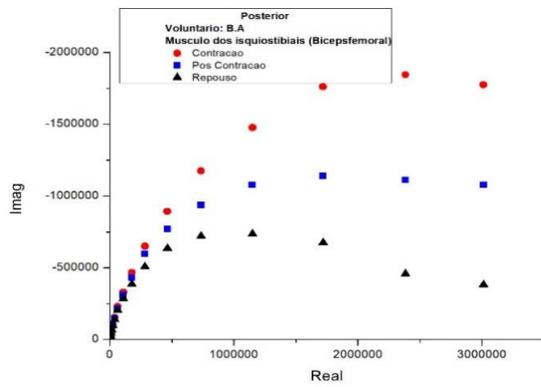
Tabela 3 - Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo academia.

| Voluntário | Grupo | Musculo com resposta padrão esperada | Idade (anos) | Sexo | Altura (m) | Peso (Kg) | IMC (Kg/m ²) |
|------------|----------|--------------------------------------|--------------|------|------------|-----------|--------------------------|
| B. A | Academia | Isquiotibial/Quadríceps | 32 | M | 1,80 | 80 | 24,7- Normal |
| E. G | Academia | Isquiotibial/Quadríceps | 28 | M | 1,70 | 71 | 24,6- Normal |
| E. L | Academia | Isquiotibial/Quadríceps | 32 | F | 1,55 | 60 | 25,0- Normal |
| J. S | Academia | Isquiotibial | 40 | F | 1,74 | 80 | 26,4- Sobrepeso |

Legenda: M: masculino, F: feminino, m: metros, Kg: quilograma, IMC: Índice de massa corporal

Fonte: O autor, 2018

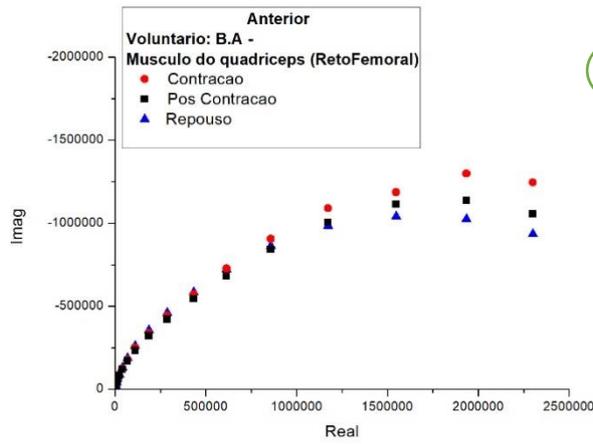
Figura 18 - Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 2 (academia)



E1

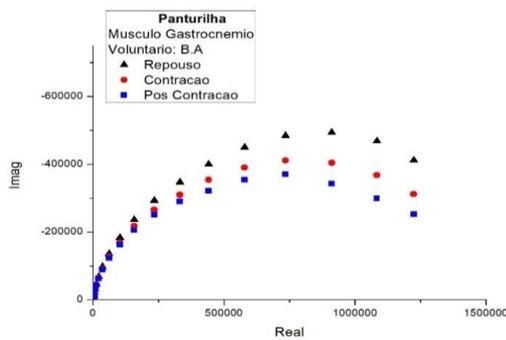
Idade:32

Fonte: O autor, 2018



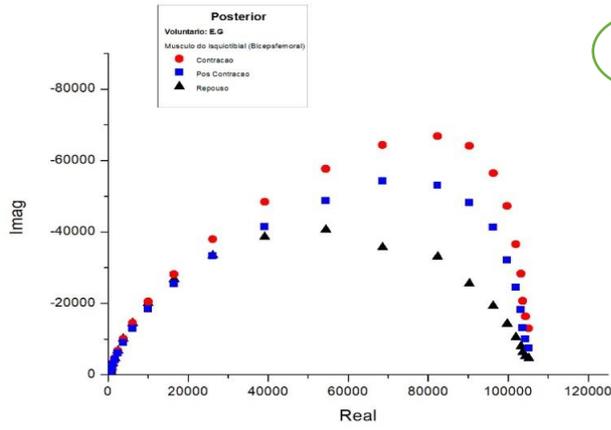
E2

Fonte: O autor, 2018



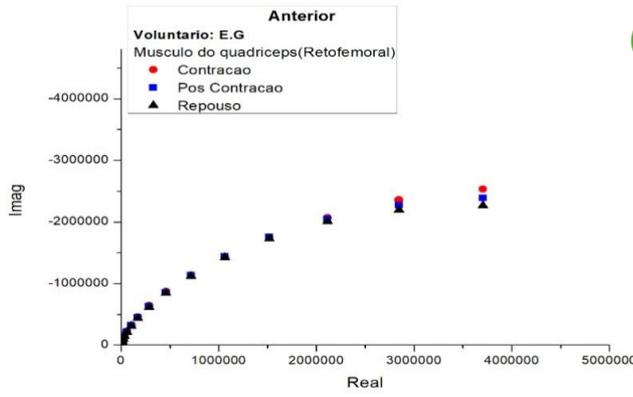
E3

Fonte: O autor, 2018



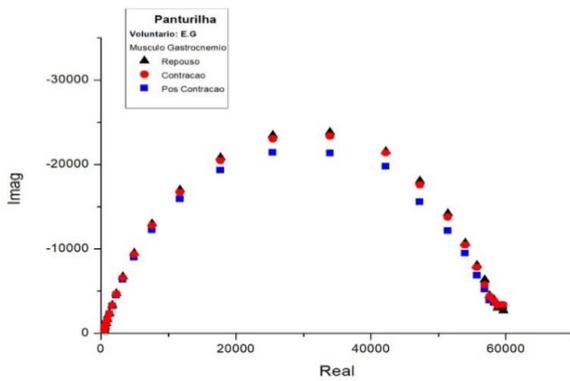
F1 Idade:28

Fonte: O autor, 2018



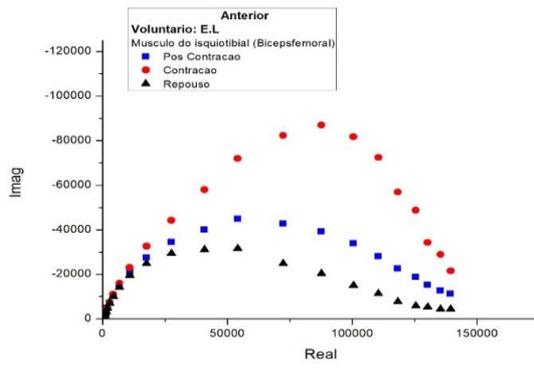
F2

Fonte: O autor, 2018



F3

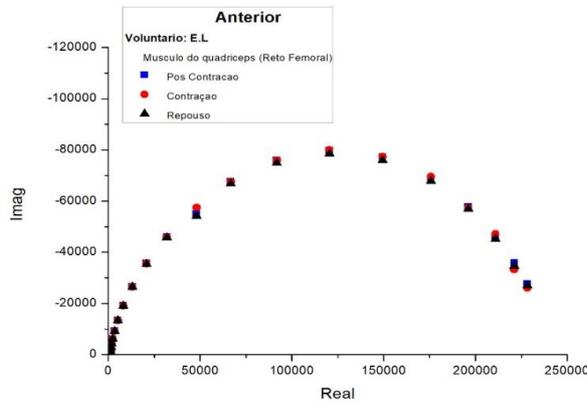
Fonte: O autor, 2018



G1

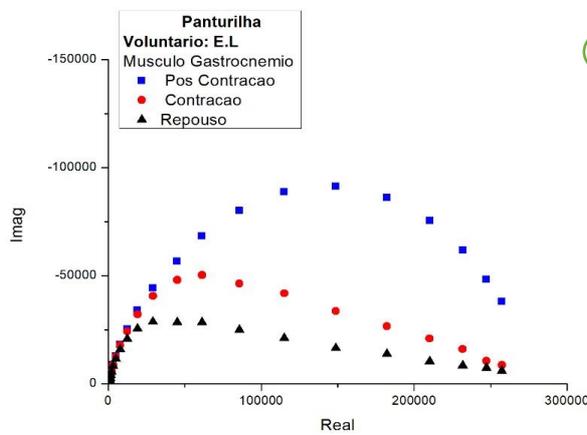
Idade:32

Fonte: O autor, 2018



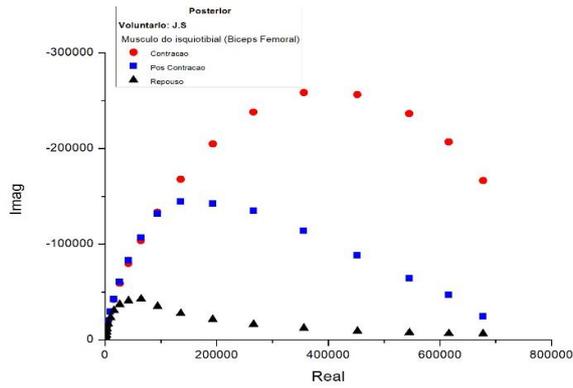
G2

Fonte: O autor, 2018



G3

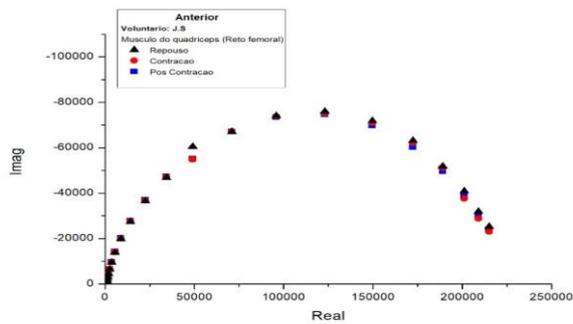
Fonte: O autor, 2018



H1

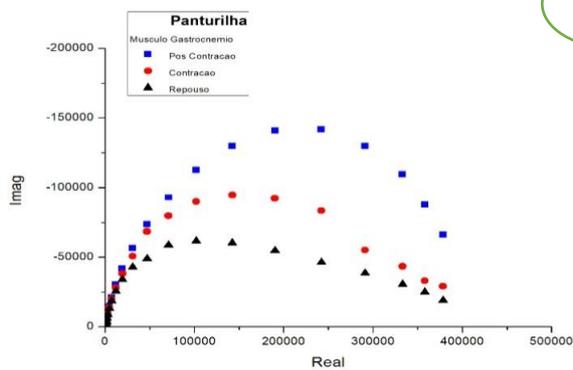
Idade:40

Fonte: O autor, 2018



H2

Fonte: O autor, 2018



H3

Fonte: O autor, 2018

O grupo 3-composto pelos indivíduos voluntários praticantes de academia e corrida (Figura 19) possui idades semelhantes e respostas bem parecidas em 3 dos 4 voluntários, tanto nos padrões de curvas já mencionados, como nos valores. Neste

grupo foi comum a prática de atividade conhecida como treino aeróbico, tendo como principal característica, treinos com intensidade moderada de longa duração

O treino aeróbico tem grandes benefícios à saúde, como a melhoria da aptidão física cardiorrespiratória. Relativamente à composição corporal, uma característica deste tipo de treino é a redução do peso corporal total, devido à diminuição da massa gorda e preservação da massa isenta de gordura. (MOUAD, 2013).

O descrito pelo autor corrobora com o nosso estudo, onde o voluntário A.F (Tabela 4 e Figura 19 - I1,I2,I3) foi o que apresentou desempenho diferente, devido aos valores baixos de impedância. No exame físico (avaliação postural estática- Apêndice B) esse voluntário demonstrou um equilíbrio osteomuscular melhor em relação aos outros envolvidos do grupo, bem como maior frequência de atividade física e baixo índice de massa gorda. Os demais voluntários mantiveram um padrão de medidas dentro de uma determinada faixa do espectro, com as curvas de contração, pós contração e repouso sem grandes variações. Porém o voluntário R.N, nos músculos isquiotibial e quadríceps (Figura 19-M1 e M2) apresentou uma disparidade entre as 3 curvas, com valores distintos, fato não observado entre as pessoas do mesmo grupo.

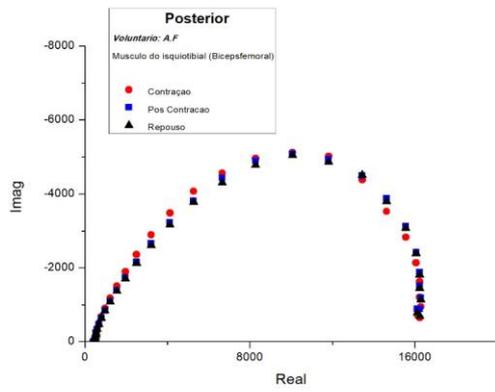
Tabela 4 - Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo academia e corrida

| Voluntário | Grupo | Musculo com resposta padrão esperada | Idade (anos) | Sexo | Altura (m) | Peso (Kg) | IMC (Kg/m ²) |
|------------|--------------------|--------------------------------------|--------------|------|------------|-----------|--------------------------|
| A.F | Academia e Corrida | Isquiotibial/Quadríceps | 27 | M | 1,77 | 77 | 24,6- Normal |
| F.J | Academia e Corrida | Isquiotibial/Quadríceps | 28 | M | 1,76 | 80 | 25,8- Sobrepeso |
| N.L | Academia e corrida | Isquiotibial/Quadríceps | 26 | F | 1,80 | 60 | 18,5- Normal |
| R.N | Academia e corrida | Isquiotibial/Quadríceps | 28 | M | 1,85 | 76 | 22,2- Normal |

Legenda: M: masculino, F: feminino, m: metros, Kg: quilograma, IMC: Índice de massa corporal

Fonte: O autor, 2018

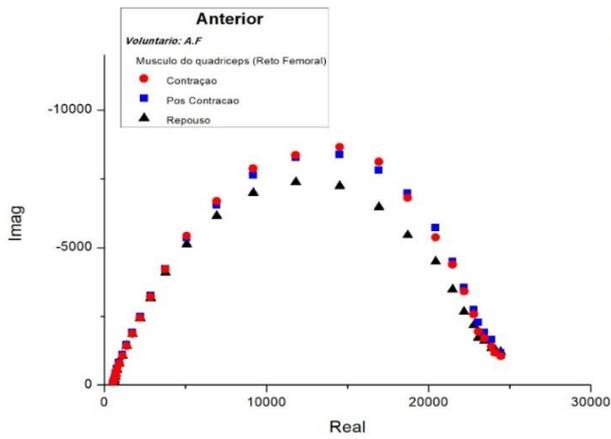
Figura 19 - Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 3 (academia e corrida).



11

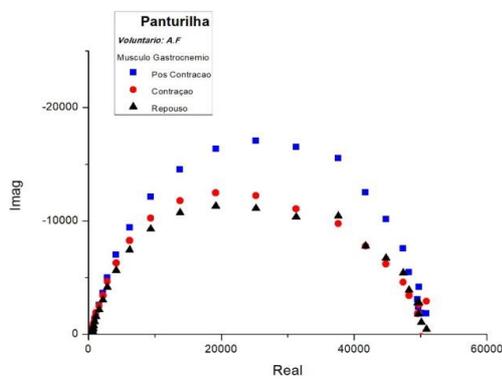
Idade:27

Fonte: O autor, 2018



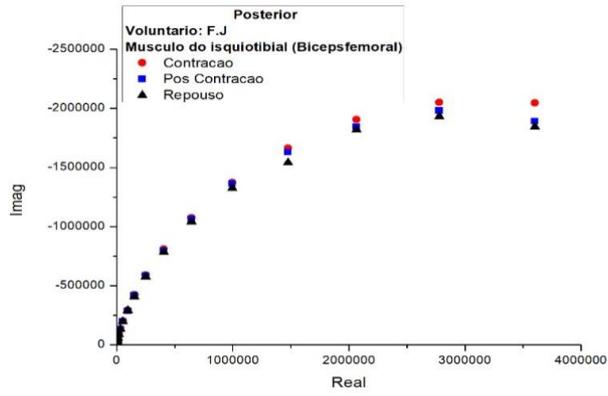
12

Fonte: O autor, 2018



13

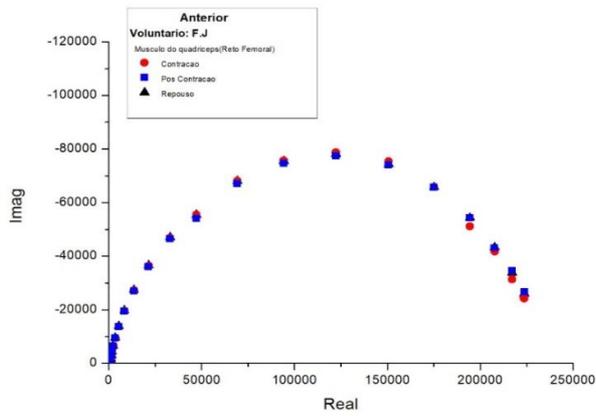
Fonte: O autor, 2018



J1

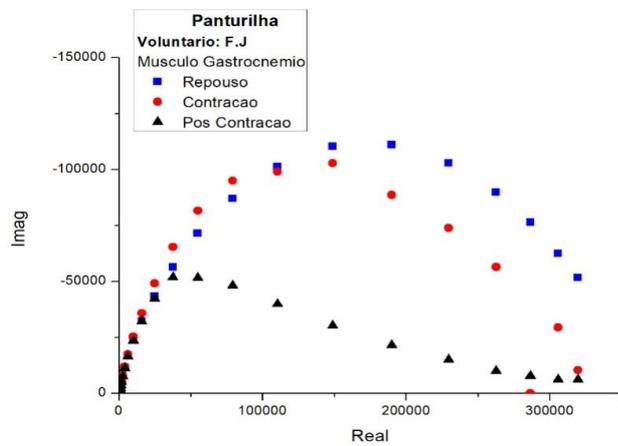
Idade:28

Fonte: O autor, 2018



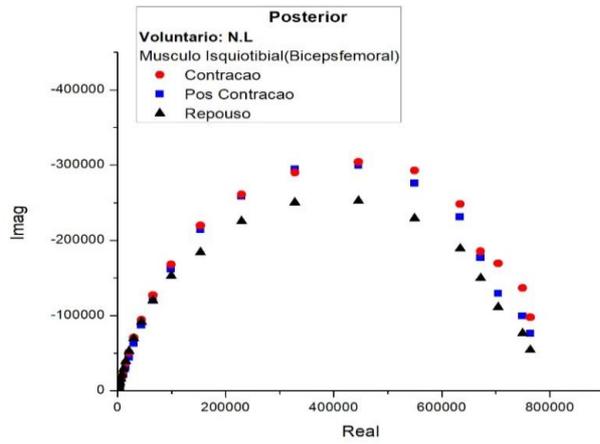
J2

Fonte: O autor, 2018



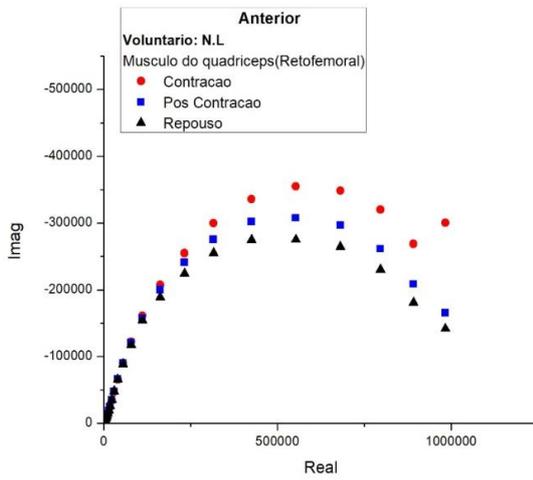
J3

Fonte: O autor, 2018



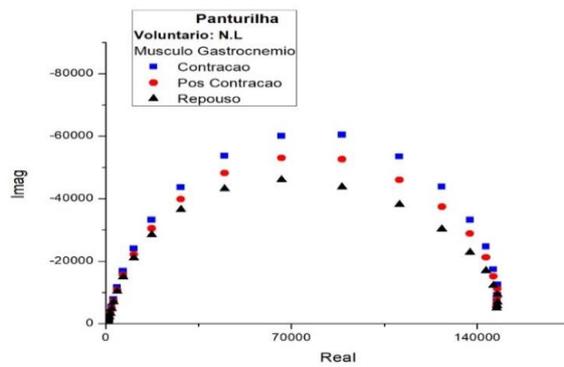
K1 Idade:26

Fonte: O autor, 2018



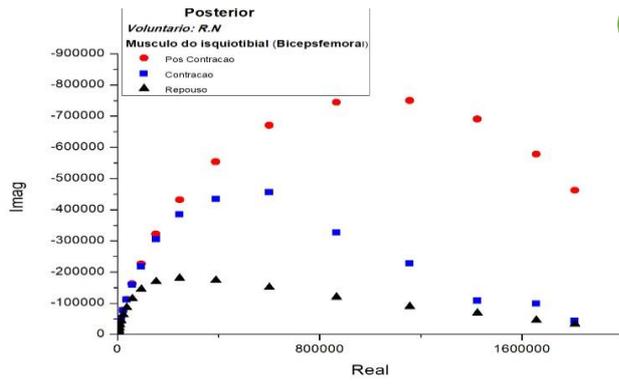
K2

Fonte: O autor, 2018



K3

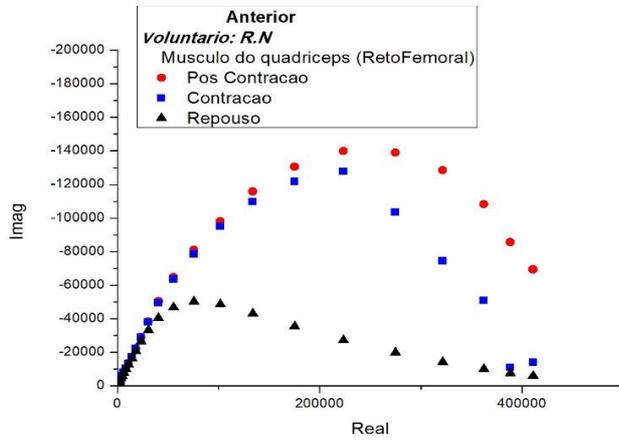
Fonte: O autor, 2018



M1

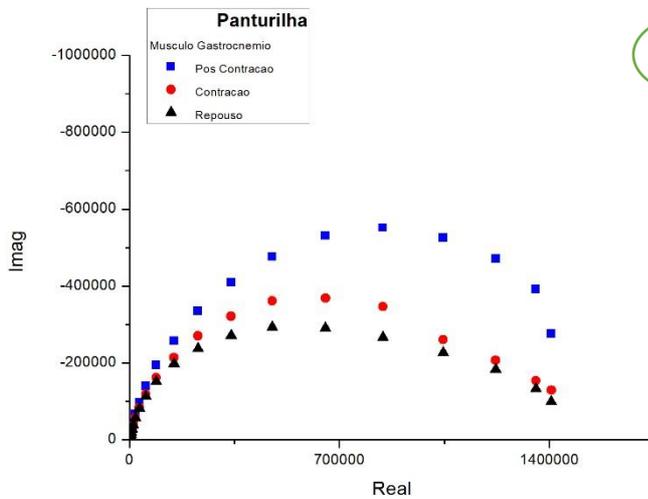
Idade:28

Fonte: O autor, 2018



M2

Fonte: O autor, 2018



M3

Fonte: O autor, 2018

Por último, o grupo 4-formado por atletas, nos quais nota-se um perfil de valores mais baixos de impedância, associado ao padrão esperado de ordem das curvas nas musculaturas do isquiotibial e quadríceps.

Os atletas têm valores relativamente altos de água intracelular, em virtude de apresentarem uma maior massa isenta de gordura, baixa massa gorda e altos níveis de glicogênio no musculoesquelético. Estes elevados níveis de glicogênio muscular promovem uma maior retenção de água intracelular devido à pressão osmótica exercida pelos depósitos de glicogênio (carboidrato reserva) no sarcoplasma do músculo. A ingestão diária de água deve ser equilibrada consoante a sua perda a fim de manter a homeostasia corporal. O déficit hídrico compromete a capacidade do corpo em manter a homeostasia durante as eventuais perturbações no exercício físico a que pode estar sujeito (NOUJEIMI, 2012).

Ferreira et al. (2010) reforçam a ideia de reposição nutricional em treinamentos e provas de longa duração, assim como a importância da hidratação, que deve ser constantemente realizada, visando à manutenção da homeostase hídrica, uma vez que um procedimento inadequado, ou mesmo sua ausência, promoverá o aparecimento de quadros de desidratação.

Na Figura 20 é possível perceber que o voluntário D.S apresenta no músculo quadríceps (O2), uma aparência que difere do delineamento do grupo, pois, é possível identificar (Figura 20) que o valor tanto de contração muscular quanto de pós contração muscular tiveram picos, seguido de uma queda repentina. Tal registro também foi possível ser identificado no voluntario R.O (Figura 20), no músculo do isquiotibial (Q1), onde a curva de contração diferiu das duas outras, se repetindo essa configuração no músculo quadríceps (Q2) na formação da curva de contração.

No mesmo grupo, o músculo gastrocnêmio (N3), assim como na maioria de todos os grupos citados anteriormente, não foi possível observar grandes modificações; no entanto, destaca-se que o voluntario C.L (Figura 20) teve um pico na curva de pós contração, associado a valores bem altos.

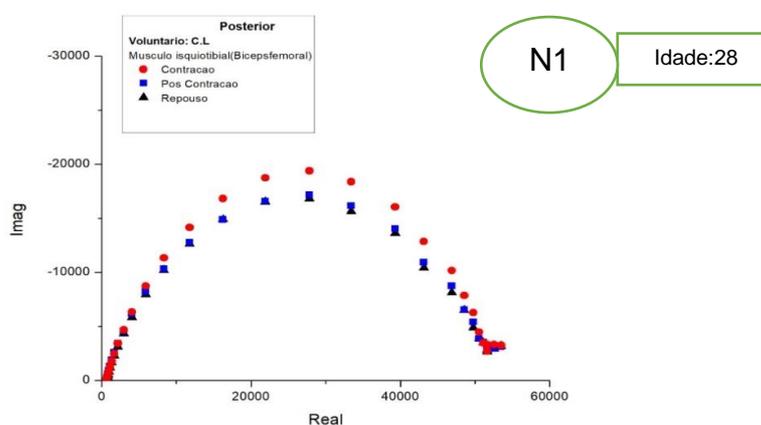
Tabela 5 - Distribuição do perfil dos indivíduos referente ao tecido muscular do grupo atletas.

| Voluntário | Grupo | Musculo com resposta padrão esperada | Idade (anos) | Sexo | Altura (m) | Peso (Kg) | IMC (Kg/m ²) |
|------------|---------|--------------------------------------|--------------|------|------------|-----------|--------------------------|
| C.L | Atletas | Isquiotibial/Quadríceps | 28 | M | 1,75 | 82 | 26,8- Sobrepeso |
| D.S | Atletas | Isquiotibial/Quadríceps | 32 | M | 1,88 | 85 | 24,0- Normal |
| E.R | Atletas | Isquiotibial/Quadríceps | 26 | M | 1,77 | 70 | 22,3- Normal |
| R.O | Atletas | Isquiotibial/Quadríceps | 30 | M | 1,77 | 80 | 25,5- Normal |

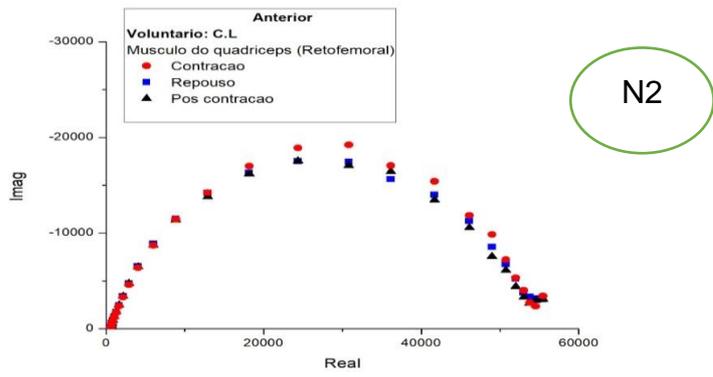
Legenda: M: masculino, m: metros, Kg: quilograma, IMC: Índice de massa corporal

Fonte: O autor, 2018

Figura 20 - Distribuição do espectro de impedância, referente ao tecido muscular de quatro indivíduos do grupo 4 (Atletas)

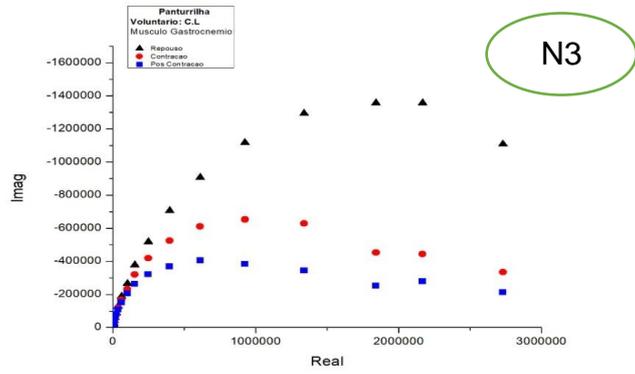


Fonte: O autor, 2018



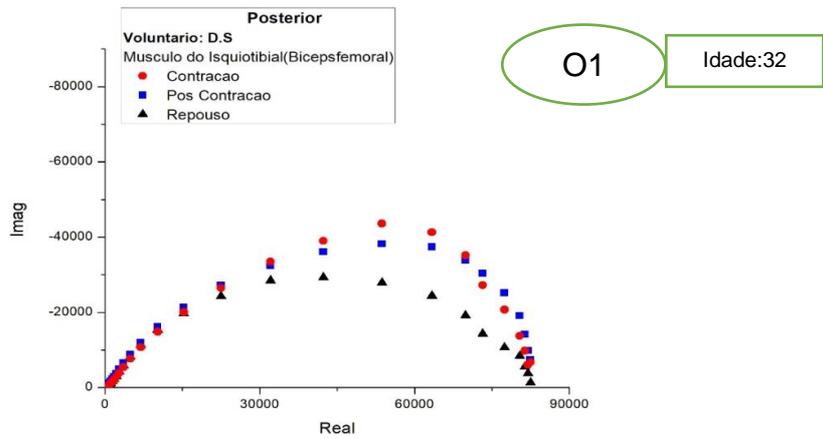
N2

Fonte: O autor, 2018



N3

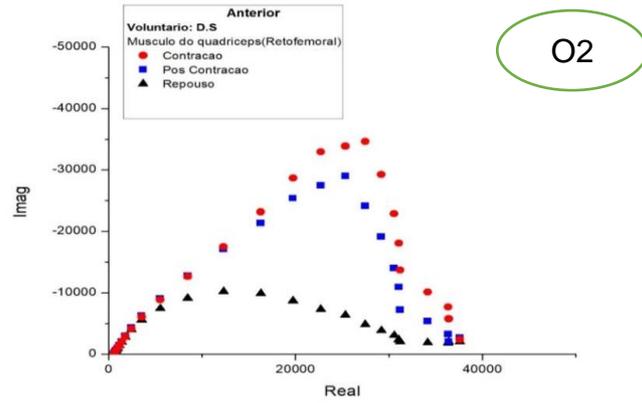
Fonte: O autor, 2018



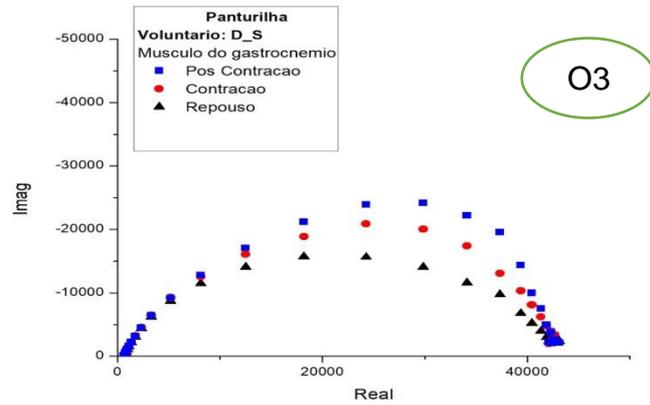
O1

Idade:32

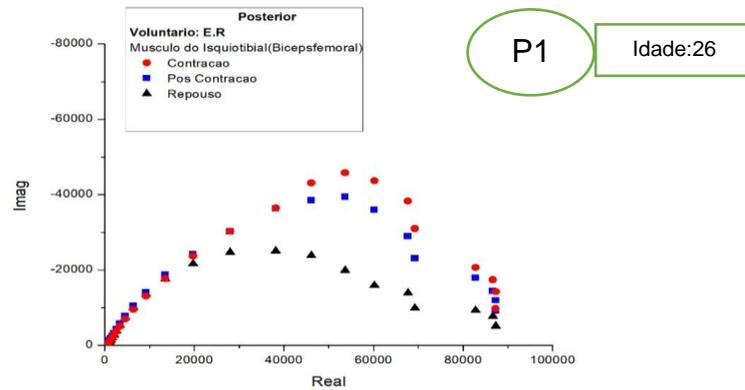
Fonte: O autor, 2018



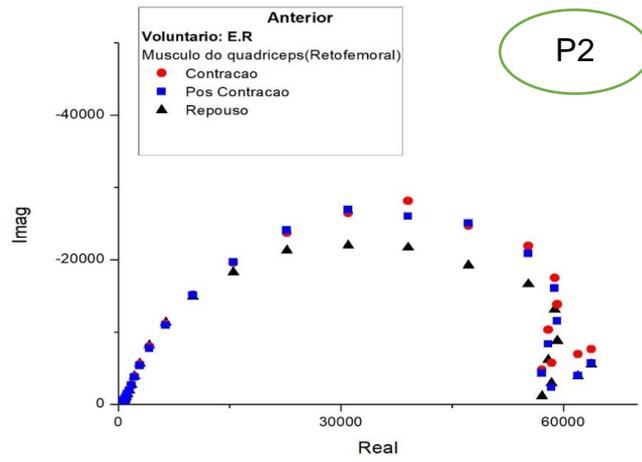
Fonte: O autor, 2018



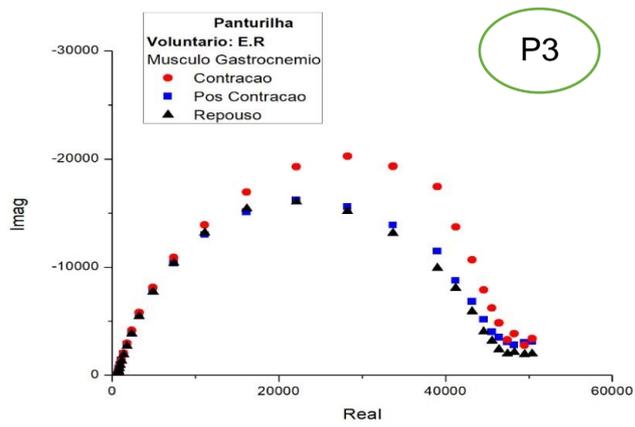
Fonte: O autor, 2018



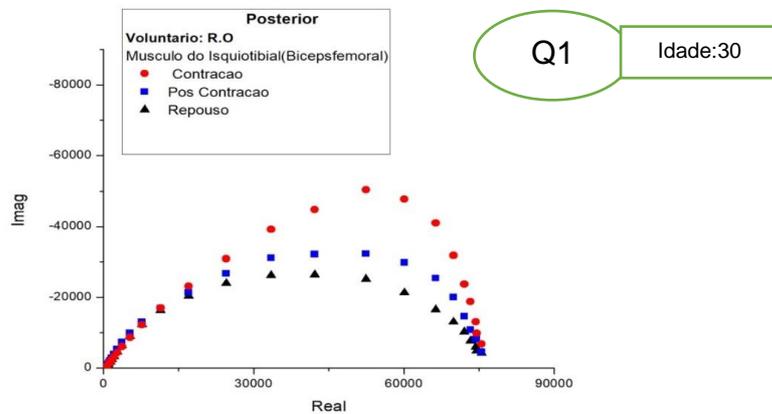
Fonte: O autor, 2018



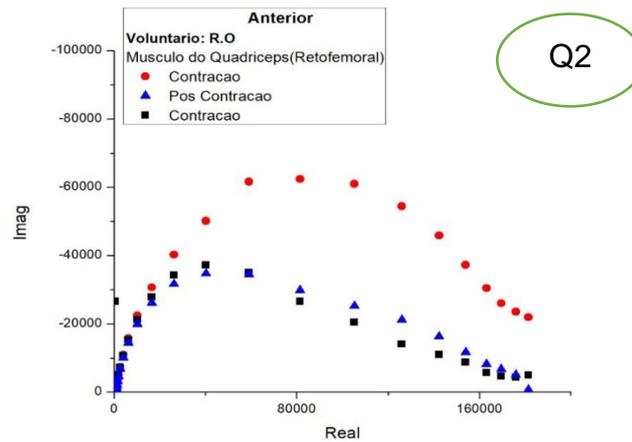
Fonte: O autor, 2018



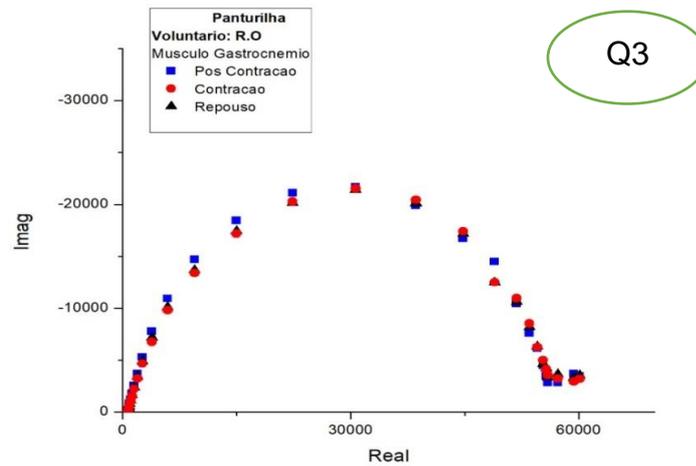
Fonte: O autor, 2018



Fonte: O autor, 2018



Fonte: O autor, 2018



Fonte: O autor, 2018

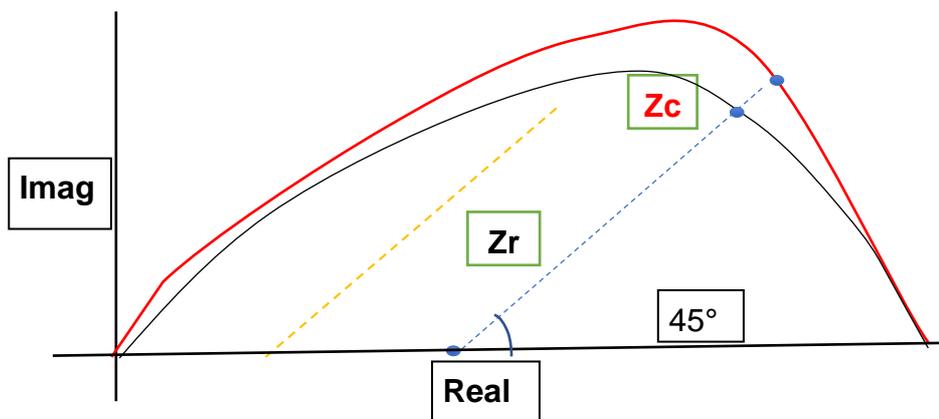
5.5 Propostas de avaliações quantitativas

Nesta parte do trabalho, procuramos desenvolver formas de avaliação que permitam ao leigo sobre Espectroscopia por Impedância Bioelétrica, a avaliação de musculatura usando esta técnica. De forma geral, as curvas dos espectros apresentados até agora, mostram um comportamento qualitativo que se repete para quase 90% dos experimentos. Observando esta assinatura qualitativa, vamos propor a definição de quatro índices que tentam extrair este comportamento qualitativo, de

forma mais quantitativa. Para tanto, vamos considerar apenas os dois espectros com a musculatura relaxada (subíndice r) e contraída (subíndice c).

Para a definição das quantidades que serão utilizadas, considere a figura 21 que ilustra dois espectros hipotéticos com apenas estas duas curvas: a curva em cor preta, com musculatura relaxada e a curva em cor vermelha, com musculatura contraída.

Figura 21 - Ilustração de espectros de impedância bioelétrica de um músculo hipotético.



Fonte: O autor, 2018.

Visto que ainda não nomeamos os índices que serão propostos, vamos designá-los com letras maiúsculas:

Índice A

O índice A é definido como a razão $I_A = \frac{Z_c - Z_r}{Z_r}$. Onde:

Z_c é o comprimento do segmento que liga o ponto médio do eixo real a um ponto da curva de contração muscular;

Z_r é o comprimento do segmento que liga o ponto médio do eixo real a um ponto da curva de repouso muscular.

O ponto médio no eixo real é o comprimento do ponto de encontro das curvas, do lado direito dos espectros, dividido por dois, visto que as curvas tendem a zero do lado esquerdo dos espectros.

No exemplo da figura 26, o ângulo entre os segmentos e o eixo da parte real da impedância, foi escolhido como sendo 45°. Esta escolha foi arbitrária e claramente

a sensibilidade do índice depende dela, portanto uma definição precisa do ângulo depende de vários testes com diferentes ângulos.

Índice B

O índice B é definido como a razão $I_B = \frac{A_c - A_r}{A_r}$. Onde:

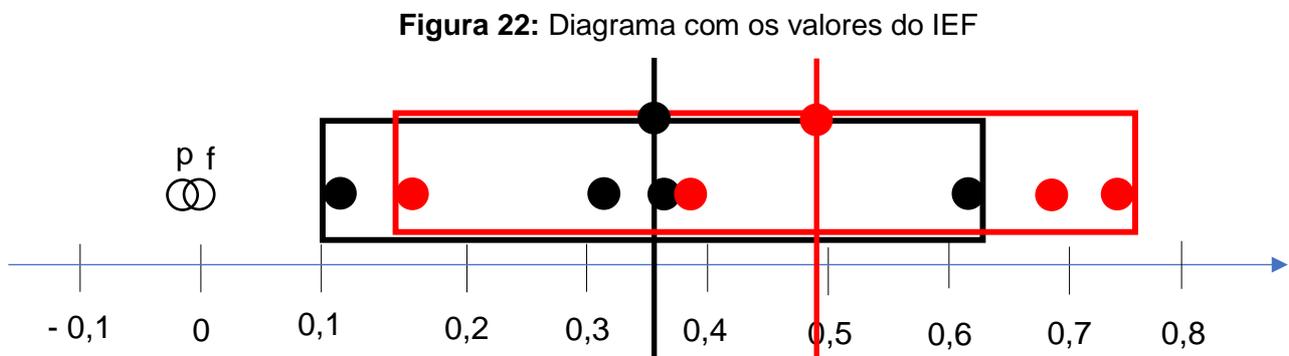
A_c é a área sob a curva de contração muscular;

A_r é a área sob a curva de repouso muscular.

Após vários testes preliminares, escolhemos explorar o índice B e aplicá-lo inicialmente a um conjunto reduzido de espectros dos grupos denominados sedentários e atletas, por estarem em situações extremas de preparação física. Além disso, escolhemos estudar os espectros do músculo posterior nos estados de relaxamento e contraído.

A partir deste ponto vamos chamar o índice B de Índice Eletrofisiológico (IEF). Após o cálculo do IEF, para todas as situações mencionadas acima, dispomos estes valores em um diagrama para melhor visualização dos resultados.

Figura 22: Diagrama com os valores do IEF. As cores, preta e vermelha, representam respectivamente os grupos de sedentários e atletas. Os círculos estão posicionados nos valores do IEF. Os retângulos delimitam as regiões de valores do IEF de cada grupo. As linhas verticais com um círculo no topo representam o valor médio dos IEFs de cada grupo.



Fonte: O autor, 2018

Adicionalmente, apenas para efeito de ilustração, grafamos os valores dos IEFs (círculos pretos vazados) medidos em dois indivíduos que não faziam parte dos

grupos mencionados até momento. Um indivíduo com fibromialgia (denotado por f) e outro que foi acometido por poliomielite (denotado por p). Visto que estas doenças afetam diferentes músculos em diferentes graus, as medições foram realizadas em músculos distintos daquele medido nos grupos sedentários e atletas. Nos dois casos, o IEF são praticamente nulos e no caso do indivíduo que foi vítima da poliomielite, o IEF chega a ser negativo.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs a utilização da técnica de espectroscopia por impedância bioelétrica (EIE), como um novo método para estudar a resposta elétrica de músculos sujeitos a condições específicas. Diferentemente da eletromiografia, na EIE aplica-se um sinal de excitação e mede-se um sinal resposta. Há na literatura científica um grande número de trabalhos onde se utiliza a eletromiografia para estudar o processo da fadiga muscular. Contudo, dependendo do pós-processamento dos sinais, as conclusões podem não ser concordantes. Este trabalho, introduz de forma pioneira e ainda preliminar, a utilização da EIE para avaliação muscular. O objetivo final, é levar até os médicos e fisioterapeutas do desporto, uma metodologia de avaliação muscular mais direta, minimizando a dependência de escolhas de pós-processamento.

As condições fisiológicas que planejavamos estudar estavam associadas ao nível de atividade física de atletas profissionais. Todavia não foi possível realizar este estudo. Em seu lugar foram estudados quatro grupos de indivíduos classificados por nível geral de atividade física. A técnica é capaz de detectar indivíduos com respostas musculares bem diferentes da maioria do grupo onde foram alocados.

Um resultado qualitativo importante é que para cerca de 90% dos indivíduos estudados, os espectros obtidos surgem na seguinte sequência: de cima para baixo, musculatura contraída, musculatura após contração e musculatura relaxada.

Os resultados preliminares revelam que a técnica pode ser uma ferramenta para fornecer informações sobre o estado eletrofisiológico de um músculo específico.

Os índices definidos têm o objetivo de contabilizar a discrepância entre a resposta com o músculo contraído e relaxado, armazenando esta informação em um único número. Os índices A e B foram construídos de forma a normalizar o resultado segundo cada indivíduo. Contudo, o índice A contabiliza a discrepância em uma frequência específica do sinal de excitação. O índice B, agora chamado de Índice Eletrofisiológico (IEF), foi escolhido para uma análise mais detalhada dos espectros e de algumas hipóteses. Ele foi escolhido por levar em conta a resposta do músculo em todas as frequências e por normalizar a resposta para cada indivíduo. Apesar desta escolha, acreditamos que o outro índice precisa ser testado pois ele pode revelar detalhes que o IEF não tenha sensibilidade para explicitar. Além disso, um

estudo com maior número de indivíduos é necessário para dar maior confiabilidade a nossas conclusões.

O diagrama da figura 22, mostrou que o IEF pode distinguir estados eletrofisiológicos de um dado músculo em diferentes indivíduos. Aparentemente, indivíduos com melhor preparação física exibem IEFs superiores àqueles que não têm um bom preparo físico. Em particular, há indicações de que aqueles indivíduos com baixo preparo físico ou mesmo alguma disfunção muscular que envolva o músculo medido, exibem valor de IEF próximo de zero ou mesmo negativo, como observado no diagrama os indivíduos “p” e “f”.

Porém, é importante ressaltar, que este é apenas o início de um campo que se abre, visto que, o atual estudo teve desafios e barreiras que dificultaram o processo de uma análise mais criteriosa, considerando ser o equipamento de análise de espectroscopia (potenciostato) de uso exclusivo do laboratório de polímeros não convencionais do Departamento de Física da UFPE, dificultando, assim, a busca de ampliar o número de amostras por grupo, classificar os voluntários por sexo e intervalos de faixa etária (30 – 40; 41 – 50 e 51 – 60 anos) por tratamento em cada grupo.

Portanto, conclui-se que o desenvolvimento de pesquisas na área em estudo, deve ser estimulado no meio acadêmico, para que se possa atribuir novos modelos e técnicas de acompanhamento a estes indivíduos, tanto na avaliação, quanto na prevenção a danos musculares, com possibilidades de ofertar uma melhor qualidade de vida para a população.

REFERÊNCIAS

- ABBIS C. R; LAURSEN P. B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. **Revista.Sports Medicine**;v. 35, p.865-98, 2005.
- ALVES, C. LIMA, R. V. B. Impacto da atividade física e esportes sobre o crescimento e puberdade de crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 26, n. 4, p. 383-91, 2008.
- ANDRADE L; et al. Prevenção da fadiga em atletas de alta performance: revisão de literatura. **XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**. 2011.
- BIGLAND R. B; JOHANSSON R; LIPPOLD O.C; SMITH S, WOODS J.J. Changes in motoneurone firing rates during sustained maximal voluntary contractions. **Journal Physiol**. Jul. v.340, p.:335-46, 1983.
- BRODIE, D; MOSCRIP, V; HUTCHEON R. Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, antropometry, and impedance methods. **Revista Nutrition**, v. 14, n.3, p.296-310, 1998.
- BURATTI, JUNIOR. **O nascer de novos talentos: o processo de seleção de talentos em um clube de futebol no Rio de Janeiro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) –Departamento de Educação Física, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2006.
- CARRIÇO, A. C; RUELA, A. M; NUNES, C; PINTO, J; SANTOS, J; SEMEDE, J. D. **Bioimpedância aplicada à análise da composição de tecidos**. 2008.
- CARVALHO, L. A. de; ANDRADE, A. R; BUENO, P.R. Espectroscopia de impedância eletroquímica aplicada ao estudo das reações heterogêneas em ânodos dimensionalmente estáveis. **Quím. Nova** v.29, n.4, São Paulo July/Aug. 2006.
- CHINAGLIA; D.L. GOZZI; G. ALFARO; R.A.M. HESSEL, R. Espectroscopia de impedância no laboratório de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, p. 4504, 2008.
- CORNISH K. M; CROSS G; GREEN A; WILLATT L; BRADSHAW J. M. A neuropsychological-genetic profile of atypical cri du chat syndrome: Implications for prognosis. **J Med Genet**, v. 36, p. 567-570. 1999.
- COSTA, M. M. **Vôlei de praia: configurações sociais de um esporte- espetáculo de alto rendimento no Brasil**. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade de Brasília, 2005.

CRUZ, R.; JUNIOR, A.; VIEIRA, T. Diagnóstico do overtraining em atletas de alto rendimento: revisão de literatura. **Revista Movimenta**, v.6., n.1, 2013.

DIEFENTHAELER F., VAZ, M.A. Aspectos relacionados à fadiga durante o ciclismo: uma abordagem biomecânica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.14, p.472-477, 2008.

DIEFENTHAELER, F. **Atividade eletromiográfica e força muscular de membros inferiores durante o ciclismo até a exaustão em atletas competitivos**. 98f. TESE (Doutorado- Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

EDWARDS R. H., HILL, D.K., JONES, D.A., MERTON, P.A. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. **Journal Physiol.** v. 769, p. 778-272, 1997.

ELIAS, N.; SCOTSON, J. L. **Os estabelecidos e os outsiders: sociologia das relações de poder a partir de uma pequena comunidade**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, p. 224. 2000.

FERNANDES, A. L.; LUZ, E. F. L.; DINIZ, M. C. C. **Atuação do potássio na fadiga muscular**. Livro de Memórias do VI Congresso Científico Norte-nordeste – CONAFF. 2008.

FERREIRA, F. G; ALVES, K; COSTA, N. M; SANTANA A. M; MARINS J. C. Efeito do Nível de Condicionamento Físico e da Hidratação Oral sobre a Homeostase Hídrica em Exercício Aeróbico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte** – Vol. 16, N 3 – Mai/Jun, 2010.

FERREIRA; A. Composição corporal na desnutrição causada por câncer e doenças benignas do aparelho digestivo. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**. [online], v.26, n.1, p.7-10. 1999.

FERRERA, H.; MORO, N.. Movimento repetitivo e fadiga muscular. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**. v. 10, n. 2, 2011.

GRIMNES S, MARTINSEN O.G. Sources of error in tetrapolar impedance measurements on biomaterials and other ionic conductors. **Journal Phys D: Appl Phys**. Jan 7; v. 40 n. 1. 2007.

GUIRRO, E. C. de O.; GUIRRO, R. **Fisioterapia dermatofuncional: fundamentos-recursos-patológicos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2002.

HELAL, R. et al. Futebol. In: DACOSTA, L. P. **Atlas do esporte no Brasil**. Rio de Janeiro: Shape, p. 257-259 2005.

IRWIN, J. D. **Análise de circuitos em engenharia**. 4. ed. São Paulo: Makron. p. 848, 2000.

JØDAL, L. **Lecture notes on Electrical theory behind the measurement of body fluids with bioimpedance spectroscopy (BIS) with applications to measurement device 4200 HYDRA ECF/ICF Bio-Impedance Spectrum Analyzer from Xitron Technologies**. 2010.

JOHNSON, D. E.; HILBURN, J. L.; JOHNSON, J. R. **Fundamentos de análise de circuitos elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Prentice Hall do Brasil, 1994.

KICKHÖFEL, E. A ciência visual de Leonardo da Vinci: notas para uma interpretação de seus estudos anatômicos. **Revista scientiæ zudia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 319-55, 2011.

KUMAR, S. Fadiga muscular localizada: revisão de três estudos. **Revista Brasileira de fisioterapia** v. 10 n. 1: p. 9-28. 2006.

KYLE U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. **Revista de Nutrição Clínica**. V. 23 n. 5. p. 1226-43. 2004.

LASIA, A. J. Nature of the two semi-circles observed on the complex plane plots on porous electrodes in the presence of a concentration gradient. **Journal Electroanal Chem**. 2001.

MARTINSEN, Ø. G. **Bioimpedance**. In: METIN AKAY (Ed). Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering. John Wiley & Sons, p. 438- 447. 2006.

MCARDLE, W.D.; KATCH F. I.; KATCH, V. I. **Fundamentos de fisiologia do exercício**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 4 ed. 2002.

MENDES JÚNIOR; OKIDA S; STEVAN,J. **Principais Conceitos Relacionados Ao Método De Bioimpedância**. Semana de Eletrônica e Automação – SEA 2014.

MERLETTI R. L. O. CONTE, R. L. Surface EMG Signal Processing During Isometric Contractions. **Journal Electromyogr Kinesiol**. p. 250-71997.

MORAIS, A. P. de. **Detecção de Lesões de Cárie por Bioimpedância**. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MOUAD, M. **Validação da bioimpedância elétrica por multifrequência na determinação da massa gorda, massa isenta de gordura e osso e conteúdo**

mineral ósseo em atletas. Dissertação (Dissertação em exercício da saúde) - Universidade Técnica de Lisboa. 2013.

NEVES E. B, PINO A. V, ALMEIDA R. M. V.R de, SOUZA M. N de. Knee bioelectric impedance assessment in healthy/with osteoarthritis subjects. **Physiol Meas.** 2010.

NOAKES T. D, CLAIR G. A. Logical limitations to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. **Brit J Sport Med.** 2004.

NOUJEIMI, F. **Avaliação da Água Corporal Total e seus Compartimentos em Atletas de Elite por Espectrometria de Impedância.** Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. 2012.

ORGAN, L. W. BRADHAM G. B, GORE D. T, LOZIER S. L. Segmental bioelectric impedance analysis: Theory and application of a new technique. **Journal of Applied Physiology.** 1994.

RAGHEB T; RIEGLE S; GEDDES L. A, AMIN V. The impedance of a spherical monopolar electrode. **Ann Biomed Eng.** ;v. 20 p. 617–27. 1992.

ROCHA, H P. Et al. Jovens esportistas: profissionalização no futebol e a formação na escola. **Revista de Educação física.** (Online) vol.17 no.2 Rio Claro Apr./June 2011.

ROCHA, H. P. et al. Jovens esportistas: profissionalização no futebol e a formação na escola. **Motriz**, v. 17, n. 2, p. 52-263, 2011.

RONDELLI, R. R. S. CORSO; A. SIMÕES; C. MALAGUTI. H. Métodos de avaliação da fadigabilidade muscular periférica e seus determinantes energético-metabólicos na DPOC. **J. bras. pneumol.** vol.35 n.11 São Paulo Nov. 2009.

RUTKOVE S. B. Electrical impedance myography: Background, current state, and future directions. **Muscle Nerve.** V. 40 n. 6. p: 936–46. 2009.

SANTOS, M.; SEMEGHUINI T.; AZEVEDO F.; COLUGNATI D.; FILHO R.; ALVES N.; ARIDA R. Análise da Fadiga Muscular Localizada em Atletas e Sedentários Através de Parâmetros de Frequência do Sinal Eletromiográfico. **Revista Brasileira Med. Esporte**, v. 14 n. 6 p:509-512.

SILVA, B.; MARTINEZ, F.; PACHECO, A.; PACHECO, IVAN. K. Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** Vol. 12, N 2. 2006.

SPIEKER AJ; NARAYANASWAMI P; FLEMING L; KEEL JC; MUZIN SC; RUTKOVÉ SB. Electrical Impedance Myography in the Diagnosis of Radiculopathy. **Muscle Nerve**. 2013.

TAVANO, O. FREITAS, J. A. S.; LOPES, E. S. Greulich & Pyle e Tanner & Whitehouse: comparação entre duas tabelas de avaliação de idade biológica através do desenvolvimento ósseo. **Revista de Pediatria Clínica**, v. 6, p. 7-21, set./out. 1982.

THIRY-CHERQUES; H. ROBERTO, P. BOURDIEU: a teoria na prática. **Revista de Administração Pública** vol.40 no.1 Rio de Janeiro Jan./Feb. 2006.

THOMAS E. L. et al. Magnetic resonance imaging of total body fat. **J Appl Physiol**. V. 85 p. 1778–1785. 1998.

URIBE, G. **Impedância elétrica do Musculo Adutor do Polegar e avaliação nutricional clínica em pacientes hospitalizados**. Tese (Mestrado em Engenharia biomédica). Instituto Luiz Alberto Coimbra de Pós-Graduação e pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

WOLEGE R. C., Possible effects of fatigue on muscle efficiency. **Revista Acta Physiol Scand**. 1998.

ZHU F; KUHLMANN M. K; KOTANKO P; SEIBERT E; LEONARD E. F; LEVIN N. W. A method for the estimation of hydration state during hemodialysis using a calf bioimpedance technique. **Physiol Meas**. 2008.

APÊNDICE A

- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “Monitorização de fadiga muscular em atletas de alto rendimento pela técnica de Espectroscopia de impedância elétrica”, sob a responsabilidade do pesquisador graduado em Fisioterapia e pós-graduando em engenharia biomédica Thiago Daniel Eloi da Hora.

Local de realização do estudo: O estudo será realizado na Universidade Federal de Pernambuco, na área II, localizado na Av. da Arquitetura - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540.

As informações seguintes serão fornecidas para esclarecimento da sua participação como voluntário no estudo de base acadêmica e científica, no qual o objetivo da pesquisa é identificar parâmetros antes da exaustão e instalação da fadiga muscular.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, o participante poderá entrar em contato com: (Thiago Daniel Eloi da Hora, Telefone (3446-9352 e 9.9539-9664) e através do endereço Universidade Federal de Pernambuco - Av. da Arquitetura - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540). Poderá também entrar em contato com o CEP - Comitê de Ética da UFPE pelo Endereço: Av. das Engenharias, s/n. prédio do CCS - 1º andar, sala 4.

Descrição do estudo: Nesta pesquisa buscamos entender os processos que desencadeiam e que levam a instalação da fadiga muscular em sedentários, praticantes de atividade esportiva e atletas futebolistas através da monitorização de fadiga muscular em atletas de alto rendimento pela técnica de espectroscopia de impedância elétrica. Os atletas avaliados serão aqueles que participaram de um treinamento, apresentando certo grau de exaustão, sendo convidados para o estudo à pedido do pesquisador Thiago Daniel Eloi da Hora.

O estudo será realizado por meio de uma avaliação com o preenchimento de um questionário (Apêndice), formados por perguntas subjetivas e objetivas, além de uma avaliação postural estática. Logo após será executado um protocolo prático de aquecimento seguido de exercício.

Objetivo do estudo: Analisar o comportamento muscular e monitorar a fadiga pela técnica de espectroscopia elétrica.

Riscos e Desconforto: O presente estudo oferece riscos aos atletas voluntários, pois os mesmos podem apresentar alterações hemodinâmicas, ou sentirem-se constrangidos ao serem submetidos a responder ao questionário com informações de caráter pessoal se expondo a indivíduos desconhecidos ou até mesmo a possibilidade mínima de ocorrer extravios de algum dado do questionário, pois ficarão arquivados em pastas no computador e e-mail do pesquisador.

Para reduzir os riscos de desconforto hemodinâmicos dos pacientes será realizado aferição da pressão arterial a cada teste realizado, minimizando assim o risco de tais modificações e para moderar os possíveis constrangimentos o nome do paciente será mantido em sigilo utilizando somente as iniciais e esse dado serão acesso exclusivo dos pesquisadores além do que a sala da entrevista será reservada apenas aos pesquisadores ficando a critério dos voluntários a presença de acompanhantes.

Os voluntários receberão como benefício sessões de fisioterapia com condutas que tem objetivo de identificar possíveis situações que a fadiga muscular pode causar, além de explicações sobre esse fenômeno, oferecendo dessa forma uma melhor qualidade de vida. Além disso, o estudo irá beneficiar a população em geral e a comunidade científica, pois os dados do estudo servirão de alerta para minimizar o aparecimento da fadiga muscular bem como auxiliar na prevenção e tratamento da mesma.

Confidencialidade: As informações dos voluntários serão analisadas e estudadas sem divulgação e comprometimento da identidade. Os pesquisadores estão cientes de que os dados coletados serão usados exclusivamente para o estudo.

Participação voluntária / retirada: Caso aceite participar desse estudo fica garantido que poderá desistir a qualquer momento sendo necessário informar aos idealizadores da pesquisa a decisão tomada da maneira que melhor convir, e que sua recusa não terá prejuízo algum ao estudo. Não haverá qualquer tipo de despesa financeira e nem compensação relacionada à sua participação.

Devolução dos resultados: A devolução dos resultados será feita após a realização do programa da avaliação dos dados, e registros armazenados, através de um resumo em papel que possa mostrar de forma simples os resultados e conclusões

obtidas com o tratamento, que serão enviados ao Comitê de Ética e expostos através de apresentação verbal em sala designada na Universidade Federal de Pernambuco.

CONSENTIMENTO DO VOLUNTÁRIO:

Li e entendi as informações procedentes descritas neste estudo, e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas satisfatoriamente. Dou livremente meu consentimento para participação no estudo, até que decida o contrário.

Assinando este termo de consentimento, concordo, em duas vias, com a minha participação nesse estudo e não abro mão de nenhum dos direitos legais que ele teria de outra forma.

Recife, _____ de _____ de 2017.

Nome do Paciente Assinatura

Nome da Testemunha Assinatura

Responsável pela Pesquisa Assinatura

APÊNDICE B
-EXAME FÍSICO

Avaliação postural estática:

Vista anterior

Pés: () Normal () Planos () Cavos () Valgos () Varos

Joelhos: () Normal () Valgos () Varos

Quadril () Simétrico () Desnívelamento D () E ()

Coluna triangulo de Thales () Normal () Assimétrico

Ombros () Simétricos () Esquerdo mais elevado () Direito mais elevado

Cabeça () Normal () Inclínada a Direita () Inclínada a Esquerda () Rodada a D ()
Rodada a E

Vista lateral

Joelhos: () Normal () Recurvatum () Genoflexus

Coluna/quadril: () Normal () Retificação lordose lombar () Retificação lordose
cervical

Cabeça () Normal () Anteriorizada () Posteriorizada

Vista posterior

Pés () Normal () Planos () Cavos () Valgos () Varos

Joelhos () Normal () Valgos () Varos

Quadril () Simétricos () Desnívelamento D () Desnívelamento E

Ombros () Simétricos () Esquerdo mais elevado () Direito mais elevado Cabeça

Cabeça () Normal () Inclínada a Direita () Inclínada a Esquerda () Rodada a D ()
Rodada a E

ANEXO A
- QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA

Nome: _____

Data de Nascimento: ____/____/____ Profissão:

Tel.: _____ Email: _____

Em caso de emergência, avisar:

() Atleta - Modalidade: _____

Questionário de Prontidão para Atividade Física

(PAR-Q “Physical Activity Readness Questionnaire”).

1. O seu médico já lhe disse alguma vez que você tem um problema cardíaco? ()
SIM () NÃO
2. Você tem dores no peito com frequência? () **SIM () NÃO**
3. Você desmaia com frequência ou tem episódios importantes de vertigem? ()
SIM () NÃO
4. Algum médico já lhe disse que a sua pressão arterial estava muito alta? () **SIM**
() NÃO
5. Algum médico já lhe disse que você tem um problema ósseo ou articular, como,
por exemplo, artrite, que se tenha agravado com o exercício ou que possa
piorar com ele? () **SIM () NÃO**
6. Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga
um programa de atividade física, mesmo que você queira? () **SIM () NÃO**

1. **Algum médico disse que você tinha alguma restrição à prática de atividade física (inclusive cirurgia)?**

_____ não _____ sim

Por favor, explique:

2. **Você fuma?** _____ não _____ sim _____ cigarros por dia _____ charutos por dia
_____ cachimbos por dia.

3. **Você ingere bebidas alcoólicas?** _____ não _____ sim
_____ 0-2 doses/semana _____ 3-14 doses/semana _____ mais de 14 doses/semana

Nota: uma dose é igual a 28,3g de licor forte (cálice de licor), 169,8g de vinho (taça de vinho), ou 339,6g de cerveja (caneca de chope)

4. **Atualmente você tem se exercitado pelo menos 2 vezes por semana, por pelo menos 20 minutos?**

_____ não _____ sim

A. Se sim, por favor, especifique: _____ corrida _____ esporte de raquete

_____ caminhada vigorosa

_____ bicicleta _____ levantamento de peso

_____ aeróbica _____ natação

_____ outro (especifique) _____

B. Total de minutos dispendidos em **atividades/treino** por semana:

_____ 40-60 minutos/semana

_____ 61-80 minutos/semana

_____ 81-100 minutos/semana

_____ 100 ou mais minutos/semana

5. **Quantos torneios na modalidade esportiva que atua você disputa por ano?**

6. **Qual seu membro de dominância?** _____

7. **Qual sua posição tática no time?** _____

8. **Você mediu sua taxa de colesterol no ano passado?**

_____ não

_____ sim – acima de 200

_____ sim – abaixo de 200

_____ sim – não sabe o valor

9. Você come alimentos dos 4 maiores grupos alimentares (carne ou seus substitutos, vegetais, grãos, e leite ou seus derivados)? _____ não
_____ sim

10. Sua dieta tem alto teor de gordura saturada? _____ não _____ sim

11. Desde os 21 anos, qual foi o maior e o menor peso que você já teve?
_____ maior _____ menor _____ sem mudança

12. Verifique a descrição que melhor representa a quantidade de estresse que você tem durante um dia normal:

_____ sem estresse _____ estresse leve ocasional _____ estresse moderado
frequente

_____ estresse elevado frequente _____ estresse elevado constante

Declaro a precisão de todas as informações acima fornecidas, comprometendo-me a avisar este departamento em caso de alguma alteração que possa comprometer a prática das atividades físicas recomendadas.

PE ____/____/____
