



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

RAIANA FERNANDA DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EXCITABILIDADE ELÉTRICA NEUROMUSCULAR EM  
PACIENTES COM HANSENÍASE**

Recife

2018

RAIANA FERNANDA DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EXCITABILIDADE ELÉTRICA NEUROMUSCULAR EM  
PACIENTES COM HANSENÍASE**

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

**Área de concentração:** Bioengenharia.

**Orientador:** Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Recife  
2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

S237a Santos, Raiana Fernanda da Silva.  
Avaliação da excitabilidade elétrica neuromuscular em pacientes com  
hanseníase / Raiana Fernanda da Silva Santos – Recife, 2018.  
83 f.: fig., gráfs., abrev. e siglas.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2018.  
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia Biomédica. 2. Hanseníase. 3. Eletromiografia. 4.  
Eletroestimulação. I. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti (Orientador). II.  
Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.)

BCTG / 2020-96

RAIANA FERNANDA DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EXCITABILIDADE ELÉTRICA NEUROMUSCULAR EM  
PACIENTES COM HANSENÍASE**

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

Aprovada em: 17/09/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Renato Araújo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Danielle Christine Moura dos Santos (Examinador Externo)  
Universidade de Pernambuco

Dedico esse trabalho aos meus pais por todo esforço, investimento e educação a mim ofertados.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais por abdicarem dos interesses próprios para me proporcionar a melhor educação e apoio, independente de qualquer circunstância. A vocês, minha eterna gratidão.

Obrigada ao GPEB, juntamente com a Universidade Federal de Pernambuco, pelo acolhimento nesses dois anos e pelos conhecimentos e oportunidades que me foram confiados. Ao Prof. Dr. Marco Aurélio por me orientar e compreender os momentos de ausência por ter que conciliar o mestrado com o trabalho paralelo.

Gratidão aos meus amigos por compreenderem os momentos de afastamento para me dedicar as demandas do mestrado. Um agradeco especial a Leandro Lima, por todos os conselhos e ensinamentos enquanto executava o trabalho. À Luisa, Larissa e Ari pelos momentos de apoio e incentivo.

## RESUMO

No Brasil, a Hanseníase representa relevante importância na Saúde Pública por apresentar coeficientes de incidência e prevalência acima dos parâmetros internacionais estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). O bacilo causador da doença possui predileção pelo sistema nervoso periférico, que atinge as células responsáveis pela condução nervosa, provocando sua desmielinização e reduzindo a velocidade dos impulsos nervosos. O diagnóstico é essencialmente clínico, realizado através de testes de sensibilidade, no entanto, pode haver dificuldade de aplicação e interpretação, uma vez que são autorreferidos. Quando diagnosticada tardiamente, gera graves incapacidades físicas, o que reflete psicologicamente na vida do paciente. Existem poucos estudos relacionados a excitabilidade elétrica neuromuscular em paciente com hanseníase. Assim, o estudo propôs uso da eletromiografia associada a eletroestimulação como ferramenta para auxiliar no diagnóstico inicial da doença. Foram selecionados pacientes, em atendimento no Hospital Otávio de Freitas, localizado em Recife – PE, com o diagnóstico confirmado e que apresentassem manchas características da doença. Testes foram realizados dentro e fora das manchas e detectaram diferença da condução nervosa entre as áreas e assim, comprovou de modo quantitativo a diminuição de sensibilidade no local afetado. Desta forma, espera-se contribuir para o diagnóstico precoce e preciso da doença.

Palavras-chave: Hanseníase. Eletromiografia. Eletroestimulação.

## **ABSTRACT**

In Brazil, the Hansen's disease is of great relevance for the Public Health because it presents incidence and prevalence coefficients above the international parameters established by the World Health Organization (WHO). The bacillus that causes the disease has a predilection for the peripheral nervous system, where it reaches the cells responsible for nerve conduction, causing their demyelination and reducing the speed of nerve impulses. The diagnosis is essentially clinical and performed through sensitivity tests, however, there may be difficulty of application and interpretation, since they are self-referenced. When diagnosed late, it can cause severe physical disabilities, which reflects psychologically in the patient's life. There are just a few studies related to neuromuscular electrical excitability in leprosy patients. Thus, this study proposes the use of electromyography associated with electrostimulation as a tool to assist the initial diagnosis of the disease. Patients with a confirmed diagnosis and presenting characteristic skin patches of the disease were selected at the Otávio de Freitas Hospital, located in Recife, Brazil. Tests were performed inside and outside the spots and detected differences in nerve conduction between the areas and thus, quantitatively proved the decrease of sensitivity at the affected site. In this way, it is hoped to contribute to the early and accurate diagnosis of the disease.

**Keywords:** Leprosy. Electromyography. Electrostimulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Manifestações de Hanseníase Indeterminada .....	21
Figura 2 –	Manifestações de Hanseníase Tuberculóide .....	22
Figura 3 –	Manifestações de Hanseníase Dimorfa .....	23
Figura 4 –	Tipos de Manifestação de Hanseníase Virchowiana.....	24
Figura 5 –	Teste de sensibilidade térmica com tudo de ensaio .....	26
Figura 6 –	Teste de sensibilidade dolorosa .....	26
Figura 7 –	Teste de sensibilidade tátil.....	27
Figura 8 –	Condução saltatória .....	37
Figura 9 –	Diagrama representando um fuso muscular .....	39
Figura 10 –	Exemplo de sinal EMG com razão sinal/ruído .....	46
Figura 11 –	Circuito do Filtro Passa .....	47
Figura 12 –	Circuito do filtro Passa baixa .....	47
Figura 13 –	Funcionamento do filtro Rejeita banda .....	48
Figura 14 –	Circuito do filtro Passa banda .....	49
Figura 15 –	Aparelhos utilizados na coleta de dados .....	53
Figura 16 –	Software <i>Reability</i> .....	57
Figura 17 –	Mancha hipocrômica em músculo grande dorsal .....	61
Figura 18 –	Manchas hipocrômicas em músculo do trapézio .....	63
Figura 19 –	Mancha avermelhada em músculo vasto medial .....	64
Figura 20 –	Mancha avermelhada e com infiltração em músculo obliquo externo.....	66
Figura 21 –	Manchas avermelhadas em músculos romboide e esplênio do pescoço.....	68
Figura 22 –	Mancha em músculo tibial anterior da perna direita .....	69
Figura 23 –	Mancha com centro irregular e anestésica em músculo tibial anterior da perna esquerda.....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Taxa média de detecção de casos novos de hanseníase (por 100 mil habitantes) segundo sexo, e faixa etária, Brasil, 2012 a 2016 .....	32
Gráfico 2 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 1 .....	61
Gráfico 3 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 2.....	63
Gráfico 4 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 3.....	65
Gráfico 5 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 4.....	53
Gráfico 6 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 5.....	66
Gráfico 7 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 6 .....	69
Gráfico 8 –	Análise do sinal eletromiográfico no paciente 7.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B	Borderline
D	Dimorfo
Eletromiografia	EMG
FES	Estimulação Elétrica Funcional
FNS	Estimulação Neuromuscular Funcional
HOF	Hospital Otávio de Freitas
I	Indeterminado
L	Lepramatoso
MB	Multibacilar
NMES	Estimulação Elétrica Neuromuscular
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Potencias de Ação
PAUM	Potenciais de Ação das Unidades Motoras
PB	Paucibacilar
PQT	Poliquimioterapia
SAGE	Sala de Apoio à Gestão Estratégica
SENIAM	Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles
SNC	Sistema Nervoso Central
T	Tuberculoide
V	Virchowiana
B	Borderline
D	Dimorfo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>17</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	17
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>4</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
4.1	HISTÓRIA DA HANSENÍASE .....	18
4.1.1	<b>A hanseníase no mundo</b> .....	18
4.1.2	<b>No Brasil</b> .....	18
4.2	ASPECTOS IMUNOPATOLÓGICOS DA HANSENÍASE .....	19
4.2.1	<b>Agente etiológico</b> .....	19
4.2.2	<b>Reservatório</b> .....	20
4.2.3	<b>Transmissão</b> .....	20
4.3	CLASSIFICAÇÃO E FORMAS CLÍNICAS DA HANSENÍASE .....	21
4.4	DIAGNÓSTICO DA HANSENÍASE.....	24
4.4.1	<b>Diagnóstico clínico</b> .....	25
4.4.2	<b>Diagnóstico Laboratorial</b> .....	27
4.5	ASPECTO TERAPÊUTICO DA HANSENÍASE .....	27
4.6	DADOS EPIDEMIOLÓGICOS DA HANSENÍASE .....	28
4.7	REAÇÕES HANSÊNICAS.....	32
4.8	NEUROPATIA DA HANSENÍASE .....	33
4.9	PROPRIEDADES ELETROFISIOLÓGICAS DOS NERVOS E MÚSCULOS.....	34
4.10	POTENCIAIS DE AÇÃO .....	35
4.11	NEURÔNIOS COMO CONDUTORES DE ELETRICIDADE.....	36
4.12	IMPULSOS AFERENTES PARA O SISTEMA NERVOSO CENTRAL .....	37
4.12.1	<b>Vias sensoriais</b> .....	38
4.13	CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS NERVOSAS AFERENTES.....	39
4.14	ELETROTERRAPIA .....	40
4.15	CORRENTES DE BAIXA FREQUÊNCIA .....	41
4.15.1	<b>Estimulação Elétrica Neuromuscular</b> .....	41
4.16	TIPOS DE EQUIPAMENTOS PARA A ELETROESTIMULAÇÃO .....	42

<b>4.16.1 Estimulação Elétrica Funcional (FES) ou Estimulação Neuromuscular Funcional (FNS)</b> .....	<b>43</b>
4.17 ELETROMIOGRAFIA .....	43
<b>4.17.1 Aquisição do sinal</b> .....	<b>44</b>
<b>4.17.2 Amplificadores</b> .....	<b>46</b>
<b>4.17.3 Filtros</b> .....	<b>49</b>
<b>4.17.4 Conversos análogo/digital</b> .....	<b>49</b>
4.18 ESTUDOS ELETROFISIOLÓGICOS NA HANSENÍASE.....	49
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>
5.1 TIPO E NATUREZA DO ESTUDO .....	51
5.2 LOCAL DO ESTUDO.....	51
5.3 PARTICIPANTES DO ESTUDO .....	52
5.4 COLETA DE DADOS.....	52
<b>5.4.1 Projeto Piloto</b> .....	<b>52</b>
<b>5.4.2 Aplicação em pacientes</b> .....	<b>56</b>
5.5 ANÁLISE DOS DADOS .....	56
5.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	59
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>60</b>
6.1 AQUISIÇÃO DE SINAIS .....	60
6.2 PROPOSTA DE EQUIPAMENTO .....	71
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>75</b>
<b>APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A hanseníase é uma doença infectocontagiosa crônica de evolução lenta, causada pelo *Mycobacterium leprae*, que atinge pessoas de qualquer sexo e idade. Se não tratada ainda na forma inicial, pode evoluir e se tornar transmissível (BRASIL, 2018). A doença acomete principalmente o sistema nervoso periférico, podendo ou não apresentar lesões dermatoneurológicas (BRASIL, 2017a; COELHO, 2013).

Os sinais e sintomas da hanseníase variam de acordo com a imunidade do paciente diante ao agente causador da doença (OPROMOLLA, 2000). Por possuir predileção pelos nervos e troncos periféricos, as manifestações clínicas podem ser acompanhadas por dor intensa, hipersensibilidade do nervo, edema, déficit motor e sensitivo, podendo afetar outros órgãos (BRASIL, 2017a).

No Brasil, a hanseníase representa relevante importância na Saúde Pública por apresentar altos coeficientes de incidência e prevalência, ou seja, o número de casos novos e a frequência com que a doença atinge a população, acima dos parâmetros internacionais estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). É de notificação compulsória em todo o território nacional e de investigação obrigatória (ALENCAR, 2012; BRASIL, 2018).

As deformidades e incapacidades físicas decorrentes do processo de adoecimento, o estigma e a discriminação que repercute desde os tempos bíblicos até os dias atuais, além do impacto socioeconômico, são fatores que refletem psicologicamente na vida do paciente (ALENCAR, 2012; BARRETO, 2014). As dificuldades emocionais enfrentadas por eles acontecem principalmente em decorrência das perdas sociofamiliares e do potencial de socialização (ZIMMERMANN et al, 2014).

O diagnóstico precoce e o tratamento são necessários para controle da endemia e para sua eliminação enquanto problema de saúde pública, pois além da cura, interrompe a cadeia de transmissão e evolução da doença, e reduzir os danos físicos e sociais por ela deixados. Assim, quanto mais rápido for o diagnóstico menor o risco de desenvolver alguma seqüela (BRASIL, 2017b).

O processo para obter o diagnóstico é essencialmente clínico e sua detecção ainda na forma inicial da doença funciona como prevenção e tratamento da neuropatia (DUERKSEN, 2003; BRASIL, 2017b). As deformidades que acometem o doente, em sua maioria, são decorrentes das seqüelas da neuropatia hansênica. Em todas as

formas clínicas da doença existe algum grau de comprometimento dos nervos (COELHO, 2013).

A neuropatia da hanseníase, ou neurite, pode ser de origem aguda ou crônica. Quando aguda, se apresenta de forma abrupta com hipersensibilidade à palpação, e dor intensa. Por sua vez, a neurite crônica surge de modo lento e progressivo, com sinais iniciais de leves alterações sensitivas. O grau de comprometimento do nervo é maior nas formas multibacilares da doença e aumenta com a evolução da doença e com a idade do paciente (GARBINO & MARQUES, 2014).

A monitorização de pacientes com hanseníase é essencial para compreender o processo de evolução da doença. Além do mapeamento sensitivo e dos exames motores comumente utilizados, é necessário o uso de técnicas que permitam maior precisão diagnóstica. O estudo da condução nervosa proporciona maior objetividade por analisar as fibras longitudinalmente e a velocidade dos impulsos elétricos (GARBINO & OPROMOLLA, 2003).

A eletromiografia (EMG) é uma técnica que pode ser usada com extensão do exame clínico. Sua principal característica permite investigar ou monitorar atividade elétrica correspondente aos grupamentos musculares, podendo apresentar os potenciais elétricos, leitura da tensão elétrica ao longo do tempo, que identificam a contração muscular. Este método também pode ser utilizado em estudos de neuropatias periféricas (GARBINO, 2014).

Nos tecidos lesionados, as cargas elétricas se alteram, geram sinais de erros e provocam a autorreparação, diferente do que ocorre nas lesões crônicas. O meio alternativo de gerar os efeitos fisiológicos favoráveis é a utilização de correntes exógenas por meio de pulsos monofásicos que provocam o aumento de cargas elétricas no tecido. Assim, o uso de correntes elétricas como recurso fisioterapêutico é amplamente preconizado por desenvolver ações terapêuticas nos tecidos biológicos e possibilita a manutenção de suas funções. Atualmente, existe um vasto uso clínico desses estimuladores (SANTOS, 2009).

A eletroestimulação surge com uma técnica que simula a passagem do impulso nervoso, através de impulsos elétricos de baixa frequência, resultando na contração do músculo sem a necessidade de um impulso originado pelo próprio sistema nervoso. Sua principal característica consiste em aumentar a função orgânica ou a resposta de um determinado tecido e é amplamente utilizado em terapias de reabilitação (GENTIL, 2004).

Acredita-se que, partindo do conceito e aplicabilidade destes dois métodos acima citados, em uso associado, tornam-se importantes ferramentas para contribuir no diagnóstico precoce e inicial da Hanseníase e assim reduzir os danos por ela deixadas.

## 2 JUSTIFICATIVA

A sensibilidade normal da pele depende da integridade dos troncos nervosos e das finas terminações nervosas que se encontram sob a pele (GENTIL, 2004). Na hanseníase, as células de Schwann, responsável pela condução nervosa, é a primeira estrutura a ser afetada pelo bacilo, causando sua desmielinização, reduzindo a velocidade dos impulsos nervosos (COELHO, 2013).

O processo de desmielinização está presente em todas as fases da doença e com o decorrer do tempo, evolui com maior ou menor agressão dependendo da resposta imune (GARBINO et al, 2003). Como resultado, ocorrem principalmente alterações de sensibilidade, dor, perda de força, edema e deformidades físicas (BRASIL, 2017a).

O diagnóstico da doença é clínico e epidemiológico realizado através do exame físico por meio da avaliação dermatoneurológica (BRASIL, 2017a). Quando acontece de modo tardio, gera graves incapacidades físicas resultando em danos psicossociais na vida do paciente (ALVES, 2014). Por esse motivo, é importante detectar precocemente essas lesões, no entanto pode haver dificuldade de aplicação e interpretação dos testes de sensibilidade, uma vez que são autorreferidos. Fatores como idade, transtorno mental com funções cognitivas afetadas, e escassez dos sintomas na forma inicial da doença, também podem dificultar a conclusão do diagnóstico (ALVES, 2014).

Na busca em obter o diagnóstico ainda na fase inicial da doença, levando em consideração os fatores de dificuldade, observa-se a necessidade de usar outros recursos que permitam maior exatidão diagnóstica. O uso da eletromiografia como extensão do exame clínico, é tida como importante ferramenta para atingir esse objetivo.

Os Impulsos nervosos isolados podem ser registrados na superfície da pele para investigar suas taxas de condução em estudos de condução nervosa periférica, assim, com a administração de impulsos elétricos por meio de eletroestimulador e a detecção dessas alterações na excitabilidade das células musculares pelo eletromiógrafo, acreditasse que estes recursos possam ser utilizados no auxílio ao diagnóstico inicial da doença de modo mais rápido e eficaz.

### 3 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados o objetivos geral e específicos.

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo possui o objetivo geral de analisar e quantificar as alterações de excitabilidade elétrica neuromuscular nas lesões de pacientes com hanseníase como recurso de extensão do exame clínico.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir as características do sinal elétrico que será utilizado para a aquisição dos dados;
- b) Criação de protocolo com as especificações técnicas para a realização da eletroestimulação e leitura do sinal através do sinal de eletromiografia (EMG);
- c) Comparar a diferença da condução nervosa das células musculares nas áreas afetadas e das células normais dos pacientes com hanseníase;
- d) Realizar a proposta de criação de um equipamento que contribua no diagnóstico inicial da hanseníase.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesta revisão de literatura será descrito aspectos gerais da hanseníase, fazendo um breve histórico da evolução da doença no mundo e no Brasil, os aspectos imunopatológicos, bem como as formas clínicas, diagnóstico, aspecto terapêutico e dados epidemiológicos. Serão discutidos ainda fatores relacionados ao processo eletrofisiológicos dos nervos e músculos, eletroterapia e suas aplicabilidades.

### **4.1 HISTÓRIA DA HANSENÍASE**

Aqui será abordado a história da doença, seu processo de evolução no mundo e no Brasil.

#### **4.1.1 A hanseníase no mundo**

Existem poucos registros sobre a origem da Hanseníase, o que dificulta uma abordagem mais precisa sobre o tema. Os primeiros relatos descritos são datados do século 7 a.C. na China, Índia e no Egito (CUNHA 2002; LIMA 2014). Na bíblia, ainda no Antigo Testamento, é possível encontrar citações sobre doença, sob o termo “lepra”, incluindo aspectos sobre sua identificação, sinais e sintomas e cuidados aos doentes (LIMA, 2014).

O movimento das Cruzadas teria contribuído na endemicidade da hanseníase (CUNHA, 2002). A chegada da doença nas Américas, aconteceu em meados dos séculos XVI e XVII com os colonizadores, visto que não há evidências da existência da doença entre as tribos indígenas do Novo Mundo (EIDT, 2004). A hanseníase era temida entre população diante a falta de informações detalhadas, das deformidades físicas e do medo da exclusão social, tendo em vista que o doente era considerado um pecador (CUNHA, 2002).

#### **4.1.2 No Brasil**

Estima-se que no Brasil, os primeiros casos de notificação da hanseníase aconteceram em 1600, no Rio de Janeiro. Com o desenvolvimento da agricultura, houve a necessidade do aumento da mão de obra, em consequência, vários doentes migraram para as regiões que correspondiam as cidades mais importantes política e

economicamente na época, como as colônias de Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo (EIDT, 2004).

Quando a disseminação da doença se agravou, médicos passaram a ter interesse maior pela doença e estudar mais sobre o assunto, no entanto, deparavam-se com o desinteresse dos governos estatais na liberação de verba, ao mesmo tempo que sofriam com a pressão da sociedade no combate à doença. Somente em 1903, quando Oswaldo Cruz assumiu a Diretoria Geral de Saúde Pública, a hanseníase passou a ter maior atenção do poder público, e fazer parte dos programas governamentais de combate às doenças transmissíveis (CUNHA, 2002).

Durante os anos de 1949 a 1968, através da Lei do Isolamento Compulsório n. 610/1949, o país tornou obrigatório o isolamento de pessoas acometidas pela doença, nos então chamados “leprosários”. Em 2007, através da lei nº 11.520, de 18 de setembro de 2007, o estado dispôs sobre a concessão de pensão especial às pessoas atingidas pela hanseníase que foram submetidas a isolamento e internação compulsórios (TARDELLI, 2017).

## 4.2 ASPECTOS IMUNOPATOLÓGICOS DA HANSENÍASE

No texto a seguir será abordado os aspectos imunopatológicos referentes a hanseníase a fim de entender o processo da evolução e comportamento da doença.

### 4.2.1 Agente etiológico

A hanseníase é uma doença infectocontagiosa crônica, de evolução lenta causada pelo *Mycobacterium leprae*, também conhecido como bacilo de Hansen, um parasita intracelular bacilo álcool-ácido resistente. Este bacilo não cresce em meios de cultura artificiais, ou seja, não é cultivável in vitro. O alto potencial incapacitante da hanseníase está diretamente relacionado ao poder imunogênico do *M. leprae*. Caracteriza-se por ser um parasita intracelular obrigatório com predileção pelas células cutâneas e nervos periféricos, que se instala no organismo da pessoa infectada podendo se multiplicar e atingir outros órgãos. (PEREIRA et al, 2012; BRASIL, 2017a).

### **4.2.2 Reservatório**

O homem ainda é considerado a única fonte de infecção potencialmente ativa, embora tenham sido identificados animais naturalmente infectados, como tatu, macaco mangabeí e chimpanzé. Os doentes multibacilares (MB) sem tratamento, são capazes de eliminar grandes quantidade de bacilos para o meio exterior - carga bacilar de cerca de 10 milhões de bacilos presentes na mucosa nasal. O período de incubação dura em média de 2 a 7 anos, com casos relatados em períodos mais curtos, de 7 meses, como também mais longos, de 10 anos (PEREIRA et al, 2012; BRASIL, 2017a).

### **4.2.3 Transmissão**

A transmissão da doença ocorre principalmente através da via aérea superior, quando uma pessoa com hanseníase na forma MB, sem tratamento, elimina o bacilo no ambiente, contaminando o indivíduo susceptível através das gotículas de aerossol (RIBEIRO et al, 2014; BRASIL, 2017a). O bacilo pode infectar indivíduos de todas as idades e de ambos os sexos, mas os casos comumente diagnosticados acontecem em adultos (BORGES, et al. 2016).

O bacilo tem alto poder de infectividade e baixa patogenicidade, o que significa que muitos são infectados mas poucos adoecem. Isso se dá ao fato de que, ao longo do tempo, a maioria dos indivíduos oferece resistência a bactéria, não desenvolvendo a doença (BORGES, et al. 2016). Acredita-se que 90% da população apresenta defesa natural contra o bacilo (BRASIL, 2017a).

A suscetibilidade ao bacilo tem influência genética, fazendo com que pessoas da mesma família apresente maiores chances de desenvolver a doença (BRASIL, 2017a). A determinação da história natural da hanseníase possui relação direta entre o agente, meio ambiente e hospedeiro. Aos que adoecem, a resposta imunológica do indivíduo é determinante para as diferentes maneiras de evolução da infecção (DOUGLAS, et al. 2004; BORGES, et al. 2016).

### 4.3 CLASSIFICAÇÃO E FORMAS CLÍNICAS DA HANSENÍASE

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, as formas clínicas da doença são classificadas em duas categorias determinadas pelo número de lesões na pele. Até cinco lesões, é classificada como paucibacilar (PB) e mais de cinco lesões, multibacilar (MB) (LIMA, 2014). Os casos Paucibacilares apresentam duas variantes clínicas: Tuberculoide e Indeterminada. Os casos Multibacilares são divididos em Virchowiana e Dimorfa (PEREIRA et al, 2012; BRASIL, 2017b).

A Hanseníase Indeterminada é a primeira forma de manifestação da doença, podendo ser perceptível ou não. Após um intervalo de tempo, que pode variar de meses a anos, ocorre a evolução para a cura ou para outra forma clínica distinta. Caracteriza-se por áreas de hipoestesia na pele ou manchas hipocrômicas com variação de sensibilidade. As lesões podem apresentar discretos eritemas e serem mais secas do que a pele circunjacente, geralmente medindo poucos centímetros de diâmetro (Figura 1). Nesta fase a biópsia e a baciloscopia são negativas (BORGES, et al. 2016; BRASIL, 2017b).

Figura 1- Manifestações de hanseníase Indeterminada.



Manchas brancas lisas, mal delimitadas, que não coçam, não ardem, não queimam, não doem, não desaparecem, “não pegam poeira” por não suar na respectiva área, e tem diminuição de sensibilidade. Não há comprometimento de troncos nervosos nem grau de incapacidade.

Fonte: Instituto Lauro Souza Lima, 2015.

Outra forma clínica que a hanseníase pode apresentar é a Tuberculoide, nesta o sistema imune ainda consegue destruir os bacilos espontaneamente (BRASIL, 2017b). As lesões possuem bordas acentuadas e anestésicas, que se distribuem de modo assimétrico na pele. Pode ser única ou em pequeno número (Figura 2). Quando em forma de mácula, as lesões são hipocrômicas delimitadas por micropápulas, e quando em placa, as lesões são eritematosas, acobreadas, com infiltração difusa. Aqui, a baciloscopia e a biópsia da pele também são negativas (BORGES, et al. 2016, BRASIL, 2017b).

Figura 2 - Manifestações de hanseníase Tuberculoide



Fonte: Instituto Lauro Souza Lima, 2015.

A Hanseníase Dimorfa, caracteriza-se pela multiplicidade do aspecto das lesões cutâneas, perda parcial ou total da sensibilidade e diminuição das funções autonômicas (sudorese e vasorreflexia à histamina) (BRASIL, 2017b). Em pele clara, observa-se máculas eritematosas, e hipocrômicas, em pele escura, que assumem um tom avermelhado. Pode também surgir pápulas, tubérculos, nódulos e placas. Lesões de aspecto anular, circulares e ovais, ou foveolar (Figura 3). O número de lesões tende a ser superior a 10 ou 20 (BORGES, et al. 2016; BRASIL, 2017b). A baciloscopia da borda infiltrada das lesões, normalmente é positiva (BRASIL, 2017b).

Figura 3 - Manifestações de hanseníase Dimorfa



a. Lesão avermelhada elevada, mal delimitada, com centro irregular e “esburacado”, anestésica (perda total da sensibilidade) ou hipoestésica (perda parcial da sensibilidade).

b. Presença de espessamento do nervo fibular superficial na região anterolateral da perna, no terço inferior.

c. Várias lesões elevadas bem delimitadas, avermelhadas nas bordas e com centro branco, com perda total da sensibilidade.

d. Múltiplas manchas hipocrômicas, com bordas imprecisas, sensibilidade e sudorese diminuídas e/ou ausentes.

Fonte: Instituto Lauro Souza Lima, 2015.

Por fim, a Hanseníase Virchowiana, a forma mais contagiosa da doença. Manifesta-se em pessoas com imunodepressão celular para o *M. leprae*. Nessa fase, o doente não apresenta manchas visíveis (BRASIL, 2017b). Possui início insidioso e progressão lenta que avança através dos anos. Apresenta evolução crônica caracterizada pela infiltração progressiva e difusa da pele, mucosas, vias aéreas superiores, olhos, testículos, nervos, afetando também linfonodos, fígado e baço (Figura 4) (BRASIL, 2017a). Em sua forma avançada, afeta o trato respiratório superior, ocasionando mucosa congesta e edemaciada, obstrução, coriza mucopurulenta, epistaxe, anosmia, perfuração septal e desabamento nasal (BRASIL, 2017b).

Figura 4 - Tipos de manifestação de hanseníase Virchowiana



a. Face infiltrada, presença de múltiplos hansenomas (pápulas), assimetria de sobrancelhas (lesão parcial do nervo facial esquerdo) e rarefação dos pelos das laterais das sobrancelhas (madarose parcial).

b. Falta de sobrancelhas e cílios, osso do nariz alargado e achatado, obstrução nasal.

c. Pele lisa, sem pelos, seca, quase totalmente avermelhada e inchada (menos no meio da coluna lombar), com vasinhos visíveis; não há manchas.

d. Caroços duros nas coxas, que não doem e não coçam, alguns ulcerados, de vários meses de duração; note que ainda há pelos.

Fonte: Instituto Lauro Souza Lima, 2015.

#### 4.4 DIAGNÓSTICO DA HANSENÍASE

O diagnóstico padronizado e estabelecido pelo MS do Brasil e pela OMS, é essencialmente clínico e definido pela presença de um ou mais dos seguintes achados: lesões de pele com alteração de sensibilidade, acometimento de nervos com espessamento neural e baciloscopia positiva (LASTORIA, et al. 2012; PEREIRA, 2012; RIBEIRO, et al. 2014).

#### 4.4.1 Diagnóstico clínico

Inicialmente, o diagnóstico deve ser realizado através do exame físico por meio da anamnese para coletar informações sobre a história clínica afim de investigar a fonte de infecção. Depois, é realizado o exame físico onde procede-se uma avaliação dermatoneurológica identificando de lesões de pele com alteração de sensibilidade. Posteriormente, obtém a avaliação neurológica, a fim de identificar neurites, incapacidades e deformidades (LASTORIA, et al. 2012; BRASIL, 2017a).

Depois das avaliações, é realizado o diagnóstico dos estados reacionais, diagnóstico diferencial e a classificação do grau de incapacidade física. A classificação operacional da hanseníase é baseada no número de lesões cutâneas, de acordo com os critérios de número de lesões (BRASIL, 2017a).

A avaliação da neurológica é importante para analisar a integridade da função neural e o grau de incapacidade física. Deve ocorrer no início do tratamento e a cada três meses; quando houver queixar de dores, fraqueza muscular, início ou piora de queixas parestésicas; no controle periódico de doentes em uso de corticoides em caso de estados reacionais e neurites; na alta do tratamento e no acompanhamento pós-operatório de descompressão neural com, 15, 45, 90 e 180 dias. A determinação do grau de incapacidade física é realizada pelo teste de força muscular e de sensibilidade dos olhos, mãos e pés (BRASIL, 2017a).

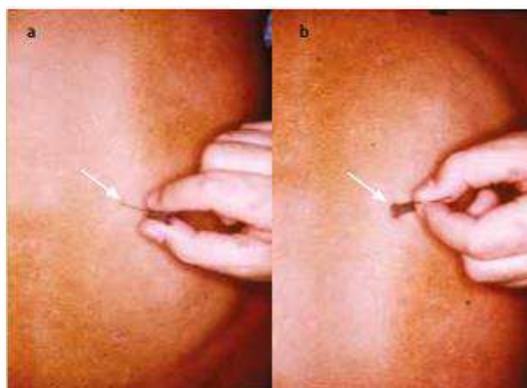
Na avaliação dermatoneurológica busca identificar as lesões de pele avaliando a sensibilidade das mesmas através de testes que visam avaliar aspectos térmica, dolorosa e tátil (Figuras 5, 6 e 7) (BRASIL, 2017a). No teste da sensibilidade térmica, utiliza-se dois tubos de vidro, um contendo água fria e no outro água aquecida, nas áreas da pele com lesões, avaliando a percepção do paciente em diferenciar as temperaturas. Na dolorosa, é usada uma agulha de insulina onde a avaliação a sensibilidade é feito alternando a ponta e o cabo da agulha, que devem ser encostados nas lesões de pele com uma leve pressão afim de observar as respostas aos estímulos dados. Por último, é realizado o teste de sensibilidade tátil, que através de uma mecha fina de algodão, fio dental, ou o monofilamento verde (0.05g) do kit estesiométrico são utilizados para estimular a área da pele, buscando observar as diferenças de sensibilidade sobre a área examinada (KHAMBATI, et al. 2009; BRASIL, 2017b).

Figura 5 - Teste de sensibilidade térmica com tudo de ensaio



Fonte: Liga acadêmica de Infectologia de Araquáina, 2013.

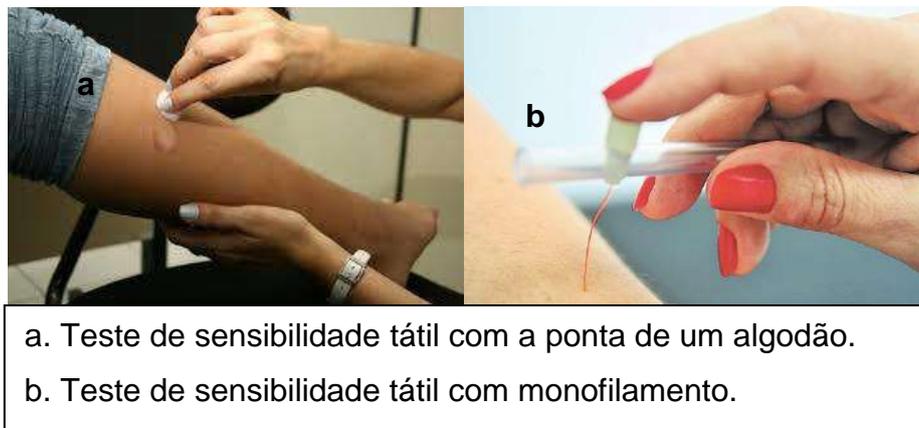
Figura 6 - Teste de sensibilidade dolorosa



- a. Teste de sensibilidade dolorosa com a ponta de agulha de insulina.  
b. Teste de sensibilidade dolorosa

Fonte: Banco de imagens do Instituto Lauro de Souza Lima, 2013.

Figura 7 - Teste de sensibilidade tátil



Fonte: Jornal do Povo, 2015.

Por fim, a avaliação da força motora, na qual é realizado o teste manual da exploração da força muscular, a partir da unidade músculo-tendinosa durante o movimento e da capacidade de oposição à força da gravidade e à resistência manual. O teste deve ocorrer em cada grupo muscular referente a um nervo específico. Os critérios de graduação da força muscular podem ser expressos como: forte, diminuída e paralisada, ou de 0 a 5 (BRASIL, 2017b).

#### 4.4.2 Diagnóstico Laboratorial

Exames laboratoriais apenas auxiliam na classificação da doença e devem ser sempre correlacionados com a clínica, uma vez que pode haver erros na coleta, fixação, envio e coloração (BRASIL, 2017a). O diagnóstico laboratorial é importante para diferenciá-la de outras doenças dermatoneurológicas, casos de recidiva e na classificação para fins de tratamento. Por isso, o resultado negativo não exclui o diagnóstico de hanseníase (PEREIRA, 2012). Os mais usados são os exames baciloscópicos, histopatológicos, sorologia e prova de histamina (BRASIL, 2017a).

#### 4.5 ASPECTO TERAPÊUTICO DA HANSENÍASE

A hanseníase tem cura e o tratamento acontece por meio de esquemas poliquimioterápicos (PQT), essencial para eliminar a fonte de infecção e interromper a cadeia de transmissão da doença (LASTORIA, et al. 2012; BRASIL, 2017a). O

tratamento é ambulatorial, utiliza os esquemas terapêuticos padronizados e está disponível nas unidades públicas de saúde definidas pelos municípios. A transmissão da doença é interrompida ainda no início do tratamento, e se realizado de forma completa e correta, a cura é garantida (BRASIL, 2017a).

De acordo com o Ministério da Saúde (2017a), a classificação operacional da doença é necessária para definir o esquema terapêutico adequado. Quando paucibacilar, o tratamento tem a duração de 6 cartelas em até 9 meses, e nas multibacilares são 12 cartelas em até 18 meses. A alta por cura é dada após a administração do número de doses preconizado dentro do prazo recomendado e após a realização do exame dermatológico, avaliação neurológica simplificada e o grau de incapacidade física (GOMES, 2016; BRASIL, 2016b).

Atualmente, está ocorrendo uma discussão sobre a mudança no tratamento da hanseníase. O Comitê Técnico Assessor da Coordenação Geral de Hanseníase e Doença em Eliminação, do MS, está propondo mudanças no tratamento, com o intuito de estabelecer o “esquema MDTu – Multidrogaterapia Única”, que visa unificar os protocolos usando o mesmo esquema, durante um período de seis meses, para os casos paucibacilar e multibacilar (MORHAN, 2018).

De acordo com o comitê, a medida é baseada em estudos publicados por cientistas que apontam resultados positivos com o novo esquema. No entanto, algumas organizações, entre elas a Sociedade Brasileira de Hansenologia, divergem dessa opinião, por compreenderem que tais estudos são insuficientes e temem a saúde dos usuários (MORHAN, 2018).

#### 4.6 DADOS EPIDEMIOLÓGICOS DA HANSENÍASE

De acordo com o Ministério da Saúde (2002), embora seja uma patologia milenar, a hanseníase caracteriza-se por ser uma doença negligenciada por ainda manter-se em elevada magnitude em diversos países. Para deixar de ser considerado como problema de saúde pública, é necessário alcançar um coeficiente de prevalência de menos de um doente em cada 10 mil habitantes.

O Programa Nacional de Controle da Hanseníase (PNCH) aponta que a ocorrência de casos em menores de 15 anos é um importante indicador epidemiológico de sinalização de transmissão recente da doença, pois significa a existência de fontes humanas ativas de infecção (ALENCAR, et al 2008).

A magnitude e o alto poder de incapacitante mantêm a doença como um problema de saúde pública. As incapacidades físicas estão diretamente relacionadas ao poder imunogênico do *Mycobacterium leprae*. No entanto, estima-se que 95% dos indivíduos expostos ao agente causador da doença são naturalmente resistentes à infecção. Nos 5% susceptíveis, a doença pode se manifestar de diferentes formas, a depender de fatores relacionados ao indivíduo, tais como sexo, idade e susceptibilidade genética, ou às coletividades – como as condições socioeconômicas e geográficas (BRASIL, 2018).

A OMS recomenda que a análise epidemiológica também aconteça baseada no sexo, pois permite auxiliar nos processos de elaboração, execução e implementação de políticas públicas para enfrentamento da hanseníase, identificando diferenças de acesso quanto a capacidade de alcance do programa e da capacidade da população em utilizar os serviços de saúde. Além disso, é possível analisar variações na carga da doença entre os grupos populacionais e também discutir se estão ligadas a processos socioeconômicos (BRASIL, 2018).

Diante o cenário atual da hanseníase, a OMS elaborou a “Estratégia Global para a Hanseníase 2016-2020”, a fim de obter a detecção precoce da doença e o tratamento imediato para evitar a incapacidade e reduzir a transmissão da infecção na comunidade. A estratégia pauta-se em três pilares: o fortalecimento do controle e da parceria governamental, o combate da hanseníase e suas complicações, e o enfrentamento da discriminação com promoção da inclusão social. Esses pilares abrangem a detecção precoce de casos, o tratamento imediato com esquema de poliquimioterapia (PQT), o desenvolvimento de pesquisas básicas e o enfrentamento do estigma, promovendo a mobilização e sensibilização junto à comunidade

A situação atual mundial da doença, publicada em setembro de 2015, pela “Atualização global sobre hanseníase, 2014: necessidade de detecção precoce de casos”, teve como base as estatísticas anuais de hanseníase recebidas de 121 países de cinco regiões da OMS - Américas, Mediterrâneo Oriental, Ásia Sul-Oriental e Pacífico Ocidental (OMS, 2016).

As análises apontaram a prevalência registrada no final de 2014 que corresponde a 213.899 pacientes recém diagnosticados, indicando uma taxa de detecção de 3,0/100.000 habitantes (Tabela 1), destes, 18.864 casos foram em menores de 15 anos, correspondendo a 8,8% do número total. No que refere a distribuição geográfica, 94% estavam distribuídos em 13 países: Bangladesh, Brasil,

República Democrática do Congo, Etiópia, Índia, Indonésia, Madagascar, Mianmar, Nepal, Nigéria, Filipinas, Sri Lanka e República Unida da Tanzânia. Destes, a Índia, o Brasil e a Indonésia notificam mais de 10.000 novos pacientes anualmente. Juntos, representam 81% dos pacientes recém-diagnosticados e notificados no mundo (OMS, 2016).

No que se refere aos casos de incapacidade grau 2 (IG2), o número corresponde a 14.110 dos casos detectados, equivalendo a 6,6% do número total de casos novos e a uma taxa de 2,0 casos por milhão. Nos últimos cinco anos a taxa de IG2 entre os casos novos se manteve quase inalterada. Em algumas regiões, como a Região da Ásia Sul-Oriental, houve até mesmo um aumento: 0,43 por 100.000 habitantes em 2013 e 0,45 em 2014 (OMS, 2016). Ainda sobre as notificações compiladas em 2014, 175.554 pacientes estavam em tratamento, com prevalência de 0,25 por 10.000 habitantes, destes, 61% eram multibacilares, e 36% eram do sexo feminino (OMS, 2016).

Tabela 1 - Prevalência registrada no final de 2014 e número de novos casos detectados durante 2014, por Região da OMS

Região da OMS	Prevalência registrada		Número de novos casos	
	Número	Taxa por 10.000 habitantes	Número	Taxa por 100 000 habitantes
África	19.968	0,26	18.597	2,44
Américas	29.967	0,33	33.789	3,75
Mediterrâneo Oriental	2.212	0,04	2.342	0,38
Europa	–	–	–	–
Ásia Sul-Oriental	119.478	0,63	154.834	8,12
Pacífico Ocidental	3.929	0,02	4.337	0,24
<b>Total</b>	<b>174.554</b>	<b>0,25</b>	<b>213.899</b>	<b>3,0</b>

Fonte: Estratégia Global para Hanseníase 2016-2020.

Os últimos dados emitidos pela OMS, divulgados no Boletim Epidemiológico, mostram a caracterização da situação epidemiológica da hanseníase em 2016. Os resultados mostram que 143 países reportaram 214.783 casos novos de hanseníase, o que representa uma taxa de detecção de 2,9 casos por 100 mil habitantes (BRASIL, 2018).

De acordo com a Sala de Apoio à Gestão Estratégica (SAGE), no Brasil, no período de 2012 - 2016 foram diagnosticados 151.764 casos novos de hanseníase, o que equivale a uma taxa média de detecção de 14,97/100.000 habitantes. Entre estes,

84.447 casos novos ocorreram no sexo masculino, correspondendo a uma taxa de 55,6% do total (Tabela 2). Esses dados representam alta carga para doença e classificam o país como o segundo mais endêmico do mundo (BRASIL, 2018; GIRÃO, et al. 2017).

Nesse mesmo período, observou-se que a taxa de detecção foi maior na população masculina em todas as faixas etárias, principalmente a partir dos 15 anos de idade (Tabela 02). Essa proporção cresce com o aumento da faixa etária. A população masculina de 60 ou mais anos de idade, apresenta uma taxa média de detecção cerca de oito vezes maior que na população menor de 15 anos (BRASIL, 2018).

Em Pernambuco, no ano de 2016, a endemicidade doença teve índices considerados muito alto tendo em vista que o estado ocupou o 5º lugar no coeficiente de detecção geral e 3º no coeficiente em menores de 15 anos, nas taxas de detecção do Brasil. Na região do Nordeste, ocupou o 6º lugar em ambas as categorias (SES, 2017).

Tabela 2 - Indicadores epidemiológicos e operacionais de hanseníase no Brasil 2001 – 2016

Indicadores epidemiológicos e operacionais de hanseníase Brasil 2001 - 2016													
Indicadores	Casos novos < 15 anos	Taxa de detecção < 15 anos por 100 mil habitantes	Casos novos gerais	Taxa de detecção geral por 100 mil habitantes	Casos em registro ativo 31/12 de cada ano	Taxa de prevalência por 10 mil habitantes	% de cura nas coortes	% de contatos examinados	% de avaliados quanto ao GIF no diagnóstico	% de GIF 2 entre os casos novos avaliados	Taxa de GIF 2 por 1 milhão habitantes	% de avaliados quanto ao GIF na cura	Unidades de saúde com pacientes em tratamento
Ano													
2001	3.555	6,96	45.874	26,61	68.812	3,99	81,6	68,0	84,7	6,0	14,00	64,7	3.895
2002	3.862	7,47	49.438	28,33	75.624	4,33	75,8	52,7	84,2	5,9	14,70	63,1	4.640
2003	4.181	7,98	51.900	29,37	79.908	4,52	69,3	43,9	84,9	5,6	14,50	60,9	5.493
2004	4.075	7,68	50.565	28,24	30.693	1,71	67,3	45,5	84,8	5,8	14,60	60,4	5.847
2005	4.010	7,34	49.448	26,86	27.713	1,48	69,2	49,7	85,5	5,8	14,20	58,9	6.526
2006	3.444	6,22	43.642	23,37	26.338	1,41	85,5	43,8	86,6	5,7	13,20	60,6	6.988
2007	3.048	6,07	40.126	21,19	41.549	2,11	81,1	49,8	83,0	9,4*	17,20*	55,1	7.323
2008	2.913	5,89	39.047	20,59	39.115	2,06	81,3	54,7	88,2	7,7	14,00	67,8	7.492
2009	2.669	5,43	37.610	19,64	38.179	1,99	82,1	59,8	89,3	7,2	12,70	71,8	8.015
2010	2.461	5,36	34.894	18,22	29.761	1,56	82,3	57,7	89,4	7,2	11,70	72,9	9.155
2011	2.420	5,22	33.955	17,65	29.690	1,54	82,7	58,9	89,5	7,1	11,30	72,9	9.445
2012	2.246	4,81	33.303	17,17	29.311	1,51	85,9	74,5	88,6	7,6	11,50	71,3	9.693
2013	2.439	5,03	31.044	15,44	28.445	1,42	84,0	75,1	88,1	7,3	9,90	69,9	8.944
2014	2.341	4,88	31.064	15,32	25.738	1,27	82,7	76,6	87,0	6,6	10,10	70,9	8.579
2015	2.113	4,46	28.761	14,07	20.702	1,01	83,5	78,2	87,1	7,5	9,20	71,2**	8.846
2016	1.696	3,63	25.218	12,23	22.710	1,10	81,8	77,6	87,3	7,9	8,42	69,9**	8.213

Fonte: Sinan/SVS-MS

Dados disponíveis de 2016 em 09/06/2017

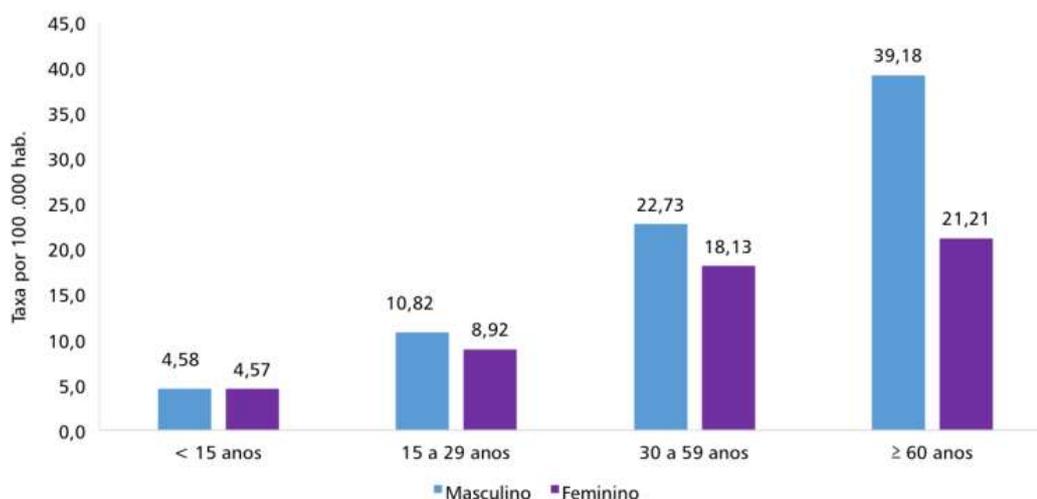
Legenda: GIF= Grau de Incapacidade Física

\* Grau de incapacidade influenciado pela mudança no Sistema de Informação.

\*\*indicador avaliado no período das Coortes

Fonte: Sistema de Informação de Agravos de Notificações (Sinan), 2017.

Gráfico 1 - Taxa média de detecção de casos novos de hanseníase (por 100 mil habitantes) segundo sexo, e faixa etária, Brasil, 2012 a 2016



Fonte: Sistema de Informação de Agravos de Notificações (Sinan), 2017.

#### 4.7 REAÇÕES HANSÊNICAS

As reações hansênicas ou estados reacionais, são alterações do sistema imunológico que se exteriorizam como manifestações inflamatórias agudas e subagudas, mais frequentes nos casos MB. Não possui ainda um tratamento específico capaz de impedir seu desenvolvimento, nem um esquema de tratamento eficaz para todos os casos (URA, 2007).

Existem dois tipos de reações. A reação tipo 1 ou reação reversa, surge em pacientes com predomínio da preservação da imunidade celular específica contra o *M. leprae* e caracteriza-se pelo aparecimento de novas lesões dermatológicas, infiltração, alteração de cor e edema nas lesões antigas e neurites. Quanto a reação do tipo 2 ou Eritema Nodoso Hansênico, ocorre em pacientes com imunidade pouco preservada ou ausente e destaca-se pela formação de nódulos subcutâneos dolorosos, acompanhados ou não de febre, dores articulares e mal-estar generalizado, com ou sem espessamento e neurite (URA, 2007; BRASIL, 2017).

Durante os episódios ocorre a piora das lesões neurológicas e aumento das incapacidades físicas. Vale ressaltar que essas reações podem surgir antes do diagnóstico da doença, durante ou depois do tratamento poliquimioterápico (BRASIL, 2017a).

#### 4.8 NEUROPATIA DA HANSENÍASE

Os nervos periféricos são compostos por fibras nervosas, formadas por um conjunto de axônios e suas bainhas. Os axônios são sustentados pelas células de Schwann, que juntos produzem a mielina, responsável pela condução do impulso nervoso de modo mais rápido e eficaz. Ao invadir o organismo humano, o *M. Leprae* se instala nas células de Schwann ocasionando a destruição das terminações nervosas livres. Como consequência, provoca alteração de sensibilidade, formigamento, diminuição da força muscular, máculas, manchas brancas e avermelhadas na pele podendo levar à deformidade física e comprometimento do sistema nervoso periférico (RIDLEY, 2006; BORGES, et al. 2016).

Em qualquer fase clínica da doença existe algum grau de comprometimento do nervo. A neuropatia da hanseníase é essencialmente crônica. O comprometimento dos nervos acontece de modo espacialmente e temporalmente de maneira assimétrica e distinta. Na forma inicial da doença, o acometimento acontece nas fibras mielinizada e amielínicas, com a evolução ocorre o comprometimento axonal. Vale ressaltar que todos os tipos de fibras podem ser acometidas (GARIBINO & MARQUES, 2014).

A neuropatia acontece geralmente num período mais avançado da doença, mas também pode surgir ainda no início do tratamento, onde ocorrem as neurites agudas durante as reações tipo 1 ou reações reversas e tipo II, reações de eritema nodoso ou em tecidos mais profundos. Ainda é possível ocorrer a “neuropatia silenciosa” que evolui também de forma crônica e sem sintomas dolorosos. Geralmente acontece na fase inicial de crescimento bacilar nas células de Schwann e num período mais tardio, causada pela fibrose intersticial (GARIBINO & OPRMOLLA, 2003).

As deficiências físicas ocasionadas pela hanseníase são decorrentes do processo inflamatório dos nervos, da pele e outras estruturas, através de mecanismos neurogênicos e não neurogênicos. Nos mecanismos neurogênicos ocorrem as perdas sensitivas, motoras e neurovegetativas em decorrência da lesão direto do nervo. Nos não neurogênicos ocorrem processos inflamatórios crônicos e agudos que comprometem a pele, ossos, cartilagens, articulações, globo ocular e outros órgãos (GARIBINO & OPRMOLLA, 2003).

A evolução e forma clínica da neuropatia hansênica varia conforma a evolução da doença. A avaliação dos sintomas deve acontecer de maneira constante e sistematizada através da avaliação dermatológica, anamnese dirigida, exame neurológico com palpação dos nervos e reflexos profundos, mapeamento sensitivo e teste voluntário motor (GARBINO & MARQUES, 2014).

Para evitar o agravamento da lesão neural, é necessário que ocorra uma monitorização frequente quanto a evolução da neuropatia. A monitorização é necessariamente clínica, devendo ser avaliado clínica e laboratorialmente a presença de inflamação (GARBINO & OPROMOLLA, 2003). Para isso, exames seriados são usados como recurso para ajudar na tomada de decisões e evitar danos irreversíveis ao paciente (GARBINO & MARQUES, 2014). Um exemplo destes testes é a avaliação da dor através das escalas numéricas ou visual, palpação do nervo, teste de sensibilidade e teste motor (GARBINO & OPROMOLLA, 2003).

O estudo eletrofisiológico é outro recurso que também pode ser utilizado para monitorização da evolução da neuropatia. Este recurso permite um diagnóstico mais preciso com uma maior localização e caracterização do processo fisiopatológico. O estudo da condução nervosa fornece informações com maior precisão sobre os fenômenos em andamento ao longo do tronco nervoso (GARBINO & OPROMOLLA, 2003).

#### 4.9 PROPRIEDADES ELETROFISIOLÓGICAS DOS NERVOS E MÚSCULOS

O cérebro usa sinais elétricos estereotipados, potenciais de ação do nervo, para processar a informação recebida pelo sistema nervoso central (SNC) e a analisa em vários níveis (FRANÇA & GOMES, 2015). Os sinais consistem em mudanças de potencial produzidas por correntes elétricas que fluem através das membranas celulares, correntes conduzidas por íons, como sódio, potássio e cloro (KITCHEN, 2003).

As informações dependem primariamente da frequência dos impulsos transmitidos ao longo de uma fibra nervosa, do número de fibras envolvidas e das conexões sinápticas feitas dentro da medula espinhal e nos níveis mais altos do SNC (KITCHEN, 2003).

A diferença de potencial entre o fluido intra e extracelular resulta condução de potenciais de ação ao longo das membranas dos nervos e músculos. O potencial de

repouso do músculo esquelético é de  $-90\text{mV}$  e os motoneurônios inferiores corresponde a  $-70\text{mV}$ . O sinal negativo indica que meio intracelular possui um potencial negativo em relação ao externo. Essa diferença de potencial pode ser alterada pela passagem de íons (KITCHEN, 2003).

Nas membranas celulares de nervos e músculos, as moléculas proteicas são embebidas em uma camada dupla de moléculas lipídicas (gordura) que são arranjadas com suas cabeças hidrofílicas apontando para fora e as caudas hidrofóbicas se estendendo para dentro do meio da camada. Algumas dessas moléculas fazem contato com o fluido extracelular e intracelular, agindo como um filtro seletivo para uma região e como uma porteira para outra (KITCHEN, 2003; FRANÇA & GOMES, 2015).

Existe um equilíbrio osmótico entre os fluidos intra e extracelulares. No entanto existe uma diferença nas proporções dos íons nas duas soluções. No meio intracelular há concentração mais alta de íons potássio, e no meio extracelular, concentrações mais altas de íons sódio e cloro (KITCHEN, 2003).

#### 4.10 POTENCIAIS DE AÇÃO

Os potenciais de ação (PA) são responsáveis pelos impulsos elétricos que transmitem informações entre as células nervosas. Ocorrem durante todo momento nos tecidos do corpo humano, principalmente no sistema nervoso para a transmissão dos sinais neurais que ocorrem entre si e dos neurônios para outro tecido do organismo (KRUEGER-BECK, et al 2011).

O potencial de ação é uma reversão transitória do potencial de membrana, uma despolarização. Em outras palavras, acontece quando há uma alteração rápida na polaridade da tensão elétrica, de negativa para positiva e de volta para negativa (KRUEGER-BECK, et al 2011).

Existe diferença de potencial entre os meio intra e extracelular causado pela distribuição desigual de íons através da membrana celular das células nervosas e musculares, tal fator contribui para geração e propagação de potenciais de ação. Este ciclo dura cerca de 1 ms nas células nervosas e até 2 ms em algumas fibras musculares (KRUEGER-BECK, et al 2011).

As células de nervos e músculos são excitáveis, capazes de produzir um potencial de ação após a aplicação de um estímulo apropriado. A atividade do

potencial de ação pode ser mensurada através de técnicas de medição de sinal, como a eletromiografia por meio de eletrodos aderidos à superfície da pele (KITCHEN, 2003; KRUEGER-BECK, et al 2011).

Diversos mecanismos podem gerar o potencial de ação. A ativação mecânica pode ocorrer quando é gerada uma pressão sobre a pele, como toque e vibração sonora. A ativação química está presente no paladar e olfato, e a ativação térmica quando há frio e calor. A ativação de mecanismos álgicos pode ser decorrente de cortes e queimaduras e por fim, o mecanismo luminoso é ativado por fótons que incidem na retina (KRUEGER-BECK, et al 2011).

#### 4.11 NEURÔNIOS COMO CONDUTORES DE ELETRICIDADE

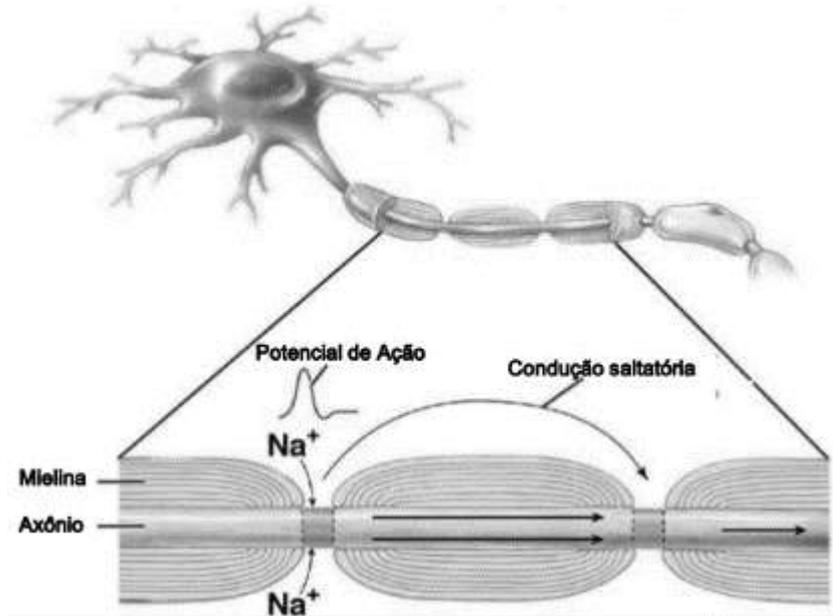
A maioria dos nervos motores periféricos e sensitivos é mielinizado. Devido a sua composição lipídica, a bainha funciona com um isolante elétrico impedindo que os íons possam fluir para dentro e para fora da região internodal. Essa função acelera a propagação dos impulsos nervosos pelo neurônio e impede que tais impulsos sejam dispersos entre neurofibras vizinhas (KITCHEN, 2003).

A bainha de mielina é formada por células de Schwann com cerca de 320 membranas em série entre a membrana plasmática de uma fibra nervosa e o fluido extracelular. A bainha não é contínua, possui intervalos regulares conhecidos como nódulos de Ranvier, responsável pela rapidez da condução dos impulsos nervosos e expostos a áreas sem mielinização e canais iônicos voltagem-dependente (LOW & REED, 2001; KITCHEN, 2003).

Quando um nódulo é despolarizado, provoca o mesmo efeito no nódulo seguinte, não havendo a necessidade do potencial de ação trafegar ao longo da região mielinizada. Como a mudança de potencial da membrana é grande quando um potencial de ação é produzido em um nódulo, é suficiente para provocar o potencial de ação no nódulo seguinte (LOW & REED, 2001).

Como a mielina é um isolante, os íons não conseguem fluir com facilidade entre a região internodal. Assim, o impulso nervoso é descrito como se saltasse de um nódulo para o outro, chamada de condução saltatória (Figura 10), aumentando desse modo a velocidade de condução e usando menos energia, já que a troca iônica é limitada nas regiões nodais (KITCHEN, 2003).

Figura 8 - Condução saltatória



Fonte: pt.slideshare.net, 2012.

As fibras nervosas mielinizadas possuem a capacidade de disparar frequências mais altas por períodos mais prolongados do que outras fibras nervosas. Isso acontece porque os nervos com maior diâmetro conduzem impulsos mais rapidamente e têm um limiar mais baixo de excitabilidade do que as fibras nervosas menores. Na estimulação, as fibras nervosas mais largas também produzem sinais mais amplos, sua resposta excitatória dura um período mais curto e têm períodos refratários mais curtos (LOW & REED, 2001; KITCHEN, 2003).

Dentro do músculo, o axônio do motoneurônio se divide em muitos ramos para inervar as fibras musculares que estão distribuídas pelo músculo e constituem juntas a unidade motora. Cada fibra muscular tem uma junção neuromuscular que se encontra geralmente no meio da fibra (KITCHEN, 2003).

#### 4.12 IMPULSOS AFERENTES PARA O SISTEMA NERVOSO CENTRAL

As fibras sensitivas, também são chamadas de fibras nervosas aferentes, possui a função de conduzir os impulsos nervosos. A habilidade de reagir a estímulos externos depende da chegada de informações provenientes de fontes externas para o SNC. O sistema nervoso recebe informações de uma grande variedade de

receptores, que respondem à luz, som, estímulos mecânicos ou ao calor e ao frio. Alguns estímulos são percebidos como dor enquanto algumas influências químicas são percebidas como odores ou sabores (KITCHEN, 2003; FRANÇA & GOMES, 2015).

#### **4.12.1 Vias sensoriais**

Os receptores sensoriais são responsáveis por receber um determinado estímulo e transduzi-lo em impulso nervoso para ser processado pelo SNC. Os receptores são muito específicos e respondem de acordo com a natureza do estímulo para os quais são sensíveis (RODRIGUES, 2010).

O SNC além de receber informações provenientes de receptores sensitivos também atua sobre eles modificando suas respostas (KITCHEN, 2003). Os neurônios aferentes conduzem até o SNC informações provenientes de receptores nas suas terminações periféricas. Isso acontece porque tais neurônios são as primeiras células a entrar no SNC, além de serem sensíveis aos estímulos externos ou internos e detectarem as modificações do meio ambiente (RODRIGUES, 2010).

As informações que chegam ao SNC são sujeitas a mecanismos de controle nas junções sinápticas, seja através de outros neurônios aferentes ou por vias descendentes de regiões superiores, como a formação reticular e o córtex cerebral. Esses controles inibitórios são exercidos em dois locais principais: nos terminais axonais dos nervos aferentes e nos interneurônios que são ativados diretamente pelos neurônios aferentes (KITCHEN, 2003; RODRIGUES, 2010).

Os sinais podem ser conduzidos em vias ascendentes para o tronco cerebral e tálamo para realizarem sinapse em uma área específica do córtex cerebral, ou são passados através de interneurônios ao longo de vias ascendentes não específicas para dentro da formação reticular cerebral e regiões do tálamo e córtex (KITCHEN, 2003).

Ainda de acordo com Kitchen (2003), ao receber um estímulo adequado, o receptor gera um potencial de recepção que influencia na resposta da intensidade, duração e localização dos estímulos. Dessa forma, quanto maior a intensidade do estímulo mais intensa será a frequência dos potenciais de ação e quanto maior for sua propagação, maior será o número de receptores estimulados.

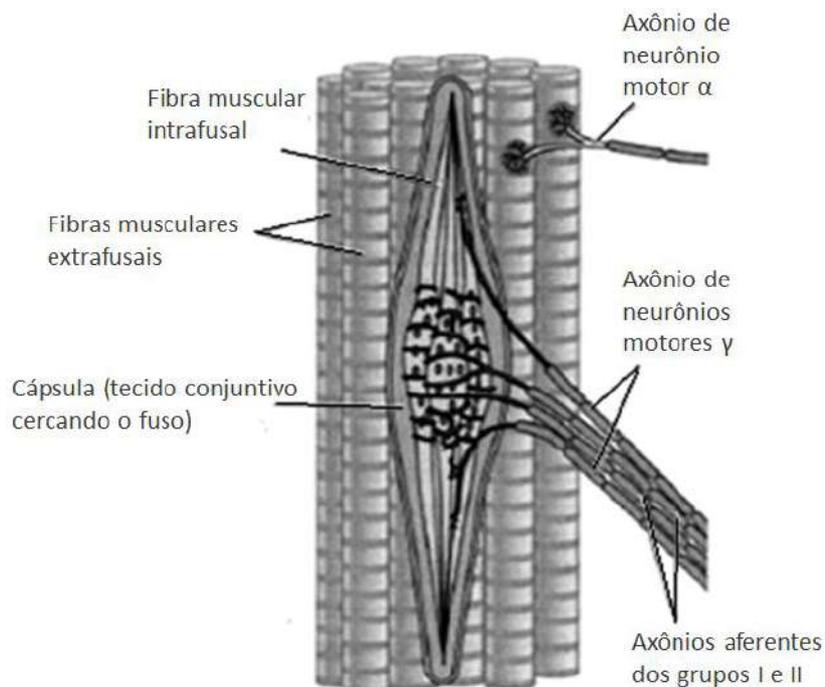
#### 4.13 CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS NERVOSAS AFERENTES

Os nervos sensitivos e motores podem ser mielinizados e classificados de acordo com os receptores que inervam. Lloyd e Chang (1948) elaboraram um sistema de classificação de graus I-V para as fibras sensoriais, de acordo com o diâmetro da fibra que está inversamente relacionado com a velocidade de condução.

Os nervos aferentes são responsáveis por levar as informações obtidas do meio interno e externo até o SNC. Os do grupo Ia (12-20  $\mu\text{m}$  de diâmetro), caracterizam-se por serem mais largos e possuírem condução mais rápida com o limiar mais baixo à estimulação elétrica. Além disso, fornecem informação proprioceptiva sobre a taxa de alteração de seu respectivo músculo (TEIXEIRA et al,1998).

Seus terminais são encontrados nas partes centrais das fibras em saco nuclear e em cadeia nuclear (Figura 11) e formam as terminações primárias. Estas terminações correspondem aos motoneurônios a tendo velocidades de condução que variam entre 50 e 70 m/s (KITCHEN, 2003).

Figura 9 - Diagrama representando um fuso muscular



Fonte: medquestoes.com, 2002.

#### 4.14 ELETROTERRAPIA

Desde a antiguidade o uso da eletroterapia era empregado. Os registros mais antigos datam de 5000 a.C. no qual os egípcios sabiam da capacidade do bagre do Nilo de emitir correntes elétricas e o utilizava para produzir choques nos doentes e o tinham como uma divindade (KORFIAS, 2009).

A eletroterapia consiste no uso de estímulos elétricos como recurso terapêutico para avaliação ou tratamento, utilizando correntes elétrica diversas (ROBERTSON et al, 2009; AMADIO et al, 2010). Nas aplicações clínicas, necessitam de uma fonte de alimentação, um estimulador, pelo menos dois eletros e fios. Os equipamentos podem estar localizados sob pele (estimulador subcutâneo ou interno), pode ser conectado através de fios sobre a superfície da pele (eletroestimulação transcutânea) ou conectados através de cabos que penetram na pele (eletroestimulação percutânea) (LOW & REED, 2001; AMADIO et al, 2010).

No tecido mole normal e saudável existe a presença das chamadas 'correntes elétricas endógenas' que são aquelas geradas pelo próprio organismo, quando ocorre uma lesão. Nos tecidos lesionados as cargas elétricas se alteram, gerando sinais de erro ao organismo, que vai estimular a autorreparação, diferentemente do que ocorre nas feridas crônicas (SANTOS, 2009).

Nas lesões do sistema nervoso motor periférico ocorrem modificações quantitativas e qualitativas detectados no exame elétrico. As alterações quantitativas podem apresentar-se, tanto com o emprego da corrente farádica como galvânica, nos pontos neuro e mio-motores. Elas consistem em hiper ou hipoexcitabilidade conforme a menor ou maior intensidade de corrente necessária para provocar a contração muscular e, inexcitabilidade, quando não há resposta muscular com o máximo de intensidade comumente usados. Estas alterações dependem da gravidade e antiguidade da lesão (SAVOY & KHOURY, 1943).

As alterações qualitativas caracterizam-se principalmente pela contração lenta, igualdade e inversão polares. O músculo normal se contrai, ao receber o estímulo elétrico, de uma maneira rápida. Em uma lesão do neurônio motor periférico, o músculo apresenta uma contração lenta e vermicular, chamada reação de Remak (SAVOY & KHOURY, 1943).

O meio alternativo de gerar os efeitos fisiológicos favoráveis é a utilização de correntes exógenas por meio de pulsos monofásicos que provoca aumento de cargas elétricas no tecido (SANTOS, 2009).

A eletroestimulação é uma técnica que simula a passagem do impulso nervoso, resultando na contração do músculo sem a necessidade de um impulso originado pelo próprio sistema nervoso, com a finalidade de aumentar a função orgânica ou a resposta de um determinado tecido. Existem basicamente duas formas de se estimular eletricamente um músculo: diretamente - eletrodos posicionados sobre o músculo, ou indiretamente através do nervo que chega ao músculo (GENTIL, 2004).

Assim, o uso de correntes elétricas como recurso fisioterapêutico é amplamente preconizado por desenvolver ações terapêuticas nos tecidos biológicos e possibilitar a manutenção de suas funções. Atualmente, existe um vasto uso clínico desses estimuladores, como em tratamentos estéticos, na fisioterapia, no esporte (SANTOS, 2009).

#### 4.15 CORRENTES DE BAIXA FREQUÊNCIA

A corrente de baixa frequência é constituída por corrente do tipo pulsada. A corrente pulsada fornece pulsos intermitentes separados por um intervalo considerável entre cada pulso (WARD, 2009). Sua frequência pode variar de 1-200 Hz e a forma de onda pode ser modulada em monofásica ou bifásica (MEDEIROS, 2014).

##### 4.15.1 Estimulação Elétrica Neuromuscular

Atualmente a estimulação elétrica neuromuscular (NMES) tem sido amplamente praticada por um número cada vez maior de especialistas para obter efeitos diversos, como fortalecimento e reeducação do músculo, redução de edema, alívio doloroso e reparo de feridas (KITCHEN, 2003). É utilizada por indivíduos acometidos por algum tipo de disfunção do sistema locomotor e por sujeitos não acometidos, como ferramenta para complementar às rotinas de treinamento tradicional (MAFFIULETTI, 2011; MEDEIROS, 2014).

A NMES é usada como um recurso terapêutico não invasivo utilizado para a estimulação de nervos sensoriais e motores por meio de potenciais de ação com o

objetivo de restaurar funções motoras e sensoriais (KANTOR et al, 1994). Diretamente, gera contração muscular por meio da ativação do axônio motor e, indiretamente, pelo recrutamento reflexo de motoneurônios espinhais dos ramos intramusculares (KITCHEN, 2003).

Os estimuladores neuromusculares produzem trens de pulsos elétricos que causam excitação dos nervos periféricos e tecido muscular (HULTMAN *et al.*, 1983). Esses pulsos elétricos entram nos tecidos através de eletrodos de superfície e, desse modo, estimuladores de todos os tipos podem ser denominados corretamente de estimuladores neuromusculares transcutâneos (KITCHEN, 2003).

A contração muscular acontece pela via periférica e pela central. Na via periférica não ocorre o envolvimento do sistema nervoso central, o estímulo elétrico é emitido para os neurônios motores posicionados abaixo do eletrodo, promovendo a despolarização dos axônios e a consequente contração das fibras musculares. Simultaneamente ocorre a despolarização dos axônios sensoriais eliciando a condução de sinais para o SNC e deste para a musculatura, evocando contração muscular adicional eliciada pelo envolvimento do SNC (via central) (COLLINS, 2007; MEDEIROS, 2014).

#### 4.16 TIPOS DE EQUIPAMENTOS PARA A ELETROESTIMULAÇÃO

Atualmente existe um vasto número de aparelhos para estimulação elétrica, usando diversos tipos de correntes (KITCHEN, 2003). Os aparelhos podem ser portáteis ou ligados na rede elétrica. Alguns pesquisadores têm argumentado que as unidades ligadas à rede elétrica podem produzir maiores ganhos de força. No entanto, não há evidências claras de que qualquer tipo de aparelho tenha uma eficácia maior (SNYDER-MACKLER *et al.*, 1995).

Os equipamentos atuais empregam diferentes tipos de correntes, onde o aparelho emite a energia eletromagnética que é então conduzida através de cabos condutores até os eletrodos que ficam aderidos à pele do paciente. Outros tipos de aparelhos utilizam agulhas ao invés de eletrodos não invasivos, sendo este emprego mais reservado ao uso para terapia estética ou para métodos diagnósticos, como a eletroneuromiografia (KITCHEN, 2003).

Existe diversos tipos de correntes que podem ser utilizadas na eletroestimulação, cada uma possui particularidades próprias quanto às indicações

e contraindicações. No entanto, todas possuem o mesmo objetivo que é produzir algum efeito no tecido a ser tratado, obtido através das reações físicas, biológicas e fisiológicas que o tecido desenvolve ao ser submetido à terapia (LOW & REED, 2001; KITCHEN, 2003).

#### **4.16.1 Estimulação Elétrica Funcional (FES) ou Estimulação Neuromuscular Funcional (FNS)**

A estimulação elétrica funcional (FES- *Functional Electrical Stimulation*) possui a função de provocar a contração muscular por meio da estimulação elétrica dos neurônios motores a fim de obter um parâmetro de atividade muscular no local a ser analisado (KITCHEN, 2003).

A FES pode variar desde sua utilização com estimuladores de dois canais para favorecer a dorsiflexão durante a marcha em crianças com paralisia cerebral (ATWATER *et al.*, 1991) até de múltiplos canais para ativar vários músculos de modo a restaurar o equilíbrio e a marcha em pacientes com paraplegia (HÖMBERG, 1997).

A aplicabilidade da FES é ampla e é um processo importante para a retomada de interação do paciente com o ambiente. Esse tipo de eletroestimulação pode ser utilizada na prática clínica para o fortalecimento do músculo enfraquecido e recuperação ou preservação de sua função durante a fase de atividade reduzida ou de imobilização, como também em adaptações neurais associadas ao uso da eletroestimulação (BRAZ *et al.*, 2009; MAFFIULETTI, 2010; BOHÓRQUEZ, 2013).

A falta de padrões adequados de estimulação, em particular da amplitude de corrente, para a realização de um movimento pré-estabelecido é a principal dificuldade encontrada na aplicação clínica da FES (PEDOTTI & FERRARIN, 1992; BOHÓRQUEZ, 2013).

#### **4.17 ELETROMIOGRAFIA**

A eletromiografia é realizada através de eletrodos nos músculos e possui a função de investigar a integridade das unidades motoras, sendo possível detectar alterações da excitabilidade das células musculares, bem como avaliar a função e disfunção do sistema neuromuscular. Isso acontece porque em casos de desnervação, os potenciais de ação gerados pela contração voluntária e pelas fibras

musculares em repouso, se despolarizam espontaneamente, permitindo obter informações quanto ao grau de comprometimento do músculo ou nervo (GARBINO & MARQUES, 2014).

O EMG tem sido utilizado em áreas como ciências da reabilitação, ergonomia e diagnósticos neuromusculares, e também para analisar a função muscular e avaliar a eficácia de técnicas de recuperação funcional de diferentes patologias (PORTNEY & ROY, 2004; FORTI, 2005).

#### **4.17.1 Aquisição do sinal**

O sinal eletromiográfico permite a análise da atividade elétrica da contração muscular identificando a soma dos potenciais de ação das unidades motoras que se encontram na vizinhança dos eletrodos quando a mesma é gerada (KITCHEN, 2003). O sinal resulta da soma dos potenciais de ação das unidades motoras (PAUMs) individuais ativas das áreas em torno do eletrodo, quando ocorre contração muscular (FORTI, 2005).

O padrão normal de atividade elétrica pode ser reconhecido o que possibilita identificar desvios de normalidade e associá-los com distúrbios nervosos e musculares. Como todas as fibras musculares de uma determinada unidade motora disparam quase que simultaneamente, o que se capta é um agregado de pulsos, geralmente a atividade da maior densidade de fibras da mesma unidade motora que estão mais próximas da do eletrodo (KITCHEN, 2003).

Para a aquisição do sinal de EMG são colocados eletrodos de superfície fixados à pele, sobre o músculo ou nervo onde se vai registrar a atividade elétrica. A diferença de potencial entre os dois eletrodos é registrada através de um amplificador diferencial. O terceiro eletrodo é usado para conectar o paciente ao solo. O sinal registrado representa a soma dos potenciais individuais produzidos por todas as fibras nervosas ou musculares que são ativadas (KITCHEN, 2003).

Para que a aquisição do sinal EMG seja registrado no computador, é necessário que o aparelho esteja conectado ao mesmo e o sinal analógico, captado no corpo humano, seja convertido para sinal digital, que um tipo de sinal discreto definido para determinados intervalos de tempo (MARCHETTI & DUARTE, 2006).

Os parâmetros devem ser ajustados de acordo com os objetivos da análise, possibilitando diferentes tipos de análise de tempo e de frequência (SODERGERG &

KNUSTON, 2000). Os principais parâmetros são a frequência de amostragem, amplificadores, filtro e conversor analógico/digital (ARMSTRONG JÚNIOR, 2004; MARCHETTI & DUARTE, 2006).

Assim, é possível observar o processo de fadiga muscular, velocidade da condução e tipo de fibra muscular, informações sobre o recrutamento e sincronização das unidades motoras em condições normais e patológicas (MANNION & DOLAN, 1994; FORTI, 2005).

#### 4.17.2 Amplificadores

Durante a aquisição, o sinal do EMG é de baixa amplitude e para que possa ser processado é necessário amplificar esse sinal. No entanto, é necessária atenção para que não modifique as características do sinal EMG. Para isso, deve-se observar as características do ruído, razão sinal/ruído, ganho, taxa de rejeição de modo comum, impedância de entrada, *input bias current* e largura de banda (MARCHETTI & DUARTE, 2006).

O ruído é sinal captado indesejado, além do sinal EMG, que pode ser resultante de linhas de força, músculos vizinhos e outros aparelhos. A razão sinal/ruído (Figura 10), é responsável pela mensuração qualitativa do sinal EMG amplificado, onde quanto maior a razão, menor o ruído (MARCHETTI & DUARTE, 2006). O sinal capturado pode ser expresso como:

$$S_g = S_v + r$$

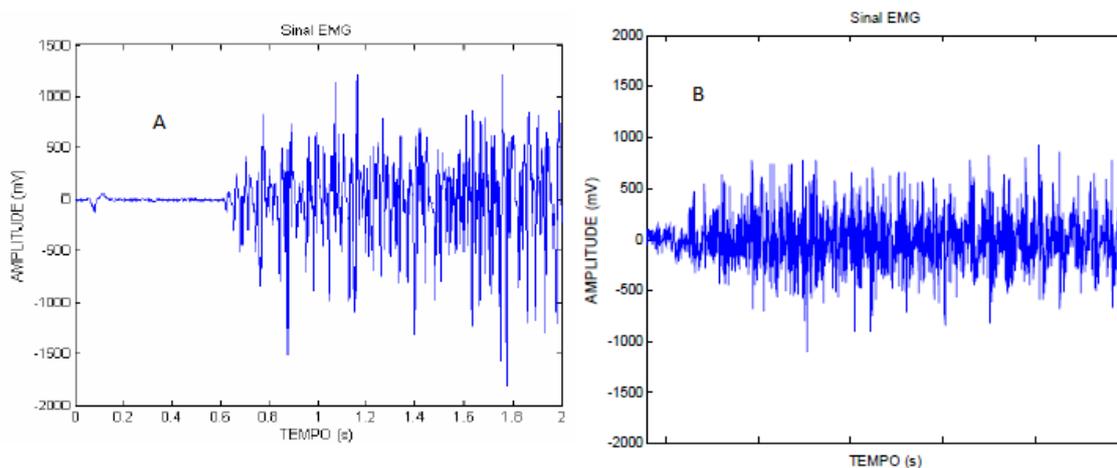
Onde o  $S_g$  representa sinal capturado;  $S_v$  indica o sinal verdadeiro;  $r$  é o ruído. São considerados bons filtros aqueles que ressaltam  $S_v$  e minimizam  $r$ .

Marchetti & Duarte (2006) relatam que “o ganho” se caracteriza pela quantidade de amplificação aplicada ao sinal EMH. Todos os amplificadores possuem limites em sua variação de frequências. A região de frequências de trabalho é denominada de largura de banda do amplificador, portanto, os sinais de EMG dentro desse intervalo de frequências são adquiridos, enquanto que outras frequências são suprimidas ou eliminadas.

De acordo com Armstrong Júnior (2004) “A taxa de rejeição de modo comum (Common Mode Rejection Ratio - CMRR), representa o quanto o dispositivo consegue

atenuar tensões iguais presentes nas entradas diferenciais do amplificador.” O *input bias current* refere-se a corrente mínima constante para manter o amplificador ativo, onde qualquer corrente menor não é amplificada (MARCHETTI & DUARTE, 2006).

Figura 10 - Exemplo de sinal EMG com razão sinal/ruído



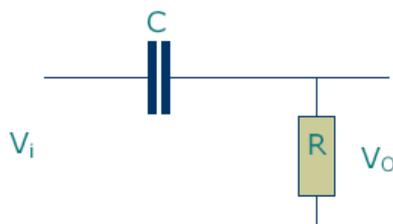
- A. Sinal EMG com boa razão sinal/ruído.  
B. Sinal EMG ruidoso com baixa razão sinal/ruído.

Fonte: MARCHETTI & DUARTE, 2006.

#### 4.17.3 Filtros

Basicamente existem quatro componentes de filtros quanto as suas características de atenuação. Para a escolha, deve-se levar em consideração o limite de variação de frequência do sinal analisado. O filtro passa-alta (high pass), permite a passagem das frequências altas reduzindo a amplitude para valores abaixo da frequência de corte ( $F_c$ ) (Figura 11). Para realizar o cálculo de ganho, frequência de corte e outros parâmetros, pode-se utilizar as equações da Tabela 3.

Figura 11 - Circuito do Filtro Passa



Fonte: ONUKI, 2005.

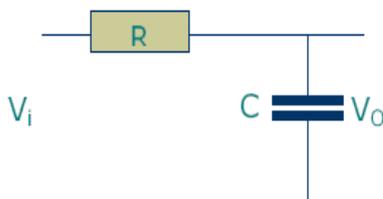
Tabela 3 - Tabela de Equações Filtro Passa Alta

Equação	Fórmula
1	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
2	$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
3	$A_v = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \angle \theta$
4	$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{X_C}{R} = -\text{tg}^{-1} \frac{X_C}{R}$

Fonte: ONUKI, 2005.

O filtro passa-baixa (low pass) permite a passagem das frequências menores que a  $f_c$  e atenua as que estão acima da  $f_c$  (Figura 12). Para realizar o cálculo de ganho, frequência de corte e outros parâmetros, pode-se utilizar as equações da Tabela 4.

Figura 12 - Circuito do filtro Passa Baixa



Fonte: ONUKI, 2005.

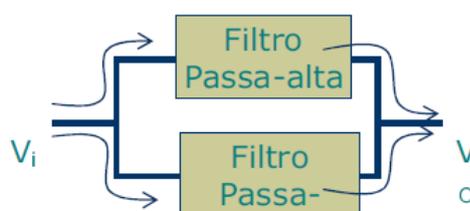
Tabela 4 - Tabela de Equações Filtro Passa Baixa

Equação	Fórmula
1	$A_v = \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \angle \theta$
2	$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$
3	$A_v = \frac{V_o}{V_i}$
4	$\theta = -90 + \operatorname{tg}^{-1} \frac{X_c}{R} = -\operatorname{tg}^{-1} \frac{R}{X_c}$
5	$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

Fonte: ONUKI, 2005.

O filtro rejeita banda (stop band) possui a função de complementar do filtro passa-banda e permite a passagem de uma determinada faixa de frequência de corte limitadas por 2 Fc. As frequências maiores a Fc1 e menores que Fc2 são atenuadas a zero (Figura 13).

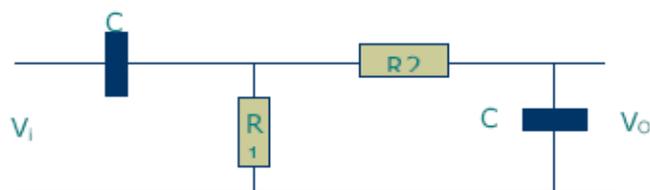
Figura 13 - Funcionamento do filtro Rejeita banda



Fonte: ONUKI, 2005.

Por fim, o filtro passa-banda (band pass), que permite a passagem de uma faixa da frequência limitada por duas frequências de corte (Figura14). As frequências menores que Fc1 e maiores que Fc2 sejam reduzidas a zero. (ARMSTRONG JÚNIOR, 2004; ONUKI, 2005; MARCHETTI & DUARTE, 2006).

Figura 14 - Circuito do filtro Passa banda



Fonte: ONUKI, 2005.

Tabela 5 - Tabela de Equações Filtro Passa-banda

Equação	Fórmula
1	$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
2	$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$

Fonte: ONUKI, 2005.

#### 4.17.4 Conversor análogo/digital

O conversor análogo/digital (ADC), permite registrar sinais analógicos em sinais digitais. Os dispositivos com sinal EMG analógico são usados para capturar sinais de voltagem (analógicos) e a informação registrada em formato numérico (digital), assim a informação pode ser processada pelo software e hardware. Os valores são quantificados em dígitos binários (bits<sup>2</sup>) e possuem um número fixo para quantificar a voltagem do sinal de entrada detectado. Para a escolha do conversor é necessário observar o ganho do sistema, o ruído de entrada e a voltagem máxima de saída do sistema (ARMSTRONG JÚNIOR, 2004; MARCHETTI & DUARTE, 2006).

#### 4.18 ESTUDOS ELETROFISIOLÓGICOS NA HANSENÍASE

O estudo eletrofisiológico é um importante recurso usado obter maior precisão diagnóstica no processo de adocimento da hanseníase. A condução nervosa permite analisar as fibras longitudinalmente. Os nervos são estimulados em vários pontos de seu trajeto. As respostas são captadas nos músculos, nervo ou pele, e sua análise fornece informações como a velocidade de condução motora ou sensitiva, permitindo avaliar o grau de mielinização do nervo (GARBINO & OPROMOLLA, 2003).

Em estudos relacionados, alguns resultados atingidos com a aplicação dessa técnica, baseia-se no uso da Eletroneuromiografia (ENMG). Essa técnica não fornece o diagnóstico etiológico, mas contribui como mais um recurso associado aos dados clínicos, para obter informações sobre o padrão de distribuição, tipo de fibra acometidas, topografia e grau da lesão (COELHO, 2013).

O ENMG também pode ser usado na indicação de cirurgia na neuropatia hansênica, pois fornece a localização dos processos patológicos. No entanto, a técnica apresenta algumas limitações, como dificuldade técnica relativa ao seu uso e relacionadas ao quadro clínico, e fornece informações apenas das fibras de condução mais rápida (COELHO, 20013).

Lima (2014) relata alguns estudos realizados comparando o uso da ENMG com outras técnicas de diagnóstico. Khambati (2009), realizou testes com pacientes com hanseníase não tratada, usando a ENMG como método padrão-ouro, comparando com testes de monofilamentos (MF) e teste muscular voluntário (TMV). Os resultados apontaram que os testes de MF e TMV apresentaram boa especificidade, mas baixa sensibilidade.

Van Brakel et al (2008), realizou uma análise comparando os testes para detectar diagnóstico precoce de neuropatias em pacientes na Ásia. Como resultado, em 39% dos pacientes não foi possível fechar o diagnóstico com apenas com testes de MF e TMV. Também foi possível observar que a velocidade da condução nervosa foi o parâmetro mais precoce e frequente afetado no teste eletrofisiológico.

De acordo com Lima (2014), estudos usando outras técnicas como vibrometria, limiars de sensação térmica e ultrassonografia também foram usados para avaliação de neuropatia, mas em menor proporção. Outro estudo realizado por Van Brakel et al (2005) em pacientes multibacilares, com o objetivo de identificar preditores neurológicos e imunológicos para neuropatia no diagnóstico e imediatamente antes do evento, teve como resultado que as alterações subclínicas da função nervosa avaliada pela ENMG foram os únicos fatores capazes de prever o evento.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram realizados no estudo. Serão discutidos aspectos sobre a caracterização da pesquisa, o ambiente em que ela foi realizada, a definição da amostra, procedimento de coleta e análise dos dados.

### 5.1 TIPO E NATUREZA DO ESTUDO

Esse é um estudo de natureza quantitativa, de caráter experimental, com uma perspectiva de buscar compreender os fenômenos e a natureza profunda das realidades através da coleta de dados numéricos.

De acordo com Pita (2002), o estudo quantitativo pode determinar a força de associação ou correlação entre variáveis, a generalização e objetivação dos resultados por meio de uma amostra de indivíduos que pertencem a determinado grupo ou sociedade. Além do estudo da associação ou correlação, a pesquisa quantitativa também pode, ao seu tempo, fazer inferências causais que explicam por que as coisas acontecem ou não de uma forma determinada.

Outro aspecto a ser considerado neste estudo, é o seu caráter experimental, que se caracteriza principalmente pela manipulação artificial da intervenção por parte do pesquisador, administrando-se uma intervenção e observando-se seu efeito sobre o desfecho. De acordo com a proposta da pesquisa, o ensaio clínico foi o escolhido por apresentar aspecto intervencionista e prospectivo, onde os participantes tiveram a mesma oportunidade de receber a intervenção proposta (NEDEL & SILVEIRA, 2016).

Por essa visão, a partir de uma pesquisa de caráter quantitativo, em consonância com uma abordagem experimental, foi possível investigar a avaliação da excitabilidade elétrica neuromuscular em pacientes com hanseníase.

### 5.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Ambulatório Central do Hospital Otávio de Freitas (HOF), localizado no município do Recife, PE. O HOF oferece atendimento para o tratamento de doenças respiratórias, traumatologia, clínica médica, urologia,

cirurgia geral e pediatria. Além disso, é referência para o tratamento de hanseníase, onde recebe pacientes em casos de suspeita e já diagnosticados com a doença, oferecendo atendimento nas áreas de dermatologia, terapia ocupacional, enfermagem e fisioterapia.

### 5.3 PARTICIPANTES DO ESTUDO

Para a pesquisa, foram considerados pacientes, de ambos os sexos, diagnosticados com hanseníase, confirmado pelos critérios clínicos, baciloscópicos ou histopatológicos de acordo com as especificações definidas pelo Ministério da Saúde. Como critério de inclusão, também foram considerados aqueles que tivessem, necessariamente, manchas hipopigmentadas e/ou avermelhada (características da doença), para que possa comparar a diferença da condução nervosa das células musculares nas áreas afetadas e normais dos pacientes com hanseníase. Os pacientes poderiam apresentar manchas em qualquer fase clínica da doença.

Como critério de exclusão foram considerados aqueles menores de 18 anos, pois a velocidade de condução nervosa de uma criança pode resultar na metade do valor de um adulto. Outro critério foi a presença de reação hansênica, uma vez que nesse tipo de reação os pacientes podem apresentar hipersensibilidade dos nervos ao toque, podendo gerar uma comparação entre as áreas não fidedigna.

A definição dos casos e controles foi estabelecida de acordo com a detecção das manchas. Considerou-se como caso a presença de manchas (local com ausência ou diminuição de sensibilidade), e como controle a área não afetada pela doença (funções motoras e sensitivas normais).

### 5.4 COLETA DE DADOS

A seguir, estará descrito como ocorreu o processo usado para a aquisição dos dados a partir do desenvolvimento de um projeto piloto.

#### 5.4.1 Projeto Piloto

Um projeto piloto foi realizado a fim de definir um protocolo para estabelecer as especificações técnicas e os parâmetros ideais para a aquisição dos sinais e

desenvolvimento do projeto. Após testes e exaustivas leituras sobre o tema, foi dado início o processo de aquisição dos sinais nos pacientes. O projeto foi desenvolvido no Departamento de Fisioterapia da UFPE, onde através de testes a fim de estabelecer o tipo de corrente.

Foi utilizado um aparelho eletroestimulador (facilmente encontrado no mercado - Neurodyn Compact, Ibramed), eletrodos de superfície bipolar, um aparelho eletromiógrafo dedicado (produzido no laboratório do GEPEB-UFPE), e um computador (Figura 15).

Figura 15 - Aparelhos utilizados na coleta de dados



Fonte: a autora, 2018.

#### a) Protocolo

##### - Corrente elétrica:

Após leituras sobre o tema, observou que a FES foi o tipo de corrente que melhor se adequaria ao estudo por conseguir obter um parâmetro de atividade muscular após a estimulação elétrica dos neurônios motores. Para o protocolo, outros parâmetros foram estabelecidos, como a intensidade da corrente, frequência, duração de pulso, tempo de estimulação e de repouso.

Por se tratar de FES, a frequência da corrente pode ser trabalhada de 1 a 100 Hz. Clinicamente, baseado no que diz a literatura, é recomendado usar um valor de 30 a 80 Hz. Nos entanto, para obter a seleção de mais fibras preconiza-se usar uma frequência de 50 a 80z. Para o estudo, foi então definido o valor equivalente a 80 Hz.

Para obter contração muscular recomenda-se usar a duração de pulso de 200 a 400  $\mu$ s. Neste sentido e objetivando não saturação do gráfico durante a captação do sinal pelo eletromiográfico optou em usar a valor referente a 250  $\mu$ s.

A intensidade da corrente deve ser suficiente para produzir um estímulo, por isso não é necessário aplicar uma carga alta e assim também evitar algum tipo de lesão ao paciente, umas vez que apresenta sensibilidade na área. Assim, foi utilizado intensidade de 5 mA, suficiente para atingir o estímulo necessário para captação do sinal e não gerar saturação no gráfico analisado.

Em relação ao tempo de contração e repouso (Tempo on e Tempo off), deve-se estabelecer uma relação de 1:2. A literatura não preconiza um valor estabelecido. Para obter melhor resposta para análise dos dados, foi definido o tempo de 4 e 8s.

Para que o eletromiógrafo analisasse o sinal captado em função da resposta neuromuscular ao estímulo aplicado, foi estabelecido o tempo de 1 minuto para sessão, suficiente para analisar e comparar os sinais.

#### - Cuidados gerais:

O posicionamento dos músculos deve ser analisado, visto que, diante a aplicação do estímulo elétrico, estes devem estar em repouso para não gerar interferência na análise da atividade muscular no momento em que o estímulo fosse aplicado, e assim poder comprar a diferença da condução nervosa nas áreas afetadas e saudáveis do paciente.

A integridade da pele sob os eletrodos deve ser checada antes de posicioná-los e aplicar à corrente. As áreas de posicionamento dos eletrodos precisam ser limpas para evitar que quaisquer substâncias da superfície possam aumentar a resistência da pele.

#### - Eletrodos:

É importante ressaltar que para o posicionamento dos eletrodos será seguido o protocolo estabelecido pelo SENIAM (Surface EMG for the Non-Invasive Assessment of Muscles), consócio europeu que padroniza os locais de colocação dos eletrodos.

O SENIAM preconiza a utilização de eletrodos de Ag-AgCL associado ao gel condutor para promover um comportamento estável em função do tempo, obtendo uma transição estável e com baixo ruído. Os eletrodos devem estar posicionados em relação ao sentido das fibras musculares.

A distância entre eles afeta o comprimento da banda das frequências e amplitude do sinal EMG. Para análise quantitativa é necessário definir uma distância fixa sem precisar separar as superfícies de detecção em grandes espaços (MARCHETTI & DUARTE, 2006). Assim, diante os testes, foi definido uma distância de 2 cm entre os eletrodos, em função ao ponto de estimulação. Esse espaço permite uma boa resposta a aquisição de sinal.

A seleção apropriada dos eletrodos também é importante, pois fornecem um meio de aplicar a corrente ao corpo e também um modo de distribuí-las. Após uma análise de custo/benefício, foram usados dois tipos de eletrodos, o autoadesivo e o de borracha condutora.

#### -Captação dos sinais:

Com o músculo em repouso, os três eletrodos de superfície autoadesivo pertencentes ao eletromiógrafo junto a outro eletrodo de borracha do eletroestimulador, foram colados próximos a área a ser analisada, a fim de medir a condução nervosa na região. Após isso, foi aplicado o estímulo elétrico na área usando apenas a ponta do segundo eletrodo do eletroestimulador com ajuda de uma pequena quantidade de gel condutor. Desta forma, o estímulo dado acontece de forma mais pontual, principalmente se a área analisada for pequena.

A diferença de potencial entre os dois eletrodos é registrada através de um amplificador diferencial. O terceiro eletrodo é usado para conectar o paciente ao solo. Assim, ao mesmo tempo em que os estímulos elétricos serão aplicados, o eletromiógrafo realizará a captação da resposta da condução nervosa, diante o estímulo dado. Após a aquisição dos sinais, será possível comparar a diferença da resposta aos estímulos dados nas áreas estimuladas. Vale ressaltar que a eletroestimulação deve seguir o padrão de tempo para o estímulos e repouso.

#### 5.4.2 Aplicação em pacientes

Depois da seleção dos participantes, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, estes serão submetidos a estímulos elétricos nas áreas das manchas hipopigmentadas e fora delas seguindo o protocolo estabelecido. A corrente e o sinal usados são de baixa intensidade e amplitude para não gerar desconforto ao paciente. Antes dos aparelhos serem instalados, algumas observações devem ser ressaltadas, como não provocar dor durante a aplicação da técnica e não gerar sensação de fadiga.

#### 5.5 ANÁLISE DOS DADOS

Após a estimulação elétrica, o eletromiógrafo analisa o sinal captado em função da resposta neuromuscular e envia ao software um pacote de dados a cada 25 ms. Para que isso aconteça, o sistema opera em duas placas, uma digital e outra analógica. A primeira, realiza a transmissão das informações processadas na placa analógica e através do módulo HC-05, envia os dados por Bluetooth. A analógica é a responsável pela amplificação diferencial, sistema de filtragem, amplificação pós filtro e sistema de deslocamento de nível de sinal.

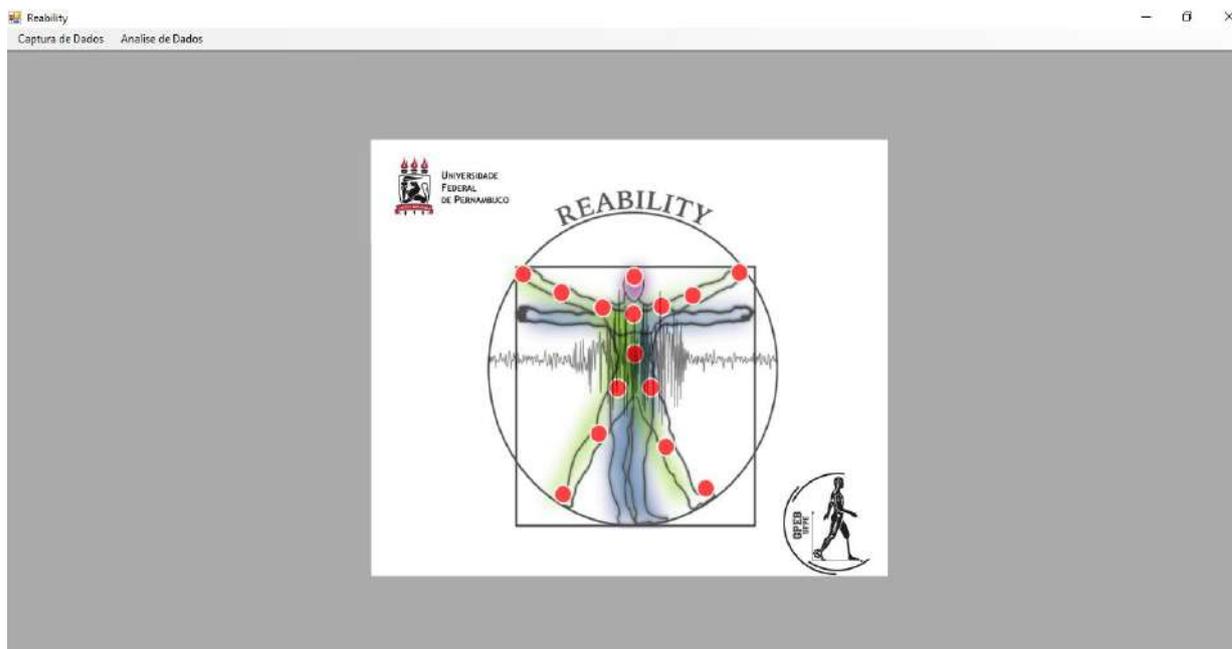
A amplificação diferencial é a responsável em aumentar o sinal em relação ao ruído de modo comum, que para atingir os objetivos da pesquisa, teve sua amplificação ajustada em 495 vezes. O sistema de filtragem garante a atenuação das frequências que estão fora da faixa de interesse do sinal de aquisição, usando um filtro passa alta de 1ª ordem com frequência de corte de 52,2 Hz e um filtro passa baixa de 2ª ordem com frequência de corte de 634 Hz. Por fim, o amplificador pós filtro, que aumenta ainda mais a amplitude do sinal até atingir um patamar responsivo do sinal de EMG.

A partir disso, os sinais captados pelo eletromiógrafo, são agrupados e analisados pelo software *Reability* (Figura16), desenvolvido no laboratório do GPEB-UFPE, enviados via bluetooth. Para que isso aconteça, é necessário que o software esteja pareado com o hardware, para que possa gerar no sistema operacional uma porta serial correspondente a comunicação Bluetooth, usada como canal de comunicação.

Assim, o armazenamento e a plotagem dos dados são executados em tempo real. Os dados recebidos do sistema de hardware são armazenados em uma variável

do tipo stream e depois salvos em disco, em um arquivo com extensão \*.reab. Para a plotagem dos dados foi usado como ferramenta gráfica a WPF Dynamic Data Display (CAVALCANTE, 2015).

Figura 16 - Software *Reability*



Fonte: GPEB, 2018.

O próximo passo é usar o MATLAB® como recurso para plotagem dos dados e para o desenvolvimento um algoritmo de análise do sinal eletromiográfico que permite selecionar o trecho do sinal a ser analisado, correspondente a ativação muscular, possibilitando ter como resultado a análise comparativa entre as estimulações elétricas dadas dentro e fora da mancha.

A fim de otimizar o sinal captado, optou em aplicar também o Filtro Média Móvel. Este filtro obtém a média entre os valores de um determinado sinal, com o intuito de suavizar as pequenas irregularidades do sinal e diminuir as grandes oscilações analisando a curva de sinal de maneira satisfatória (ASSIS, 2015).

Assim, a plotagem dos dados no MATLAB® deve tomar como base o algoritmo a abaixo:

Leitura de arquivos:

```
c1=importdata('D:\Coleta\paciente1 fora.replay');
```

```
c2=importdata('D:\Coleta\ paciente1 dentro.replay');
```

```
c3=importdata('D:\Coleta\ paciente2 fora.replay');
```

```
c4=importdata('D:\Coleta\ paciente2 dentro.replay');
```

Para a aplicação do Filtro Média Móvel para os arquivos do paciente:

```
c1 = c1-400;
coleta1 = c1;
for i=1:length(c1)-1
    y1 = c1(i);
    for j=1:250
        if(i+j<length(c1)-1)
            y1 = y1 + abs(c1(i+j));
        end
    end
    coleta1(i) = y1/250;
end
```

```
c2 = c2-400;
coleta2 = c2;
for i=1:length(c2)-1
    y2 = c2(i);
    for j=1:250
        if(i+j<length(c2)-1)
            y2 = y2 + abs(c2(i+j));
        end
    end
    coleta2(i) = y2/250;
end
```

Para a plotagem dos gráficos ficarem com as mesmas escalas foi selecionado o tamanho de cada vetor:

```
tempo1=0:1:length(c1)-1;
tempo1 = tempo1/1600;
```

```
tempo2=0:1:length(coleta2(324001:483001))-1;
tempo2 = tempo2/1600;
```

```
figure
subplot(2,1,1)    % add first plot in 2 x 1 grid
plot(tempo1(1:160001), coleta1(1:160001))
title('Paciente1 Fora da Mancha FMM')
```

```
subplot(2,1,2)    % add second plot in 2 x 1 grid
plot(tempo2, coleta2(324001:483001))    % plot using + markers
title('Paciente1 Dentro da Mancha FMM')
```

Após obter os valores referentes ao sinal captado, foi calculada a média entre os valores dos picos nas áreas que foram estimuladas, aplicando a fórmula abaixo. Os resultados superiores a  $p < 0,05$  foram considerados estatisticamente significantes.

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

## 5.6 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, CAAE 80207416.8.0000.5208. A pesquisa de campo teve início após sua aprovação. Os sujeitos do estudo tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que assinaram, caso desejaram participar da pesquisa, atendendo aos princípios éticos, conforme Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O TCLE (Apêndice A) foi assinado em duas vias por todos os sujeitos entrevistados. O projeto foi financiado por recurso próprios do autor e do Laboratório de Pesquisas em Engenharia Biomédica da UFPE.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

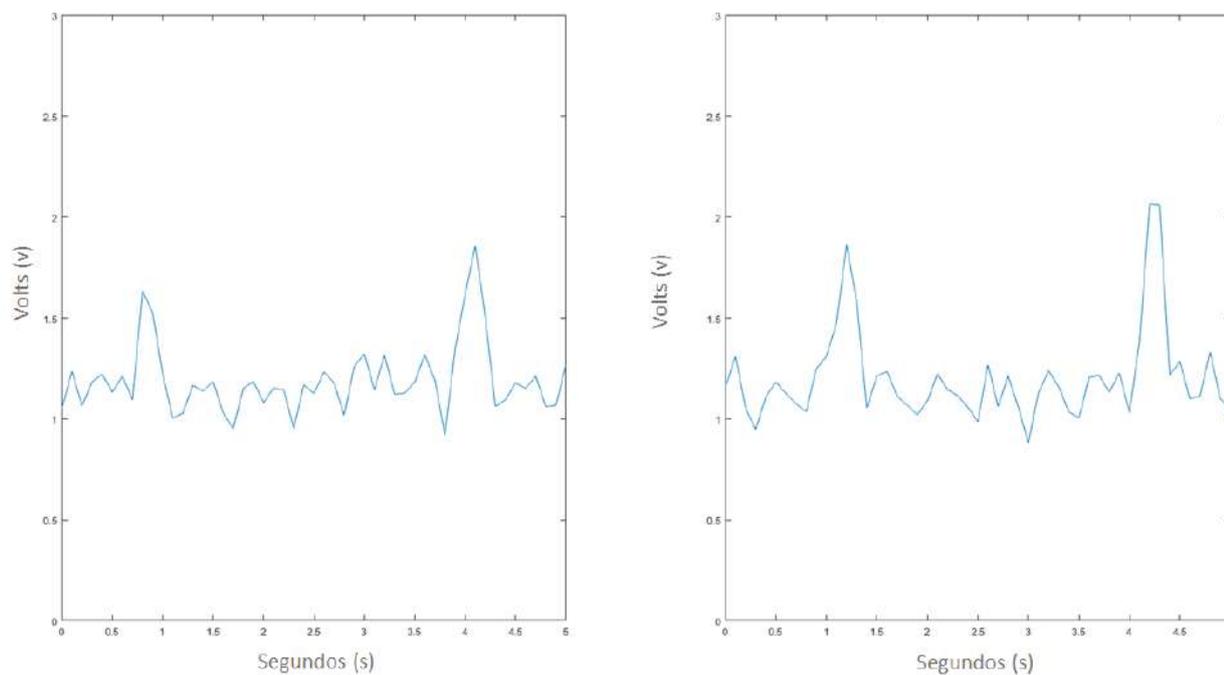
Neste capítulo serão expostos os resultados da pesquisa acerca das alterações de excitabilidade elétrica neuromuscular nas lesões de pacientes com hanseníase. Serão discutidos o desenvolvimento de um projeto piloto e a análise da diferença das respostas ao estímulo elétrico dado dentro e fora da mancha dos sujeitos do estudo. Por fim, será abordado a proposta um equipamento para o auxílio ao diagnóstico à doença.

### 6.1 AQUISIÇÃO DE SINAIS

Foram analisados sete pacientes, e após o processamento dos dados foi possível constatar que houve diferença de condução nervosa entre as áreas analisadas. Vale ressaltar, que a resposta do bacilo nos tecidos pode variar em virtude da resposta imune do sujeito. A doença pode apresentar sintomas sem alterações funcionais ou intensas, com infiltração granulomatosa de todo o parênquima neural, ocasionando a destruição do nervo com alterações de sua função (BRASIL, 2001). Por isso, durante os testes observou diferentes respostas à estimulação elétrica, mesmo usando os mesmos parâmetros no estimulador.

Nas imagens a seguir, os gráficos A estão relacionados as áreas dentro das manchas, e os gráficos B, representam as regiões fora dela. No primeiro gráfico, o paciente é portador da hanseníase paucibacilar do tipo Tuberculoide. A estimulação elétrica aconteceu na mancha levemente hipopigmentada localizada na região das costas, no músculo grande dorsal (Figura 17).

Gráfico 2 - Análise do sinal eletromiográfico do Paciente 1



Fonte: a autora, 2018.

Figura 17 - Mancha hipocrômica em músculo grande dorsal



Fonte: a autora, 2018.

Como pode ser observado, existe diferença entre os níveis dos picos dos gráficos no momento da estimulação elétrica. Através do cálculo da média dos valores entre os picos, nota-se que na área da mancha (gráfico A), o primeiro pico chegou a uma tensão de 1,63V, após uma pausa de cerca de 2,5 s, o segundo pico atingiu uma escala de 1,85V. Esses valores apresentam-se maiores quando o estímulo elétrico foi

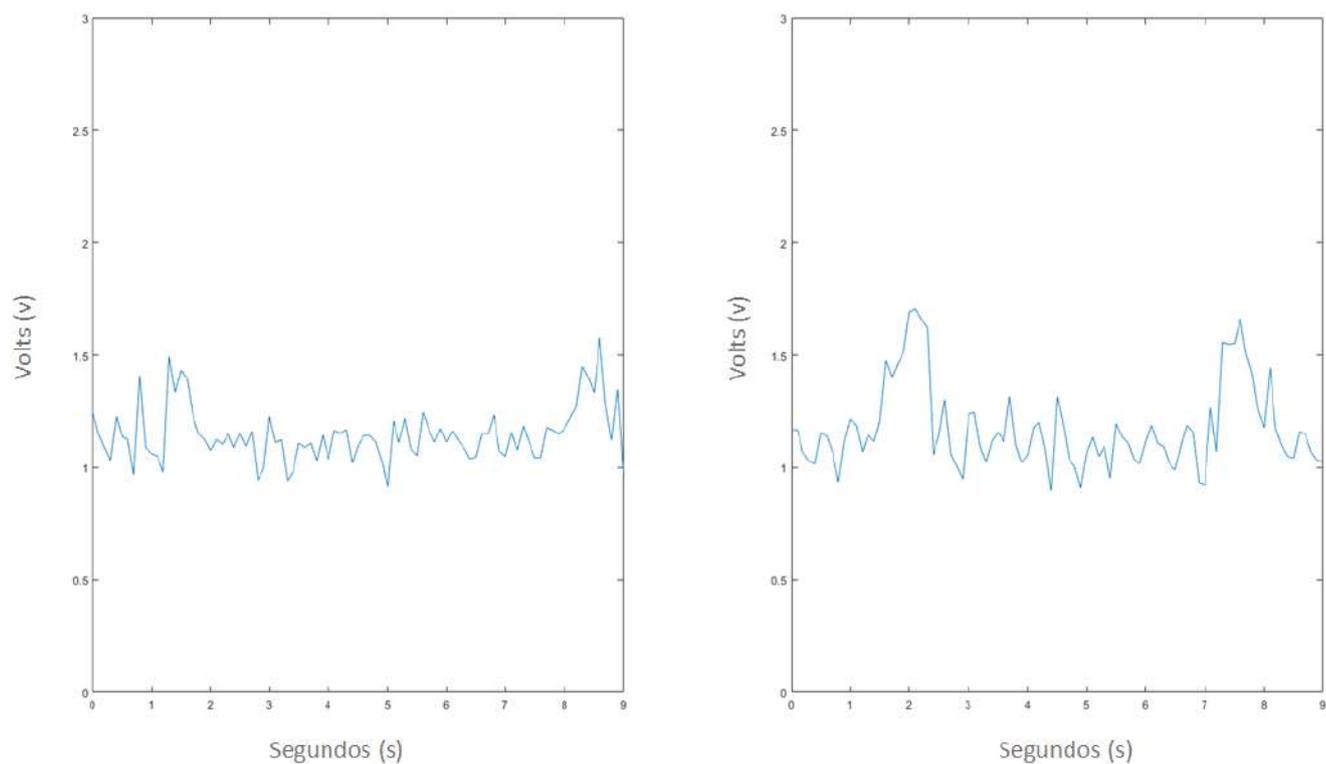
dado na área fora da mancha, com valores dos picos em 1,86 V e 2,06 V. Estes resultados representam uma diferença de média de 0,21V entre as áreas.

É importante destacar que, de acordo com o Ministério da Saúde (2014), a presença de manchas hipopigmentadas e a diminuição de sensibilidade nessas regiões são os primeiros sinais e sintomas a aparecer. Isso acontece em decorrência da predileção do bacilo causador da doença pelas células nervosas periféricas que atingem desde as terminações da derme até os troncos nervosos.

Garbino (2003), ainda enfatiza que, por se tratar de neuropatia periférica, na hanseníase, as estruturas neurais desenvolvem edema, provocando espessamento neural e conseqüentemente, alterações na função sensitiva ou sensitivo-motora. Estas inflamações acometem tanto na pele como nos troncos e ramos nervosos.

No gráfico a seguir, nota-se que existe pouca diferença entre a tensão elétrica no momento da estimulação no paciente 2, realizado no músculo do trapézio (Figura 18). Neste, a mancha apresenta características de hanseníase paucibacilar do tipo indeterminada. Os picos da área da mancha apresentou uma média de 1,53V, enquanto na região fora da mancha o número corresponde a 1,68 V. Isso resulta numa diferença de apenas 0,14 V entre as médias das duas regiões estimuladas. Acredita-se que essa situação seja em decorrência do diagnóstico precoce da doença por apresentar discreta diminuição na sensibilidade.

Gráfico 3 - Análise do sinal eletromiográfico no paciente 2



Fonte: a autora, 2018.

Figura 18 - Manchas hipocrômicas em músculo do trapézio



Fonte: a autora, 2018.

Diante de tal resultado, fica claro de que é importante que o diagnóstico da doença aconteça de modo precoce. Quando diagnosticada tardiamente, ocorre incapacidade física e deformidades causadas pelo comprometimento dos nervos

periféricos, e embora seja uma doença milenar, o preconceito ainda está presente na sociedade, assim como reações de raiva, negação, vergonha e culpa nas pessoas portadoras da doença (MELLAGI & MONTEIRO, 2009; ALVES, 2014).

Bakkeer (2005) ainda relata que as deformidades e incapacidades físicas são importantes indicadores de agravamento da doença. As sequelas motoras deixadas pela doença são definitivas, mesmo tendo realizado o tratamento e ter recebido alta por cura. Por isso, a importância do estudo em contribuir para que o diagnóstico aconteça de modo rápido e eficaz.

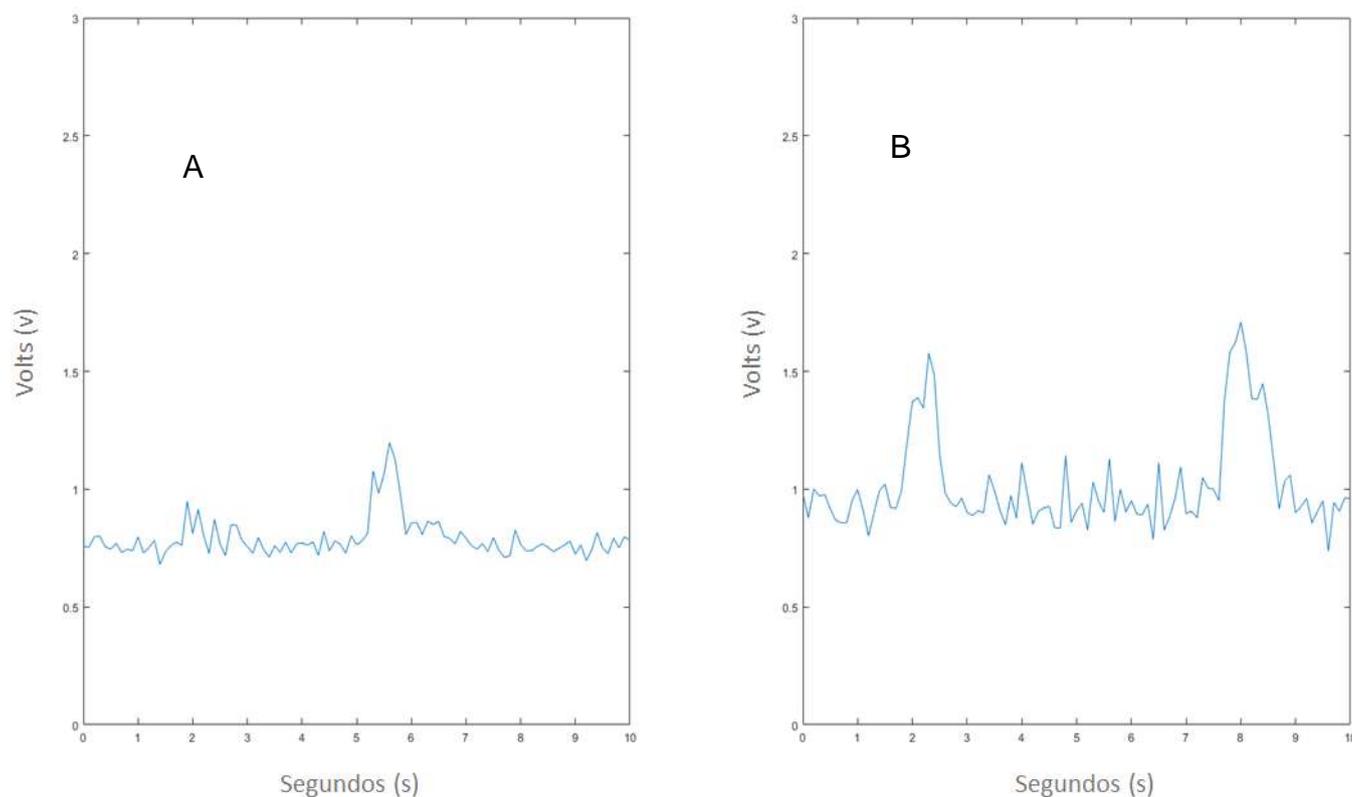
O gráfico seguinte (Gráfico 4) demonstra maior diferença entre a tensão dentro da área estimulada (Figura 19) em relação a região fora dela, se comparada ao exemplo anterior. Neste, as lesões apresentadas eram do tipo Dimorfa. Os picos na área interna variaram de 0,94 V a 1,19 V num intervalo de 2s, enquanto fora, os números corresponderam de 1,57 V a 1,71 V, com um tempo de 3s. A diferença média entre picos das regiões dentro e fora da mancha correspondeu ao valor de 0,57 V.

Figura 19 - Mancha avermelhada em músculo vasto medial



Fonte: a autora, 2018.

Gráfico 4 - Análise do sinal eletromiográfico no paciente 3



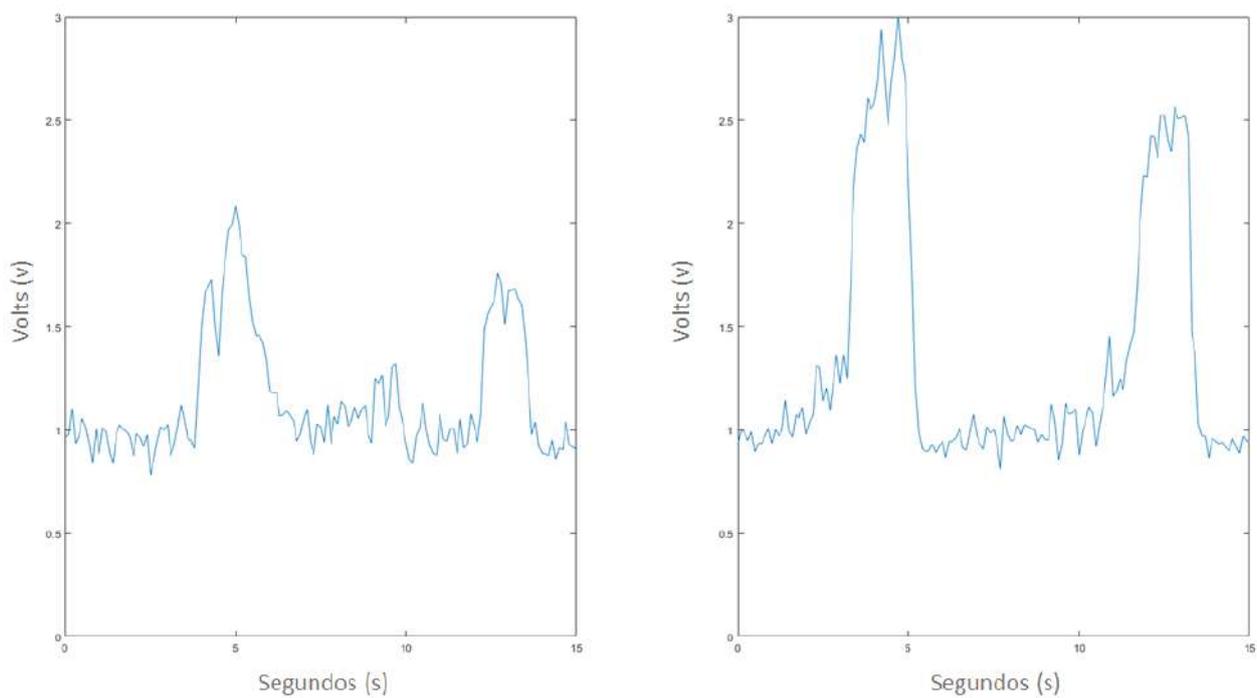
Fonte: a autora, 2018.

O gráfico 5 foi o que apresentou maior diferença da resposta da condução nervosa. Na região dentro da mancha (gráfico A), o pico da tensão elétrica em relação ao estímulo elétrico dado variou entre 2,08 V a 1,75 V, enquanto no local com presença de sensibilidade (gráfico B) o número correspondeu a 2,94 V a 2,56 V. Isso representa uma diferença de média de 0,83 V.

Tal resultado pode ser justificado pela característica da mancha (Figura 20), que apresenta aspecto de lesão, tom avermelhado, forma oval e bordas definidas, característica da hanseníase dimorfa (BRASIL, 2017b). Por ser do tipo multibacilar, apresenta maior quantidade de bacilos no local e sensibilidade ausente ou diminuída.

De acordo com Garbino (2014), a diminuição da condução nervosa é explicada pelo acometimento das células nervosas periféricas pelo *M. leprae*. Isso acontece porque as células de Schwann, responsáveis pela condução dos impulsos nervosos, são as primeiras células a serem atingidas pelo bacilo, comprometendo as terminações nervosas livres provocando inicialmente alteração de sensibilidade.

Gráfico 5 - Análise do sinal eletromiográfico no paciente 4



Fonte: a autora, 2018.

Figura 20 - Mancha avermelhada e com infiltração em músculo oblíquo externo

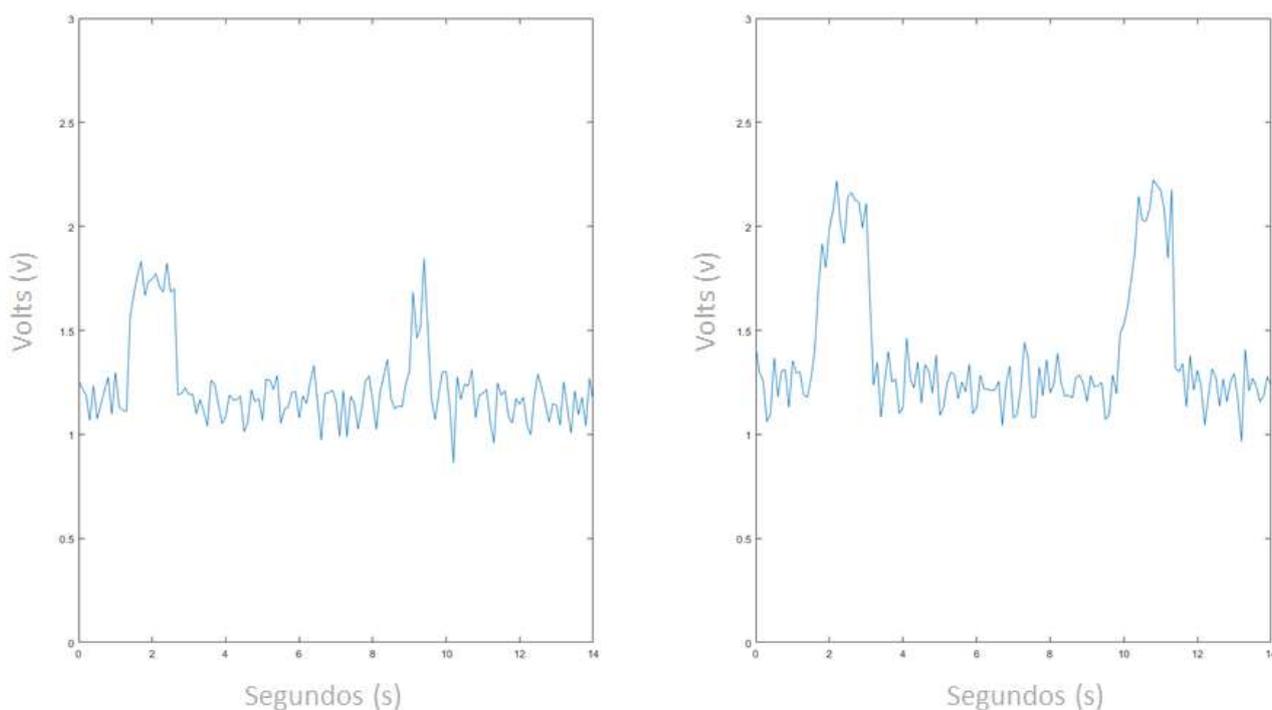


Fonte: a autora, 2018.

Assim como os demais, o gráfico 6 também apresentou diferença entre as áreas estimuladas. Os picos de maior tensão elétrica corresponderam a área fora da mancha (gráfico B), com números de 2,22 V e 2.23 V. Os de menor tensão, correspondeu a regiões dentro da mancha (Gráfico A), com 1,83 V e 1,84 V, comprovando que há diminuição de sensibilidade nessa região. A diferença na média entre os picos das duas regiões foi de 0,38 V.

As manchas do paciente (Figura 21) apresentavam características de tom avermelhado e bordas irregulares, e com achados de mais de cinco lesões, caracterizando hanseníase do tipo Dimorfa (BRASIL, 2017a), com alteração de sensibilidade assim como no caso anterior.

Gráfico 6 - Análise do sinal eletromiográfico no paciente 5



Fonte: a autora, 2019.

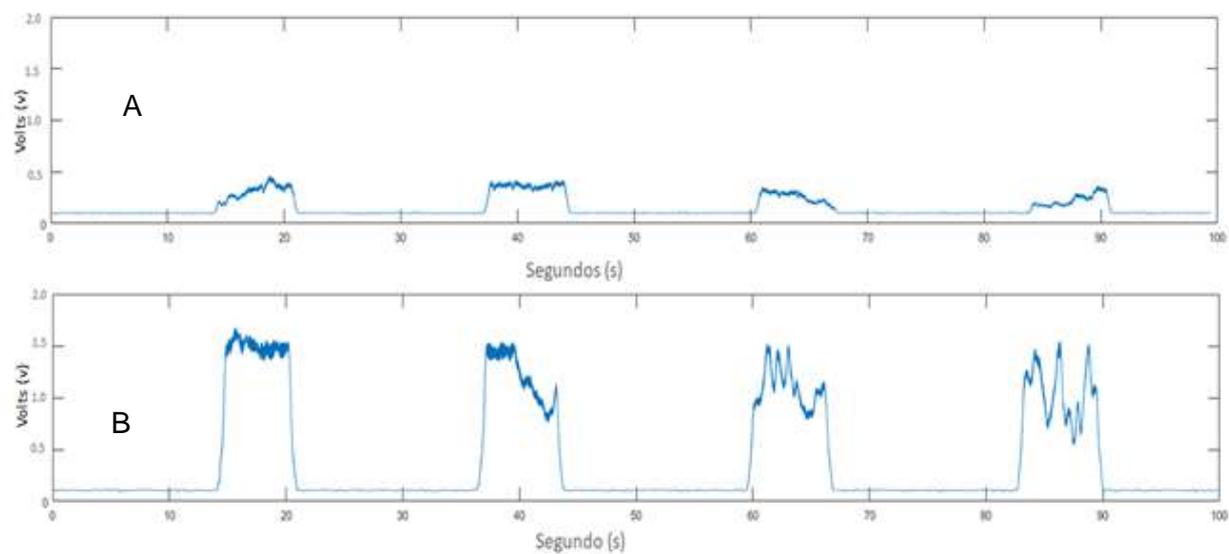
Figura 21 - Manchas avermelhadas em músculos romboide e esplênio do pescoço



Fonte: a autora, 2018.

No gráfico 7, observa-se visível diferença de amplitude entre as áreas observadas. Dentro da mancha (gráfico A), a resposta ao estímulo elétrico foi menor quando entre os pontos de estimulação. A mancha do paciente apresentava características da hanseníase do tipo Tuberculoide, com lesão anular bem delimitada e totalmente anestésica (Figura 22), comparada a região fora da mancha (gráfico B) no intervalo de repouso de 8 segundos.

Gráfico 7- Análise do sinal eletromiográfico no paciente 6



Fonte: a autora, 2018.

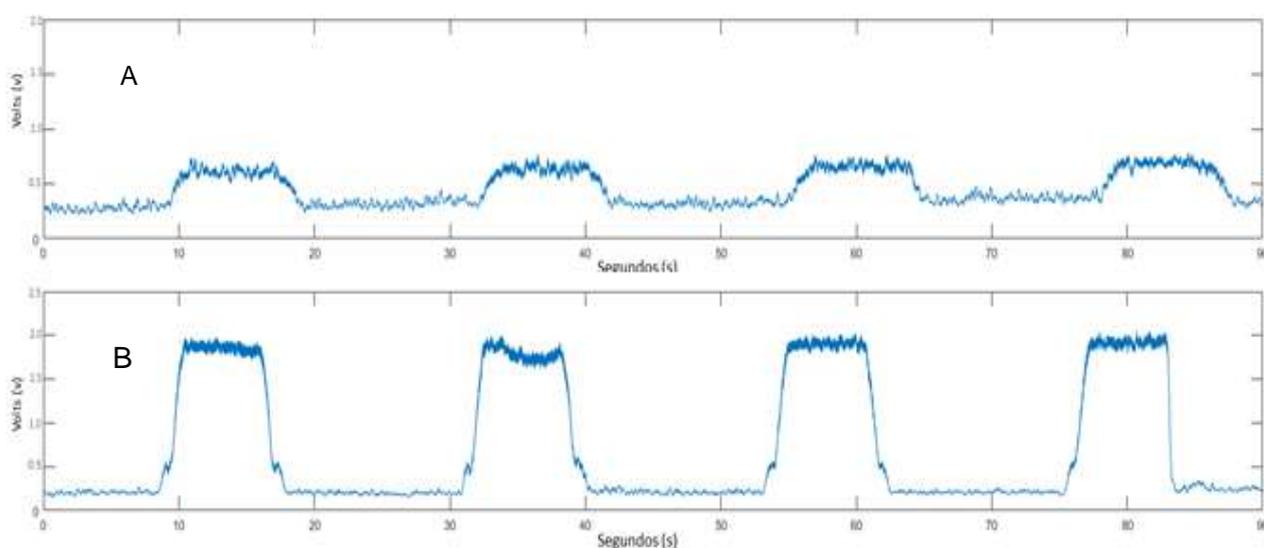
Figura 22 - Mancha em músculo tibial anterior da perna direita



Fonte: a autora, 2018.

No gráfico 8, nota-se que existe diferença de amplitude mais significativa à resposta a estimulação elétrica entre as áreas estimulas. A área fora da mancha (gráfico B) apresentou picos mais intensos se comparados a resposta da área com diminuição de sensibilidade (gráfico A). Esse resultado está relacionado a ausência de sensibilidade maior por a mancha apresentar característica de hanseníase do tipo Dimorfa, onde as lesões são elevadas bem delimitadas, avermelhadas nas bordas e com centro branco, com perda total da sensibilidade (Figura 23).

Gráfico 8 - Análise do sinal eletromiográfico no paciente 7



Fonte: a autora, 2018.

Figura 23 - Mancha com centro irregular e anestésica em músculo tibial anterior da perna esquerda



Fonte: a autora, 2018.

Diante do atual cenário que a hanseníase se encontra, se faz necessários estudos voltados a eletrodiagnósticos da doença. É importante destacar que o exame elétrico é essencial na pesquisa das reações dos nervos e músculos e não se restringe apenas a existência da lesão, mais também a aspectos da intensidade do comprometimento nervoso.

Apesar de existir na literatura estudos sobre o comprometimento neural na hanseníase, ainda necessitam de observações mais aprofundadas, principalmente no que se refere ao eletrodiagnóstico e outros elementos neurológicos da doença. Diante do que foi abordado sobre a hanseníase e suas moléstias, se faz necessário estudos mais aprofundados de modo a contribuir para sua investigação e eliminação.

## 6.2 PROPOSTA DE EQUIPAMENTO

A partir do estudo realizado pode-se observar que é importante o desenvolvimento de um equipamento que auxilie no diagnóstico inicial da Hanseníase. Assim para a identificação da condução diminuída ou pouca sensibilidade deve-se utilizar um equipamento capaz de gerar estímulos elétricos de baixa amplitude e corrente.

Nos testes realizados, identificou que a onda que mais se adequava as especificidades do estudo foi a do tipo FES. Os parâmetros identificados no paciente, baseados nos testes realizados ainda no projeto piloto, deveriam estar com frequência de 80 Hz, intensidade de 05 mA, tempo de sustentação em 250  $\mu$ s, tempo de estimulação (tempo on) 04s e tempo de repouso (tempo off) 08s. A amplitude do sinal depende muito do tipo da lesão a ser analisada, desta forma deve-se projetar um equipamento que gere sinais com amplitudes variáveis que devem ser verificadas no momento da eletroestimulação.

Como dispositivo de análise de sinal elétrico proveniente do eletroestimulador, através da pele, deve-se utilizar um equipamento do tipo de EMG. O projeto desse equipamento pode ter um ganho fixo, capaz de verificar o sinal de eletroestimulação sem haver nenhuma saturação, uma vez que durante a aplicação dos testes, em alguns casos notava-se que o sinal adquirido pelo equipamento de EMG ficava saturado, nessa situação era indicado diminuir o nível de amplitude da eletroestimulador.

O projeto para o EMG pode utilizar filtros fixos de 70 a 300Hz pois a faixa de frequência do sinal alvo está relacionada normalmente a condução elétrica e a contração de sinais de EMG, com tamanho médio a grande, os quais possuem frequência não muito alta. Outro fato é que, como procura-se analisar a diferença do sinal na lesão e em região muito próxima a ela, os valores de amplitudes não são específicos, pois estes variam de pessoa a pessoa.

A proposta do equipamento para esse tipo de análise é a integração de um eletroestimulador e um equipamento de EMG, com um display de cristal líquido, e um microcontrolador capaz de analisar os picos de tensão adquiridos pelo EMG e identificar se existe uma grande variação entre o sinal na lesão e fora dela.

Resumo de projeto de equipamento:

a) Eletroestimulador:

- Gerador de FES com frequência de 80 Hz;
- Intensidade de 05 mA;
- Duração de pulso em 250  $\mu$ s;
- Tempo de estimulação em 4s.
- Tempo de repouso em 8s.

b) EMG:

- Amplificador com Ganho igual a 500;
- Filtro Passa Alta de 70Hz;
- Filtro Passa Baixa de 300Hz.

Os valores de amplitude e filtros foram obtidos experimentalmente de acordo com o equipamento de eletroestimulação utilizado, podendo haver variações de acordo com a amplitude do sinal de eletroestimulação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hanseníase representa um importante problema de Saúde Pública no país. O diagnóstico no início da doença ainda é a melhor opção na redução de agravos e eliminação da mesma. No entanto, o processo para detecção da doença hoje ainda é falho e gera algumas dúvidas para fechamento do quadro. A dificuldade principal está na interpretação dos testes de sensibilidade, por serem autorreferidos, e na ausência de sintomas no início da doença.

Desta forma, o estudo surgiu como necessidade de contribuir no diagnóstico inicial da doença de modo preciso, gerando uma triagem. No entanto, durante a execução do trabalho, algumas dificuldades foram encontradas, como a precariedade de estudos relacionados a excitabilidade elétrica neuromuscular em paciente com hanseníase. A baixa demanda de pacientes que se encaixassem nos critérios de inclusão foi outro fator de dificuldade, pois a maioria deles apresentavam reações hansênicas.

Através de testes foi possível analisar as alterações de excitabilidade elétrica neuromuscular nas lesões usando FES e EMG, e comprovar quantitativamente que há diminuição de sensibilidade. A pesquisa buscou comparar a diferença da resposta ao estímulo elétrico nas áreas afetadas e saudáveis do próprio paciente, mostrando que nas áreas da lesão a condução nervosa das células foi menor do que nas regiões sem manchas, independentemente do tipo de hanseníase apresentada.

Durante as análises dos dados observou-se que nas manchas com discreta hipopigmentação e sem bordas definidas, a amplitude da corrente elétrica e a média dos picos nos gráficos foram menores em relação aos resultados das áreas com manchas mais definidas. Tal resultado pode ser atribuído ao tipo de lesão, se PB ou MB. Quando PB, as manchas são menores, hipocrômicas e com distribuição de modo assimétrico.

A hanseníase necessita de ideias eficazes para mudar seu cenário atual. É necessário repensar o modelo de assistência praticado, priorizando o diagnóstico precoce e a redução de danos. Isso sugere repensar as linhas de cuidado construídas no cotidiano do SUS. Destaca-se ainda a importância de um maior apoio governamental em aspectos financeiros e de recursos humanos, tendo em vista que a hanseníase é uma doença negligenciada e bastante endêmica no país.

Com as informações coletadas, pode-se elaborar novas estratégias na busca de redução de danos e eliminação da doença. Desta forma, espera-se que este estudo possa ser usado como importante ferramenta no auxílio diagnóstico à doença. Os equipamentos apresentam viabilidade técnica acessíveis e de fácil manuseio. Embora ainda seja necessário treinamento dos profissionais que realizam o diagnóstico a fim de explicar a importância deste recurso, a funcionalidade e o manuseio do equipamento.

Para que a técnica usada no estudo seja aplicada é necessário que recursos financeiros sejam investidos, para que tais equipamentos sejam disponíveis nos serviços de saúde. Os equipamentos apresentam custos moderados se comparados a outros exames eletrofisiológicos que requer recursos humanos e financeiros mais específicos e elevados, como em outros exames complementares para os diagnósticos de neuropatia da hanseníase.

Tendo em vista a necessidade no diagnóstico da doença, recomenda-se para trabalhos futuros a elaboração de um equipamento com algoritmos que tenha a função de medir os picos de tensão elétrica em relação ao estímulo dado e comprar os resultados aplicados em diferentes áreas.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C.H.M. et al. Hanseníase no município de Fortaleza, CE, Brasil: aspectos epidemiológicos e operacionais em menores de 15 anos (1995 a 2006). Brasília, 2008.
- ALENCAR, C.H. M.; RAMOS J.N. A.; SENA NETO S.A.; MURTOC, N.; ALENCAR M.J. F.; BARBOSA, J. C.; HEUKELBACH, J. Diagnóstico da hanseníase fora do município de residência: uma abordagem espacial, 2001 a 2009. **Cad. Saúde Pública**, 2012.
- ALVES, E.D.; FERREIRA, T.L.; FERREIRA, I.N. Hanseníase: avanços e desafios. Brasília: **NESPROM**, 2014. 492 p.; 23 cm.
- AMADIO, A.C.; COSTA, P. H.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J.C.; ARAUJO, R.C.; MOCHIZUKI, L.; DUARTE, M. Introdução à Biomecânica para Análise do Movimento Humano: Descrição e Aplicação dos Métodos de Medição. São Paulo, 2010.
- ARDELLI, B. Brasil castigou pessoas com hanseníase, separou-as à força de seus filhos e você nem sabe. 2017. Disponível em: <<http://justificando.cartacapital.com.br/2017/11/07/brasil-castigou-pessoas-com-hanseníase-separou-as-forca-de-seus-filhos-e-voce-nem-sabe/>>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- ARMSTRONG JÚNIOR, N.B. Sistema de reconhecimento de comandos baseados em sinais de eletromiografia (EMG). Curitiba, 2004.
- ASSIS, C.T.R. Filtragem baseada em média móvel para identificação de sistemas. Campina Grande, 2015.
- BAKKER, M. Epidemiology and Prevention of Leprosy: a cohort study in Indonesia. KIT **Publishers**, 2005.
- BARRETO, J. A. *in*. Universidade de Brasília-UnB. **Hanseníase: avanços e desafios**. Brasília, NESPROM, 2014. p. 131-140, ilustrado. Trab. Monografia Português/SES SP – Instituto Lauro de Souza Lima. ID: ses -30676.
- BOHÓRQUEZ, I.J.R. SOUZA, M.S. PINO, A.V. Influência de parâmetros da FES na contração do quadríceps. **Rev. Bras. Eng. Biom.**, v. 29, n. 2, p. 153-165, jun. 2013.
- BORGES, D.P.L.; REIS, A.C.S.M.; D'ÁVILA V.G.F.C.; BARBOSA, M.S.; TERNES, Y.M.F.; SANTIAGO, S. B.; SANTOS, R.S. Hanseníase: Imunopatogenia e Aspectos Terapêuticos. Saúde & Ciência em Ação – **Revista Acadêmica do Instituto de Ciências da Saúde**. v.3, n. 01: Agosto-Dezembro 2016 ISSN: 2447 9330. Goiás, 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. **Guia de Vigilância em**

**Saúde: volume único** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde/ Coordenação Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. – 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Guia prático sobre a hanseníase** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017. 68 p.: il.

BRASIL. Ministério da Saúde, DATASUS/SAGE. Situação de saúde, indicadores de morbidade, hanseníase. Brasília: Ministério da Saúde; 2018.

BRAZ, G. P.; RUSSOLD, M.; DAVIS, G.M. Functional electrical stimulation control of standing and stepping after spinal cord injury: A review of technical characteristics. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2009; 12(3):180-90.

CAVALCANTE, L. A. Plataforma Dinâmica de Avaliação Fisioterápica. Recife, 2015.

COELHO, M. C. G. Eletroneuromiografia e Hanseníase. In: LYON, S. (Org). *Hanseníase*. Rio de Janeiro: **Medbook**, 2013. p. 119-125.

COLLINS, D.F. Central contributions to contractions evoked by tetanic neuromuscular electrical stimulation. **Exercise and sport sciences reviews**. 2007; 35 (3):102-9.

CUNHA, A. Z. S. Hanseníase: aspectos da evolução do diagnóstico, tratamento e controle. **Ciência & Saúde Coletiva**, 7(2):235-242, 2002.

DOUGLAS J.T.; CELLONA R.V.; FAJARDO JR, T.T. et al. Prospective study of serological conversion as a risk factor for development of leprosy among household contacts. **Clin Diagn Lab Immunol**. 2004;11(5):897-900.

DUERKSEN, F. Neuropatia. In: OPRMOLLA, D. (Editor.). *Prevenção de Incapacidades e Reabilitação em Hanseníase*. BAURU: Instituto Lauro de Souza Lima, 2003.

EIDT, L.M. Breve história da hanseníase: sua expansão do mundo para as Américas, o Brasil e o Rio Grande do Sul e sua trajetória na saúde pública brasileira. **Saúde soc**. vol.13 no.2 São Paulo May/Aug. 2004.

FORTI, F. Análise da função eletromiográfica em diferentes posicionamentos, tipos de eletrodos, ângulos articulares e intensidades de contração. Piracicaba - São Paulo, 2005.

FRANÇA, A.I.; GOMES, J.N. A técnica de ERP: investigando a assimetria sujeito-objeto na interface sintaxe-semântica com EEG. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 50, n. 3, p. 360-370, jul.-set. 2015.

GARBINO, J. A.; OPROMOLLA, D. V. A. Monitoração da neuropatia da hanseníase. In: Baccarelli R., Opromolla D.V.A. (Editors.). Prevenção de incapacidade e reabilitação em hanseníase. Bauru: Instituto Lauro de Souza Lima; 2003. p.33-6.

GARBINO, J. A.; NERY, J. A.; VIRMOND, M.; STUMP P. R.N.; BACCARELLI, R.; MARQUES JR, W. Hanseníase: Diagnóstico e Tratamento da Neuropatia. 4 de julho de 2003.

GARBINO, J.A.; MARQUES JUNIOR, W. A neuropatia da Hanseníase. In: ALVES, E. FERREIRA, T. FERREIRA, I. (Org.). Hanseníase Avanços e Desafios. Brasília: Universidade de Brasília, 2014. p. 216-231.

GENTIL, P. Eletroestimulação. Grupo de estudos avançados em saúde e exercícios. 2004.

GIRÃO, O.A. NETA; ARRUDA, G.M.M. S.; CARVALHO, M.M. B.; GADELHA, R.R. Percepção dos profissionais de saúde e gestores sobre a atenção em hanseníase na estratégia saúde da família. **RevBrasPromoç Saúde**, Fortaleza, 30(2): 239-248, abr./jun., 2017.

KANTOR, G.; ALON, G.; HO, H.S. The effects of selected stimulus waveforms on pulse and phase characteristics at sensory and motor thresholds. **Physical therapy**. 1994;74(10):951-62.

KHAMBATI, F. A. et al. Sensitivity and specificity of nerve palpation, monofilament testing and voluntary muscle testing in detecting peripheral nerve abnormality, using nerve conduction studies as gold standard; a study in 357 patients. **Lepr Rev**, v. 80, n. 1, p. 34-50, Mar 2009.

KITCHEN S. Eletroterapia: prática baseada em evidências. *Electrotherapy - Evidence-Based Practice*. 11ed. **Manole**. São Paulo, 2003.

KORFIAS, M. D.; STEFANOS, I. et al. The History of Electrical Stimulation. Abstract: 2009 Aug 30. **American Association of Neurological Surgeons**.

KRUEGER-BECK, E.; SCHEEREN, E. M.; NOGUEIRA-NETO, G.N.; BUTTON, V.L.S. N.; NEVES, E.B.; NOHAMA, P. Potencial de ação: do estímulo à adaptação neural. **Fisioter. Mov.**, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 535-547, jul./set. 2011.

LASTORIA, J. C.; ABREU, M.A.M.M. Hanseníase: diagnóstico e tratamento. *Diagn Tratamento*. 2012;17(4):173-9. São Paulo, 2012.

LIMA, P.O.P. Eletroneuromiografia na Hanseníase. Universidade Federal do Ceará, 2014.

LLOYD, D.P.C., CHANG, H.T. Afferent nerves in muscle nerves. **Journal of Neurophysiology** 11: 488-518, 1948.

LOW, J.; REED, A. Eletroterapia explicada: princípios e prática. 3ª ed. São Paulo: **Manole**; 2001. p.97-119.

MAFFIULETTI, N.A.; MORELLI, A.; MARTIN, A. Effect of gender and obesity Nonelectrical current thres holds. **Muscle&Nerve**. 2011; 44(2):202-7. PMID:21698650.

MANNION, A.F.; DOLAN, P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. **Spine**, v. 19, p. 1223-1229, 1994.

MARCHETTI, P.H.; DUARTE, M. Instrumentação em eletromiografia. São Paulo, 2006.

MEDEIROS, F.V. A. Influência de correntes de média e baixa frequência e da dobra cutânea sobre o desconforto sensorial e o pico de torque extensor do joelho. Brasília, 2014.

MELLAGI, A. G.; MONTEIRO, Y. N. O imaginário religioso de pacientes de hanseníase: um estudo comparativo entre ex-internos dos asilos de São Paulo e atuais portadores de hanseníase. **História, Ciências, Saúde- Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 489-504, 2009.

MORHAN. Movimento de Reintegração das Pessoas Atingidas pela Hanseníase. Em discussão sobre mudança no tratamento. Disponível em: <[http://www.morhan.org.br/noticias/2365/sobre\\_mudanca\\_no\\_tratamento\\_da\\_hanseníase:\\_morhan\\_alerta\\_para\\_a\\_necessidade\\_de\\_protecao\\_dos\\_usuarios](http://www.morhan.org.br/noticias/2365/sobre_mudanca_no_tratamento_da_hanseníase:_morhan_alerta_para_a_necessidade_de_protecao_dos_usuarios)>. Acesso em:26. Jul.2018.

NEDEL, W. L.; SILVEIRA, F. Os diferentes delineamentos de pesquisa e suas particularidades. **Rev Bras Ter Intensiva**. 2016; 28(3):256-260.

OPROMOLLA, D. V. A. Manifestações clínicas e diagnósticos diferencial. In: Noções de Hansenologia. OPROMOLLA, D.V.A. 1ª Edição, Ed. OPROMOLLA, DVA, Bauru – SP, p. 51-58, 2000.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Estratégia mundial de eliminação da lepra 2016-2020: Acelerar a ação para um mundo sem lepra. Biblioteca da OMS/SEARO, 2016.

PEDOTTI, A.; FERRARIN, M. Restoration of walking for paraplegics: recent advances and trends. IOS Press; 1992.

PEREIRA, D. L.; BRITO, L. M.; NASCIMENTO, A. H.; RIBEIRO, E.L.; LEMOS, K.R.M.; ALVES J.N. et al. Estudo da prevalência das formas clínicas da hanseníase na cidade de Anápolis-GO. **Rev. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, 2012.

PITA F. S., PÉRTEGAS D. S. Investigación cuantitativa y cualitativa. **Cad Aten Primaria**, 2002, vol. 9, p. 76-8.

PORTNEY, L. G.; ROY, S.H. Eletromiografia de testes de velocidade de condução nervosa. In: O'SULLIVAN, S.B.; SCHMITZ, T.J. Fisioterapia avaliação e tratamento. 4ª Ed. São Paulo: **Manole**, 2004, p. 213-256.

RIBEIRO, G. C.; FABRI, A.C.O. C.; AMARAL, E. P.; MACHADO, I. E.; LANA, F.C.F. Estimativa da prevalência oculta da hanseníase na microrregião de Diamantina - Minas Gerais. **Rev. Eletr. Enf.** [Internet]. 2014 out/dez. 16(4):728-35.

RIDLEY, D. S.; JOPLING, W.H. Classification of leprosy according to immunity. A five group system. *Int J Lepr Other Mycobact Dis.*34:255-273. 2006.

ROBERTSON, V.; WARD, A.; LOW, J.; REED, A. Eletroterapia explica: princípios e práticas. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2009.

RODRIGUES, F.V. Fisiologia Sensorial. Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, USP – São Paulo, SP, Brasil. **Revista da Biologia**, 2010.

SANTOS, R. P.; NASCIMENTO, C. A.; ANDRADE, E.M. Uso da Eletroestimulação de Alta Voltagem na Cicatrização de Úlceras Venosas. **Fisioter Mov.** 2009 out/dez;22(4):615-623.

SAVOY, C. V.; KHOURY, M. E. B. Particularidades e valor do eletrodiagnóstico nas afecções do corno anterior da medula. Reação fibrilar. *Arq. Neuro-Psiquiatr.* vol.1 no. 2 São Paulo July/Sept. 1943.

SES. Secretaria Estadual de Saúde. Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde. Diretoria Geral de Controle de Doenças e Agravos. Gerência de Controle de Doenças Transmitidas por Micobactérias. Coordenação do Programa de Controle da Hanseníase. Programa de Controle da Hanseníase SES – PE. Disponível em: <[http://portal.saude.pe.gov.br/sites/portal.saude.pe.gov.br/files/apresentacao\\_hansenia\\_abril\\_de\\_2017\\_0.pdf](http://portal.saude.pe.gov.br/sites/portal.saude.pe.gov.br/files/apresentacao_hansenia_abril_de_2017_0.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2018.

SNYDER-MACKLER, L.; DELITTO, A.; BAILEY, S. *et al.* Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomised clinical trial of electrical stimulation. **Journal of Bone and Joint Surgery** 77A(8): 1166-1173, 1995.

SODEBERG, G. L.; KNUSTON, L.M. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. **PhysTher**, v.80, n. 5, p.485 – 498, 2000.

TARDELLI, B. O Brasil castigou pessoas com hanseníase, separou-as a força de seus filhos e você nem sabe. Disponível em: <<http://www.justificando.com/2017/11/07/brasil-castigou-pessoas-com-hansenia-separou-as-forca-de-seus-filhos-e-voce-nem-sabe/>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2018.

TEIXEIRA, L. F.; OLNEY, N. J.; BROUWER, B. Mecanismos e Medidas de Espasticidade. **Ver. Fisioter.** Univ. São Paulo, v.5. n. 1, p. 4-19, jan./jun., 1998.  
URA, S. Tratamento e controle das reações hansênicas. *Hansen Int.* 2007;32(1): 67-70.

VAN BRAKEL, W. H. et al. Early diagnosis of neuropathy in leprosy--comparing diagnostic tests in a large prospective study (the INFIR cohort study). **PLoS Negl Trop Dis**, v. 2, n. 4, p. e212, 2008.

WARD, A.R. Electrical stimulation using kilohertz frequency alternating current. **Physical therapy**. 2009; 89(2):181-90.

ZIMMERMANN, R. D; VIEIRA, S. G.; SANDES, N. C. M. et al. Percepção de estudantes de Terapia Ocupacional frente ao atendimento de pacientes com hanseníase. **Cad. Ter. Ocup. UFSCar**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 383-390, 2014.

**APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa “O USO DA ELETROESTIMULAÇÃO MUSCULAR NO APOIO DIAGNÓSTICO A HANSENÍASE”, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Raiana Fernanda da Silva Santos, residente no endereço: Rua General Polidoro, 380. Várzea, Recife –PE. Contatos com a pesquisadora, Tel.: (81) 3034-6692, E-mail: raianafernanda@gmail.com. A pesquisa está sob a orientação do Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Marco Aurélio Benedetti Rodrigues. Telefone: (81) 99650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

Será realizado testes com o aparelho eletroestimulador muscular a fim de estabelecer os parâmetros ideais e observar a comportamento neural. Dessa forma, pedimos a sua colaboração nesta pesquisa para receber o estímulo elétrico, que simula a passagem do impulso nervoso a fim de medirmos a sensibilidade da área estudada. Pretende-se, identificar as especificações técnicas através de testes; detectar a presença de sensibilidade nas lesões da pele e danos neurológicos; identificar a extensão da lesão nervosa através da eletroestimulação. A técnica será aplicada apenas uma vez dentro e fora da lesão para a captação dos sinais, não havendo a necessidade de repetição.

Garantimos que a pesquisa não trará nenhuma forma de prejuízo na qualidade e condição de vida e trabalho dos participantes. Todos os riscos e transtornos, como desconforto mediante a passagem do estímulo elétrico, advindos do estudo serão minimizados pela equipe que realiza o trabalho através da diminuição da intensidade

da corrente elétrica atualizada após a observação da área estudada e queixa do paciente, pois os mesmos são capacitados para condução de tais atividades.

Como benefício direto para os pacientes e profissionais, nos comprometemos em fazer a devolutiva dos dados ao serviço, quando assim solicitado, fomentando a criação ou reorganização de processos de trabalho que melhorem a qualidade dos serviços e assistência prestada.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa como identificação do paciente e resultados dos testes, ficarão armazenados em arquivos no computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

---

(assinatura do pesquisador)

### **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo "O USO DA ELETROESTIMULAÇÃO MUSCULAR NO APOIO DIAGNÓSTICO A HANSENÍASE, como voluntário (a). Fui

devidamente informado(a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Impressão  
digital

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):**

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura: