

# Bases da Saúde e Engenharia Biomédica

Lais Daiene Cosmoski  
Fabrício Loreni da Silva Cerutti  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Lais Daiene Cosmoski  
Fabrício Loreni da Silva Cerutti  
(Organizadores)

# Bases da Saúde e Engenharia Biomédica

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

B299 Bases da saúde e engenharia biomédica [recurso eletrônico] /  
Organizadores Lais Daiene Cosmoski, Fabrício Loreni da Silva  
Cerutti. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Bases da  
Saúde e Engenharia Biomédica; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-67-3

DOI 10.22533/at.ed.673183110

1. Biomedicina. 2. Ciências médicas. 3. Medicina – Filosofia.  
4. Saúde. I. Cosmoski, Lais Daiene. II. Cerutti, Fabrício Loreni da  
Silva. III. Série.

CDD 610

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

No campo da educação, uma nova área vem se mostrando muito atuante quando consideramos as bases da saúde, a Engenharia Biomédica desenvolve equipamentos e programas de computador que auxiliam e conferem mais segurança aos profissionais da área da saúde, no diagnóstico e tratamento de doenças.

A Coletânea Nacional “Bases da Saúde e Engenharia Biomédica” é um *e-book* composto por 33 artigos científicos, dividido em 2 volumes, que abordam assuntos atuais, como a importância dos equipamentos de proteção individual, o funcionamento de dos hospitais e a implantação de novas tecnologias, otimização de exames já utilizados como a ultrassonografia, utilização de novas tecnologias para o diagnóstico e tratamento de patologias, assim como análise de várias doenças recorrentes em nossa sociedade, vistas a partir de uma nova perspectiva.

Tendo em vista, a grande evolução no campo da saúde, a atualização e de acesso a informações de qualidade, fazem-se de suma importância, os artigos elencados neste *e-book* contribuirão para esse propósito a respeito das diversas áreas da engenharia biomédica trazendo vários trabalhos que estão sendo realizados sobre esta área de conhecimento.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Lais Daiene Cosmoski

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A IMPORTÂNCIA DO USO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PELOS PROFISSIONAIS DA SAÚDE NA UTI ADULTO	
Elisângela de Andrade Aoyama Jéssica Conceição Silva Thaina Pereira Dos Santos Rafael Assunção Gomes de Souza Elivânia Rodrigues de Souza Assunção Ludmila Rocha Lemos	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE	
Ana Beatriz Delavia Thomasi Marcos Aurélio da Silva Vianna Filho Daniel Gomes de Moura	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
GESTÃO DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE: ANÁLISE DA EFETIVIDADE DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE EM UM SETOR CLÍNICO DE UM HOSPITAL DE GRANDE PORTE	
Justino Batista Vieira Neto Victor Hugo de Freitas Morales Roger Amaral Pires Homero Castro Oliveira Yuri Cassiolato Silva Alessandra Bauab Azar	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
A TELECONSULTORIA NO ÂMBITO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Franciele Guimarães de Brito Aurélia Aparecida de Araújo Rodrigues João Batista Destro Filho	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>30</b>
A CONFIABILIDADE DA ULTRASSONOGRRAFIA MAMÁRIA NO RASTREIO E DIAGNOSE DO CÂNCER DE MAMA EM MULHERES ACIMA DE 70 ANOS	
Veronica de Lima Gonçalves Alessandra Crispim Rosa Adriano Oliveira Andrade Adriano Alves Pereira Selma Terezinha Milagre	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>37</b>
ULTRASSOM DIAGNÓSTICO COMO TÉCNICA PARA A ESTIMATIVA NÃO INVASIVA DE TEMPERATURA VISANDO NANOTERAPIAS TÉRMICASD.J.P. de Faria	
Denyel Jefferson Prado de Faria Cristhiane Gonçalves	

Gustavo Capistrano  
Andris Figueroa Bakuzis.

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>45</b>
ASPECTOS GERAIS DA <i>Calêndula Officinalis L.</i> E DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE	
Vânia Thais Silva Gomes	
Raimundo Nonato Silva Gomes	
Maria Silva Gomes	
Francileine Rodrigues da Conceição	
Erick Giovanni Reis da Silva	
Larissa Vanessa Machado Viana	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>55</b>
LECTINA LIGANTE DE MANOSE (MBL): ASPECTOS BIOQUÍMICOS E FUNCIONAIS	
Carmem Gabriela Gomes de Figueiredo	
Luciane Alves Coutinho	
Marizilda Barbosa da Silva	
Maria Soraya Pereira Franco Adriano	
Claudenice Rodrigues do Nascimento	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>71</b>
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O USO DE <i>SMARTPHONES</i> PARA REALIZAÇÃO DE ELETROCARDIOGRAMAS NA ISQUEMIA E NA FIBRILAÇÃO ATRIAL	
Rodrigo Penha de Almedida	
João Batista Destro Filho	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>77</b>
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ELETROESTIMULAÇÃO PARA ESTUDOS DE CONDUÇÃO NERVOSA	
Sandra Cossul	
Felipe Rettore Andreis	
Mateus André Favretto	
Jefferson Luiz Brum Marques	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>86</b>
ELETRODOS PARA PROCEDIMENTO DE ABLAÇÃO HEPÁTICA POR RADIOFREQUÊNCIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Joziane Porcino da Silva	
Suelia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa	
Jocyellen Christyne da Silva Casado	
Vitor Meireles Oliveira	
Juliana Aparecida Elias Fernandes	
Vera Regina Fernandes da Silva Marães	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>96</b>
ELETROMIOGRAFIA DOS MÚSCULOS ABDOMINAIS EM EXERCÍCIOS DE ESTABILIZAÇÃO DO TRONCO COM DIFERENTES SUPERFÍCIES INSTÁVEIS	
Frederico Balbino Lizardo	
Phillipe Rodrigues Alves Santos	
Gilmar da Cunha Sousa	

Fabio Clemente Gregorio  
Franciel José Arantes  
Carlos Eduardo da Silva Pereira  
Fausto Bérzin  
Delaine Rodrigues Bigaton

**CAPÍTULO 13 ..... 107**

ATIVIDADE ELETROMIGRÁFICA DOS MÚSCULOS DO ASSOALHO PÉLVICO, GLÚTEO E GRÁCIL DURANTE O AGACHAMENTO

Carina Oliveira dos Santos  
Marcone Lopes da Silva  
Patrícia Virgínia Silva Lordêlo Garboggini  
Chantele dos Santos Souza  
Ana Cecília Silva Combes  
Hernane Borges de Barros Pereira  
Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves

**CAPÍTULO 14 ..... 116**

OBTENÇÃO DOS PERFIS DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO ANGULAR DE UM MOVIMENTO DE TREINAMENTO DO JUDÔ

Thiago Gomes Cardoso  
Márcio Peres de Souza  
Cleudmar Amaral de Araújo  
Lucas Pereira Ferreira de Rezende

**CAPÍTULO 15 ..... 124**

UTILIZAÇÃO DE UM SENSOR LDR PARA TESTE E MEDIÇÃO DE SENSIBILIDADE RADIOATIVA EM APARELHO DE RAIOS X

Edgard Rogério Siqueira Vasconcelos  
Lourdes Mattos Brasil  
Leandro Xavier Cardoso  
Georges Daniel Amvame Nze  
Rafael Assunção Gomes de Souza  
Elivânia Rodrigues de Souza Assunção  
Wagner Ribeiro Teixeira

**CAPÍTULO 16 ..... 133**

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DO SINAL MIOELÉTRICO PARA PRÓTESES DE MEMBRO SUPERIOR

Bruna Souza Morais  
Samuel Lourenço Nogueira  
Thiago Luiz de Russo  
Arlindo Neto Montagnoli

**CAPÍTULO 17 ..... 141**

SENSORES À FIBRA ÓPTICA MICROESTRUTURADA BASEADOS NA RESSONÂNCIA DE PLÁSMONS DE SUPERFÍCIE

Márcia Fernanda da Silva Santiago  
Arthur Aprígio de Melo  
Talita Brito da Silva  
Rossana Moreno Santa Cruz  
Cleumar da Silva Moreira

**CAPITULO 18 ..... 151**

SERIOUS GAME PARA APRENDIZAGEM DE CIRURGIAS COM ÓCULOS DE REALIDADE VIRTUAL

Thalison Carlos Fernandes Gomes

Luciene Chagas de Oliveira

Eduardo Chagas de Oliveira

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 158**



## PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ELETROESTIMULAÇÃO PARA ESTUDOS DE CONDUÇÃO NERVOSA

### **Sandra Cossul**

Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Engenharia Biomédica, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica  
Florianópolis – Santa Catarina

### **Felipe Rettore Andreis**

Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Engenharia Biomédica, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica  
Florianópolis – Santa Catarina

### **Mateus André Favretto**

Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Engenharia Biomédica, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica  
Florianópolis – Santa Catarina

### **Jefferson Luiz Brum Marques**

Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Engenharia Biomédica, Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica  
Florianópolis – Santa Catarina

**RESUMO:** O Estudo da Condução Nervosa (ECN) é um teste não invasivo que por meio da aplicação de estímulos elétricos em um nervo sensorial ou motor induz a ocorrência de um Potencial de Ação (PA), o qual é registrado em outro ponto ao longo do mesmo nervo. A análise das características diretas e indiretas do PA tais como latência, amplitude, duração e velocidade de condução, permite avaliar as

funções nervosas periféricas, possibilitando a utilização do ECN no diagnóstico e prognóstico de condições como a neuropatia diabética periférica e síndrome do túnel do carpo. O objetivo deste trabalho consiste em apresentar uma proposta de um sistema de eletroestimulação para aplicações em ECN. O sistema inclui um módulo de estimulação elétrica e um módulo de aquisição de sinais que, em conjunto, permitem a avaliação de disfunções nervosas periféricas. Os resultados preliminares mostram que o dispositivo é capaz de gerar um estímulo para evocar um PA e realizar o registro de um Potencial de Ação Composto do Músculo (PACM). Os PACMs registrados no nervo ulnar apresentaram valores de amplitude, latência e velocidade de condução dentro da faixa de valores esperados, demonstrando a correta funcionalidade do sistema proposto. Com a continuidade deste trabalho, espera-se utilizar este sistema em ECN para avaliação de disfunções nervosas motoras e sensoriais em diferentes patologias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo de condução nervosa, estimulação elétrica, potencial de ação.

**ABSTRACT:** Nerve Conduction Study (NCS) is a noninvasive test that, through the application of electrical stimuli on a sensory or motor nerve, induces the occurrence of an Action Potential

(AP), which is recorded at another point along the same nerve. The analysis of direct and indirect characteristics of the AP such as latency, amplitude, duration and conduction velocity allows to evaluate the peripheral nervous functions to be used in the diagnosis and prognosis of conditions such as diabetic peripheral neuropathy and carpal tunnel syndrome. The objective of this work is to present a proposal of an electrostimulation system for NCS applications. The system includes an electrical stimulus module and a signal acquisition module that, together, allow the evaluation of peripheral nerves dysfunctions. The preliminary results showed that the device is able to generate a stimulus to evoke an AP and record a Compound Muscle Action Potential (CMAP). The CMAPs recorded on the ulnar nerve presented values of amplitude, latency and conduction velocity within the range of expected values, demonstrating the correct functionality of the proposed system. With the continuity of this work, it is expected to use this system in NCS to evaluate motor and sensory nerve dysfunctions in different pathologies.

**KEYWORDS:** Nerve conduction study, electrical stimulation, action potential.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Estudo da Condução Nervosa (ECN) ou estudo eletrofisiológico é um teste para avaliação das funções do sistema nervoso periférico, sendo utilizado no diagnóstico e prognóstico de complicações envolvendo nervos periféricos. É um teste não invasivo, que por meio da aplicação de um estímulo elétrico em um nervo, induz a ocorrência de um Potencial de Ação (PA), o qual é registrado em outro ponto ao longo do mesmo nervo, podendo este ser motor ou sensorial (KIMURA, 2013; WEBSTER, 2010).

A partir da estimulação de nervos motores obtém-se o Potencial de Ação Composto do Músculo (PACM) que reflete a soma dos potenciais de ação das fibras musculares ativas e inervadas por um nervo motor. Na estimulação de nervos sensoriais obtém-se o Potencial de Ação do Nervo Sensorial (PANS) que é a resposta das fibras sensoriais. O PACM e o PANS possuem uma amplitude típica de 1 a 15 mV e 1 a 50  $\mu$ V, respectivamente, apresentando variações de acordo com o nervo considerado. Além disto, os sinais possuem frequências de até 10 kHz (KIMURA, 2013; WEBSTER, 2010).

A análise das características diretas e indiretas do PA tais como latência, amplitude, duração e Velocidade de Condução (VC) fornecem informações acerca da funcionalidade do nervo tornando possível a identificação de possíveis anormalidades. A VC e a latência descrevem como o PA se propaga após o estímulo, portanto, as variações destes indicadores estão relacionadas a doenças que causam desmielinização (danos na bainha de mielina) dos neurônios. Por outro lado, a amplitude do PA reflete a quantidade de fibras nervosas funcionais e as alterações na mesma podem indicar degeneração axonal (MALLIK; WEIR, 2005).

Sendo assim, o ECN em conjunto com sinais e sintomas clínicos, é utilizado no

diagnóstico de neuropatias periféricas auxiliando na distinção do tipo de neuropatia (polineuropatia ou mononeuropatia) e também na distinção da distribuição dos sintomas em simétricos ou assimétricos, em membros inferiores ou superiores e distal ou proximal. Também, o ECN determina se as fibras nervosas predominantemente atingidas são sensoriais ou motoras, além de caracterizar os dois principais tipos de anormalidades: degeneração axonal e desmielinização (KEYES, D., 1990; KIMURA, 2013).

Dentre as doenças comumente avaliadas por meio de um ECN pode-se citar a Polineuropatia Diabética Periférica (PDP) e a Síndrome do Túnel do Carpo (STC). A PDP é a complicação mais comum da diabetes mellitus e pode envolver vários nervos tanto sensoriais (*e.g.*, sural, ulnar e peroneal) quanto motores (*e.g.*, tibial, peroneal, ulnar, entre outros). O ECN é uma indicação objetiva e quantitativa desta condição sendo essencial para o seu diagnóstico confirmativo (DYCK, PETER J. ALBERS, 2011). Na STC ocorre a compressão do nervo mediano, e nesse caso o ECN pode avaliar as alterações do PA e da velocidade de condução e assim indicar a gravidade da condição (WITT; HENTZ; STEVENS, 2004).

Em relação ao estímulo, a intensidade e a duração do mesmo estão diretamente relacionados à obtenção de uma despolarização efetiva do nervo. O estímulo é um pulso monofásico de onda quadrada com duração variável, sendo 100  $\mu$ s e 200  $\mu$ s os valores mais comuns. Normalmente, utiliza-se a magnitude de tensão na faixa de 100 a 300 V e corrente de 10 a 30 mA, considerando a impedância da pele igual a 10 k $\Omega$ . Entretanto, esse valor pode variar de acordo com a impedância da pele e com o nervo que está sendo avaliado (DUMITRU; NANDEDKAR; NETHERTON, 2010; KIMURA, 2013).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar uma proposta de um sistema para aplicações em ECN. O sistema inclui o protótipo de um dispositivo de estimulação elétrica e um módulo de aquisição de sinais que, em conjunto, devem possibilitar a avaliação de disfunções nervosas periféricas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção é apresentado o sistema de eletroestimulação, dividido em módulo de estimulação elétrica e módulo de registro de sinais. Também, é apresentado o método para avaliação do sistema a partir de um ECN do nervo ulnar motor.

### 2.1 Sistema de Eletroestimulação

O sistema de eletroestimulação pode ser dividido em dois módulos principais: (i) módulo de estimulação elétrica, responsável pela geração do estímulo elétrico e (ii) módulo de registro de sinais, responsável pela leitura dos potenciais de ação do nervo.

O módulo de estimulação elétrica permite o ajuste da duração do pulso de

estímulo e da amplitude da tensão do mesmo, de forma que o valor da corrente varia em função da impedância da pele e dos eletrodos. Portanto, o pulso gerado é um pulso monofásico de onda quadrada com duração de 100  $\mu$ s ou 200  $\mu$ s e amplitude variável entre 0 e 200 V. O circuito do módulo de estimulação, representado no diagrama de blocos da Figura 1, consiste em um módulo conversor DC-DC de alta tensão que eleva a tensão de 12 V para 200 V e um regulador de tensão ajustável que permite a variação da tensão entre 0 e 200 V. O circuito monoestável implementado com o temporizador 555 gera um pulso com duração pré-configurada pela equação  $T = 1,1 * R * C$ . A tensão regulada é transmitida ao circuito de controle e potência, o qual ao receber um pulso, ativado manualmente pelo *trigger* do circuito monoestável, gera um pulso de saída de mesma duração e amplitude definida de acordo com tensão regulada aplicada na entrada.

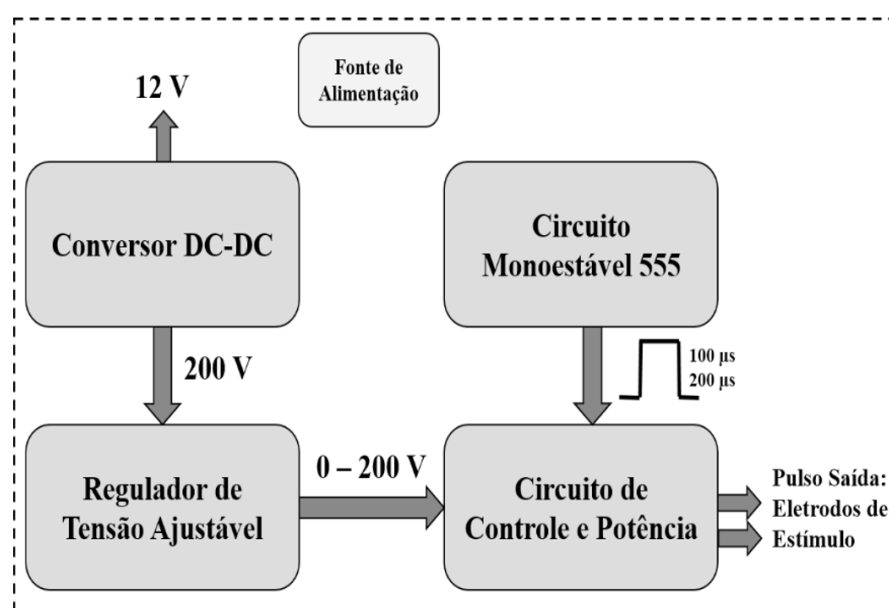


Figura 1. Diagrama de blocos do módulo de estimulação elétrica.

O módulo de aquisição de sinais, ilustrado na Figura 2, realiza a leitura do potencial de ação do nervo, após a aplicação do estímulo elétrico. Este módulo foi desenvolvido a partir do *analog front-end* ADS1298 (Texas Instruments Inc.), por se tratar de um circuito integrado projetado especificamente para o desenvolvimento de sistemas de instrumentação biomédica de tamanho reduzido e baixo custo, além de ter apresentado bons resultados em trabalhos anteriores (FAVRETTO *et al.*, 2017, no prelo). Também, foram incluídos filtros *anti-aliasing* na entrada e os dados registrados são enviados via barramento SPI para um microcontrolador.

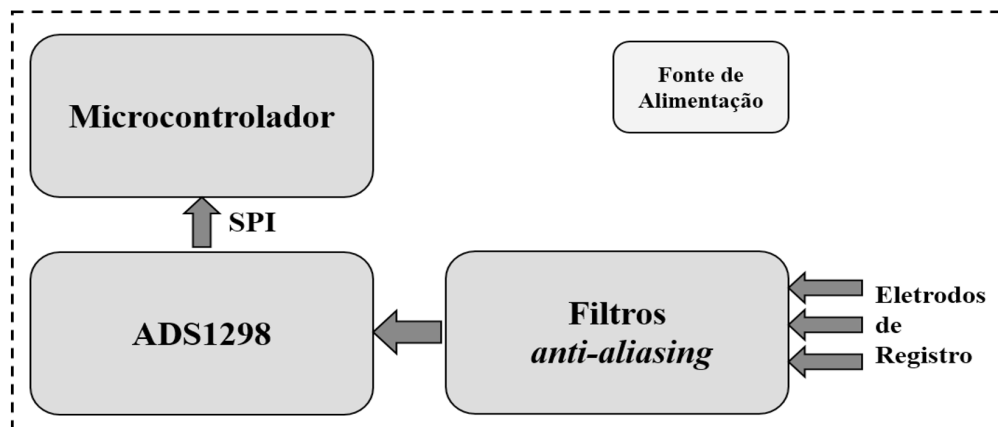


Figura 2. Diagrama de blocos do módulo de aquisição de sinais.

## 2.2 Avaliação do Sistema

Com o objetivo de avaliar o funcionamento do sistema proposto, foi realizado um ECN do nervo ulnar motor, com a aplicação de pulsos de estímulo e subsequente aquisição do PACM. Estes procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (Parecer nº 2.390.994). O nervo ulnar motor foi estimulado em dois locais (S1- distal na lateral do punho e S2 - proximal abaixo do cotovelo) com um pulso de 93 V e duração de 100  $\mu$ s. Os eletrodos de registro foram posicionados na lateral da mão, com o eletrodo ativo (A) sob o músculo abductor do mínimo e o eletrodo-pulseira de terra (G) posicionado entre os locais de registro e estímulo, conforme ilustrado na Figura 3 (BUSCHBACHER; PRAHLOW, 2000).

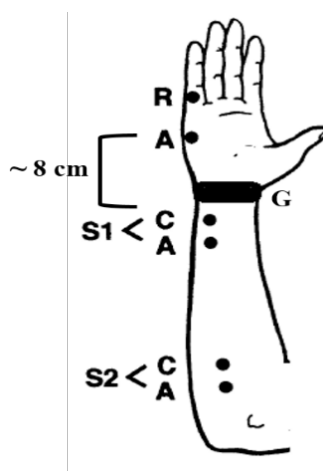


Figura 3. Posicionamento dos eletrodos no estudo motor do nervo ulnar. S1- local de estímulo distal (C - cátodo, A – ânodo). S2- local de estímulo proximal. R – local de registro de referência, A – local de registro ativo, G – terra.

Fonte: Adaptado de (BUSCHBACHER; PRAHLOW, 2000).

Os parâmetros analisados nos sinais de resposta, foram a Amplitude (A), medida da linha de base até o pico do sinal, e a latência distal e proximal, medida do artefato de estímulo até o início do potencial. Além disso, foi calculada a VC para o nervo ulnar,

utilizando a equação  $VC \text{ (m/s)} = \text{distância entre os locais de estimulação (distal e proximal) (mm)} / (\text{Latência Proximal (LP) (ms)} - \text{Latência Distal (LD) (ms)})$ , para este caso a distância entre os locais de estímulo foi de 200 mm (MALLIK; WEIR, 2005).

Os sinais foram registrados com frequência de amostragem de 32 kHz e ganho de 12. Estes foram processados digitalmente, aplicando-se um filtro passa-banda com frequências de corte de 3 Hz e 10 kHz, além de filtros *notch* de 60 Hz e 120 Hz.

### 3 | RESULTADOS

Os pulsos gerados pelo módulo de estimulação foram adquiridos no osciloscópio e estão ilustrados nas Figuras 3 e 4. Os pulsos de estímulo de durações aproximadas de 100  $\mu\text{s}$  e 200  $\mu\text{s}$  com amplitudes de 198 V e 108 V, respectivamente.

Os sinais de resposta do nervo ulnar motor após estímulo no ponto distal e proximal estão ilustrados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. A partir dos PACM, os seguintes parâmetros foram obtidos: amplitude distal (AD) = 8,41 mV, latência distal (LD) = 2,41 ms, amplitude proximal (AP) = 8,04 mV e latência proximal (LP) = 5,41 ms. Além destes, foi calculada a velocidade de condução nervosa motora, em que  $VC = 66,67 \text{ m/s}$ .

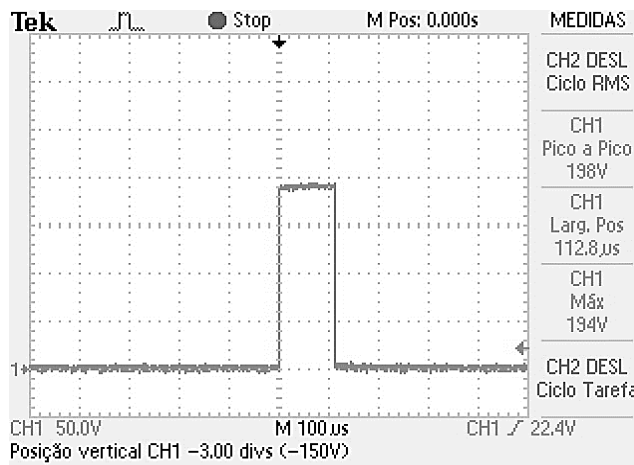


Figura 3. Pulso de estímulo com duração de 100  $\mu\text{s}$  e amplitude de 198 V.

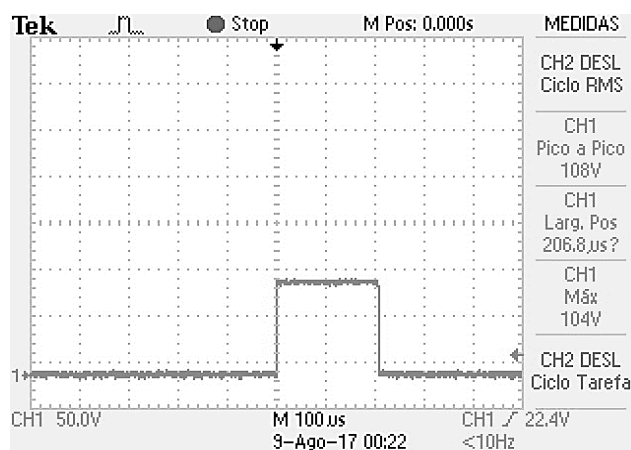


Figura 4. Pulso de estímulo com duração de 200  $\mu$ s e amplitude de 108 V.

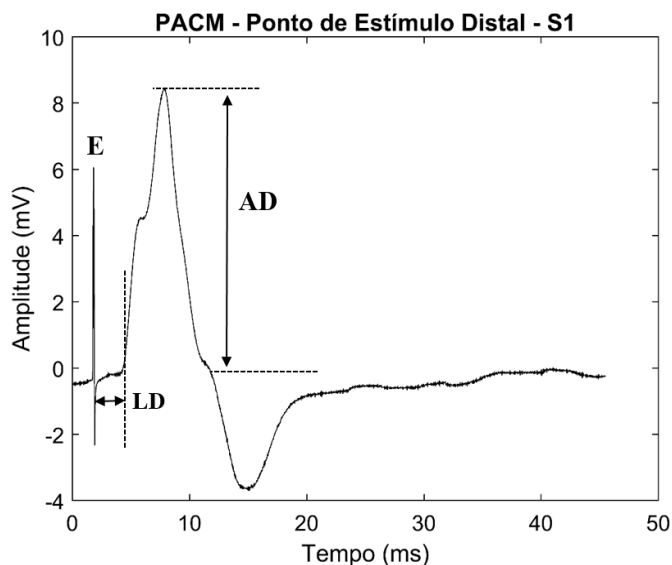


Figura 5. PACM do nervo ulnar obtido após estímulo no ponto distal S1. E – artefato de estímulo. AD – amplitude distal, LD – latência distal.

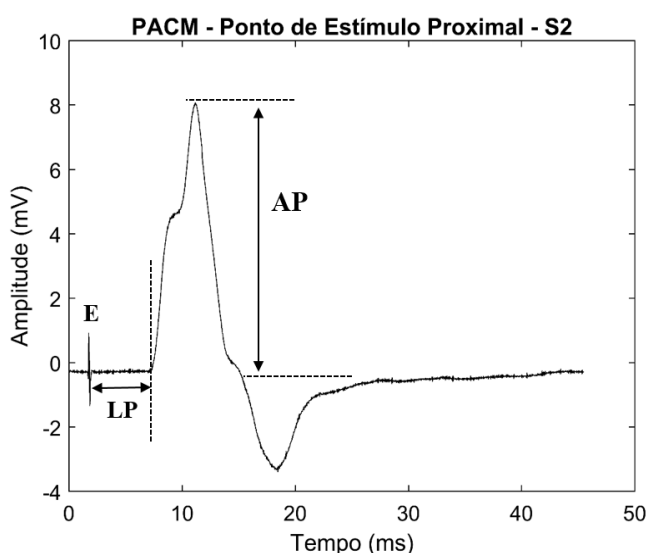


Figura 6. PACM do nervo ulnar obtido após estímulo no ponto proximal S2. E – artefato de estímulo. AP – amplitude proximal, LP – latência proximal.

#### 4 | DISCUSSÃO

Com base nos resultados preliminares, é possível observar que o estímulo pode ser gerado nos dois valores de duração mais utilizados e além disso permite a variação da intensidade. Também, verificou-se que o sistema é capaz de gerar um estímulo para evocar um PA e realizar o registro de um PACM.

Os PACMs registrados no nervos ulnar apresentaram valores de amplitude, latência e velocidade de condução dentro da faixa de valores esperados de acordo com trabalhos similares que realizaram a avaliação do mesmo nervo (BUSCHBACHER;



PRAHLOW, 2000; EHLER *et al.*, 2013). É importante notar que para obtenção de valores válidos em um ECN, é necessário que o estímulo seja supramáximo, o que garante que a amplitude da resposta tenha um valor máximo. Dessa forma, é esperado que os PACM registrados no mesmo nervo, com estímulos em pontos diferentes, possuam similaridade na forma e na amplitude com diferenças no tempo de latência da resposta (MALLIK; WEIR, 2005). Essa comparação pode ser feita nos registros do nervo ulnar (Figuras 5 e 6), onde pode ser vista a similaridade entre a amplitude das respostas, com latências distintas, apresentadas devido as diferentes distâncias entre os pontos de estímulo e o ponto de registro.

Este trabalho teve como objetivo ilustrar a obtenção do PA após aplicado o estímulo, o registro do PACM gerado e o cálculo dos parâmetros mais utilizados em um ECN, demonstrando a correta funcionalidade do sistema proposto.

## 5 | CONCLUSÃO

Os ECNs tem se mostrado um método útil para avaliar as funções nervosas periféricas. Os resultados do trabalho indicam que o sistema proposto pode ser utilizado para obter características sobre a condução de nervos motores. Com a continuidade deste trabalho espera-se utilizar o sistema em ECNs para avaliação de diferentes patologias tanto em nervos motores como em sensoriais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio institucional e financeiro do Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade do Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC) e dos órgãos de fomento à pesquisa CAPES e CNPq.

## REFERÊNCIAS

BUSCHBACHER, R. M.; PRAHLOW, N. D. **Manual of nerve conduction studies**. Journal of Clinical Neuromuscular Disease, v. 2, 2000.

DUMITRU, D.; NANDEDKAR, S. D.; NETHERTON, B. L. **Neurophysiology and Instrumentation**. AANEM 57th Annual Meeting, 2010.

DYCK, PETER J. ALBERS, J. W. **Diabetic polyneuropathies: update on research definition, diagnostic criteria and estimation of severity**. Diabetes/Metabolism Research and Reviews, v. 27, 2011.

EHLER, E.; RIDZOŇ, P.; URBAN, P.; MAZANEC, R.; NAKLÁDALOVÁ, M.; PROCHÁZKA, B.; MATULOVÁ, H.; LATTA, J.; OTRUBA, P. **Ulnar nerve at the elbow - normative nerve conduction study**. Journal of brachial plexus and peripheral nerve injury, v. 8, n. 1, 2013.

FAVRETTO, M. A.; ANDREIS, F. R.; COSSUL, S.; BALOTIN, A. F.; MARQUES, J. L. B. **High Density Surface EMG System Based on ADS1298-front end**. IEEE Latin America Transactions. 2017. No prelo.



KEYES, D., R. **Nerve Conduction Studies and Electromyography**. Can. Fam. Physician, v. 36, 1990.

KIMURA, J. **Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle**. 4th. ed. USA: Oxford University Press, 2013.

MALLIK, A.; WEIR, A. I. **Nerve conduction studies: essentials and pitfalls in practice**. Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, v. 76, n. Suppl 2, p. ii23-ii31, 2005.

WEBSTER, J. G. **Medical instrumentation: Application and design**. Control Engineering Practice, v. 5, n. 2, 2010.

WITT, J. C.; HENTZ, J. G.; STEVENS, J. C. **Carpal tunnel syndrome with normal nerve conduction studies**. Muscle and Nerve, v. 29, n. 4, p. 515–522, 2004.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**LAIS DAIENE COSMOSKI** Professora adjunta do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), nos cursos de Tecnologia em Radiologia e Bacharelado em Farmácia. Analista clínica no Laboratório do Hospital Geral da Unimed (HGU). Bacharel em Biomedicina pelas Universidades Integradas do Brasil (UniBrasil). Especialista em Circulação Extracorpórea pelo Centro Brasileiro de Ensinos Médicos (Cebramed) Mestre em Ciências Farmacêuticas pelo programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas da UEPG. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de avaliação clínico/laboratorial de processos fisiopatológicos.

**FABRÍCIO LORENI DA SILVA CERUTTI** Coordenador de Curso do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). Professor adjunto do Instituto Latino Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO). Tecnólogo em Radiologia pela Universidade Tecnologia Federal do Paraná (UTFPR). Mestre e doutorando em Engenharia Biomédica pelo programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI) da UTFPR. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de diagnóstico por imagem, física nuclear, controle de qualidade e simulação computacional.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-67-3

