

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

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

CAPÍTULO 1	1
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	
CAPÍTULO 2	5
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	
CAPÍTULO 3	14
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	
CAPÍTULO 4	22
A TELECONSULTORIA NO ÂMBITO DA ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Franciele Guimarães de Brito Aurélia Aparecida de Araújo Rodrigues João Batista Destro Filho	
CAPÍTULO 5	30
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	
CAPÍTULO 6	37
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.

CAPÍTULO 7	45
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	
CAPÍTULO 8	55
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	
CAPÍTULO 9	71
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	
CAPÍTULO 10	77
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ELETROESTIMULAÇÃO PARA ESTUDOS DE CONDUÇÃO NERVOSA	
Sandra Cossul	
Felipe Rettore Andreis	
Mateus André Favretto	
Jefferson Luiz Brum Marques	
CAPÍTULO 11	86
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	
CAPÍTULO 12	96
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

ULTRASSOM DIAGNÓSTICO COMO TÉCNICA PARA A ESTIMATIVA NÃO INVASIVA DE TEMPERATURA VISANDO NANOTERAPIAS TÉRMICAS

Denyel Jefferson Prado de Faria

Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

Cristhiane Gonçalves

Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

Av. Esperança, s/n - Campus Samambaia, Goiânia - GO, 74690-900

e-mail: cristhiane.goncalves@ufg.br

Gustavo Capistrano

Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

Andris Figueroa Bakuzis

Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

RESUMO: A medicina térmica trata do uso clínico da distribuição seletiva de calor para o tratamento de doenças, em particular câncer. Esta terapia foi recentemente utilizada como coadjuvante porque apresenta sinergia em radioterapia e quimioterapia. Um dos principais problemas é o monitoramento não invasivo da distribuição de calor. A técnica tradicional é a ressonância magnética nuclear, que é dispendiosa e não pode ser utilizada em hipertermia magnética com nanopartículas. Assim, a estimativa de temperatura não invasiva usando ultrassom de pulso eco apresenta como uma excelente alternativa. A metodologia deste

trabalho baseia-se na medição do deslocamento de estruturas internas em imagens de ultrassom em função da temperatura, para amostras de tecido biológico suíno, que foram submetidas ao aumento de temperatura em um banho de água, enquanto analisadas pelo método de ultrassom pulso eco, obtido por meio de um equipamento de ultrassom clínico ordinário, para formar as imagens a diferentes temperaturas, na faixa de 37,0°C a 50,0°C, com intervalos de variação de 0,5°C \pm 0,1°C. Por meio de um algoritmo de correlação bidimensional, com o auxílio de um software para processamento de imagens, foi possível calcular os deslocamentos das regiões características das imagens das amostras em função da temperatura. Os resultados preliminares mostram que é possível relacionar a variação de temperatura com o *strain* da amostra nesta condição, e sugerem que esta técnica pode ser usada para monitorar a temperatura interna dos tecidos in vivo para aplicações em hipertermia magnética ou terapia fototérmica.

PALAVRAS-CHAVE: Deslocamento aparente, Estimativa não invasiva de temperatura, Ultrassom pulso-eco.

ABSTRACT: Thermal medicine deals with the clinical use of selective heat delivery for the treatment of diseases, particularly cancer. This therapy has recently been used as a coadjuvant

because it presents synergy in radiotherapy and chemotherapy. Among the most important problems is the non-invasive monitoring of heat delivery. The traditional technique is nuclear magnetic resonance, which is expensive, and cannot be used in magnetic hyperthermia with nanoparticles. Thus, the non-invasive temperature estimation using pulse-echo ultrasound presents itself as an excellent alternative. The methodology of this work is based on measuring the displacement of internal structures in ultrasound images as a function of temperature, for samples of biological swine tissue, which were submitted to temperature increase in a water bath, while analyzed by the pulse-echo ultrasound method, obtained by means of an ordinary clinical ultrasound equipment, in order to form the images at different temperatures, in the range of 37.0°C to 50.0°C, with intervals of variation of 0.5°C±0.1°C. By means of a two-dimensional correlation algorithm, with the aid of a software for image processing, it was possible to calculate the displacements of characteristic regions of the samples pictures as a function of temperature. Preliminary results show that it is possible to relate the temperature variation with the sample strain in this condition, and suggest that this technique might be used to monitor the internal temperature of tissues in vivo for applications in magnetic hyperthermia or photothermal therapy.

KEYWORDS: Apparent displacement, Non-Invasive Temperature Tracking, Pulse-Echo Ultrasound

INTRODUÇÃO

A radioterapia continua sendo a técnica principal no tratamento de vários tipos de cânceres. No entanto, a sua eficiência é determinada pelo estado da doença, localização e o tipo. Tumores grandes precisam ser reduzidos, seja por uma incisão cirúrgica ou quimioterapia (antes ou concomitante com radioterapia), para se conseguir sucesso no tratamento. Tumores localizados perto de órgãos de risco como medula ou coração, limitam a dose de entrega, bem como tumores pouco oxigenados não respondem bem a radiação ionizante. Assim, uma maneira alternativa de melhorar a eficiência do tratamento de câncer, se baseia em combinar técnicas tais como quimioterapia e radioterapia com a técnica de hipertermia, que consiste no aumento de temperatura em região de interesse [1]. Nesse contexto, a hipertermia atua aumentando a permeabilidade da membrana celular, aumentando a concentração de quimioterápicos no meio intracelular, além de diminuir também a resistência das células a radiação ionizante através de um aumento na oxigenação [1,2]. A grande limitação no desenvolvimento dessa técnica diz respeito à determinação da entrega de calor a qual os efeitos sinérgicos são observados.

O monitoramento da distribuição de temperatura interna no corpo é fundamental na técnica de hipertemia. Em geral, esse monitoramento é realizado com a Ressonância Magnética (RM) [3], que é uma técnica de alto custo. Entretanto, tal procedimento não pode ser utilizado no caso da hipertermia magnética com nanopartículas [4-10], uma vez que esta nanoterapia depende da rotação dos momentos magnéticos das

nanopartículas sob ação de campo alternado. Logo, neste caso, não há como ter geração de calor pois o campo magnético de alta intensidade do ímã permanente da RM impossibilita a rotação dos momentos magnéticos das nanopartículas. Assim, métodos baseados em sistema de processamento de sinais, simples e de baixo custo, como o sistema de imagens por ultrassom, torna-se uma alternativa interessante. Note, adicionalmente, que o ultrassom pode ser capaz de fornecer uma estimativa de temperatura interna em tempo quase real e ser combinada com várias nanoterapias térmicas, como a hipertermia magnética [4-10] ou a fototérmica [11].

Atualmente, estimar a temperatura de modo não invasivo utilizando ondas de ultrassom é um método estudado por três categorias. São elas: estimativas usando a mudança na velocidade do som e expansão térmica [3, 12-16], os que estimam usando a mudança na energia retroespalhada [17], e alterações no coeficiente de atenuação acústica [18]. Em qualquer que seja a categoria utilizada para a estimativa de temperatura, o sucesso da técnica se baseia na capacidade de conseguir medir precisamente os parâmetros mencionados com relação a temperatura para que o equipamento possa ser adequadamente calibrado [11]. O método utilizado nesse trabalho se baseia na mudança da velocidade do som e expansão térmica, e é fundamentado principalmente nas referências [3, 11].

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada tem como base medir o deslocamento aparente sofrido por estruturas internas em imagens de ultrassom em função da temperatura para amostras de tecido biológico suíno. Para isso, utilizou-se um pedaço de carne de porco com dimensões laterais de $(26,0 \pm 0,1)$ mm e $(23,0 \pm 0,1)$ mm, e altura de $(11,0 \pm 0,1)$ mm, um béquer com 300 ml de água destilada, uma placa aquecedora como fonte de aquecimento, termômetros de fibra óptica, um equipamento de ultrassom veterinário SIUI modelo CTS-5500V, com transdutor de 7,5 MHz de frequência e um suporte de fixação do transdutor. A Figura 1 mostra o arranjo experimental e a Figura 2 mostra o esquema utilizado para manter a amostra suspensa.

Com o arranjo apresentado na Figura 1, as amostras foram submetidas ao aumento de temperatura em banho maria. A temperatura na amostra era controlada pelos termômetros de fibra óptica. A cada $(0,5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ aumentado na temperatura da amostra, uma imagem de ultrassom era salva. Assim, sabendo que a temperatura inicial era $(35,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$, um conjunto de imagens de ultrassom com a temperatura associada eram obtidas até a temperatura final de $(50,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

Uma vez que o transdutor é fixo, todo o deslocamento observado no conjunto de imagem para uma determinada temperatura em relação a temperatura de referência (temperatura inicial) é chamado de deslocamento aparente. Esses deslocamentos aparentes foram analisados por meio de um algoritmo de correlação bidimensional escrito por Christoph Eberl, "Digital Image Correlation and Tracking". Esse arquivo é

uma biblioteca do software Matlab ®, software utilizado por alguns autores para se obter o deslocamento aparente a partir das imagens de ultrassom [12, 19-20]. Os deslocamentos aparentes são obtidos em pixels pelo software após um processo de correlação entre uma imagem de referência e a imagem “deformada”. Um coeficiente de correlação é calculado para uma série de deslocamentos teóricos entre essas imagens, e o máximo valor de correlação indica o valor discreto do deslocamento. Esses deslocamentos para uma determinada região de interesse na imagem em função da temperatura foram obtidos e se encontram nos resultados.



Figura 1: Foto do arranjo experimental, mostrando o suporte para fixação do transdutor, a placa aquecedora, o bquer a amostra e as sondas térmicas.

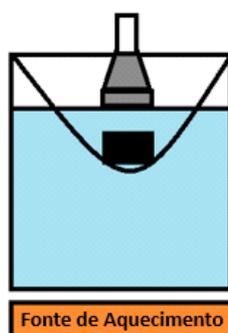


Figura 2: Esquema representativo do sistema utilizado para manter a amostra suspensa.

RESULTADOS

A imagem de ultrassom da amostra de tecido biológico suíno é mostrada na Figura 3. Nessa imagem delimitou-se quatro regiões de interesse (ROIs). Para cada ROI foram feitas análise de deslocamento aparente, no entanto, regiões próximo a superfície estão sujeitos a altos gradientes de temperatura, não sendo regiões boas para análise.

Os deslocamentos aparentes podem ser obtidos em duas direções: direção axial ou direção Y, que é a direção do feixe de ultrassom e outra na direção lateral ou direção

X, que é a direção horizontal na imagem da Figura 3. Os dados do deslocamento aparente em função da temperatura para essas direções na ROI-3 são apresentados no gráfico da Figura 4.

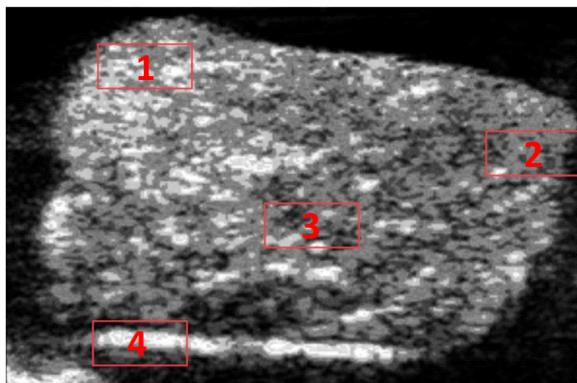


Figura 3- Imagem de ultrassom da amostra de tecido biológico suíno mostrando as quatro regiões de interesse (ROIs) utilizadas para análise.

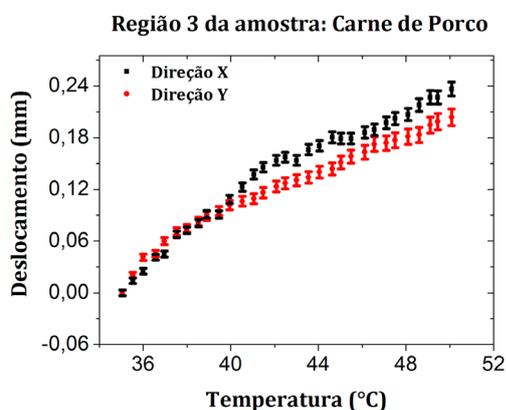


Figura 4- Gráfico do deslocamento aparente em milímetros em função do aumento de temperatura em graus celsius, da direção lateral (pontos pretos) e direção axial (pontos vermelhos) para uma região característica dentro da amostra.

No gráfico apresentado na Figura 5, utilizou-se toda a amostra visível na imagem de ultrassom como sendo uma ROI, para obtermos o deslocamento aparente em função da temperatura.

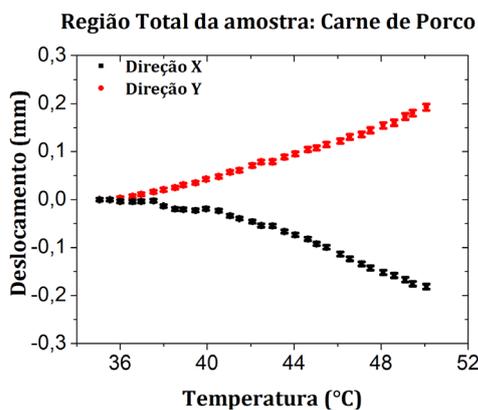


Figura 5- Deslocamento aparente em milímetros em função do aumento de temperatura em graus celsius para a direção lateral (pontos pretos) e direção axial (pontos vermelhos) para uma

DISCUSSÃO

Observe que a medida que a temperatura aumenta, maior é o deslocamento aparente, tanto na direção axial (direção Y) quanto na direção lateral (direção X) em ambos os gráficos. A amplitude e o comportamento da curva de deslocamento aparente em função da temperatura estão de acordo com outros resultados já relatados da literatura [11, 19-20]. O interessante a notar é que esses deslocamentos aparentes dependem da região de análise, variando de regiões para região dentro de uma mesma amostra [19,20] ou amostras diferentes [11,19]. No entanto, o módulo do deslocamento aparente em função da temperatura se mantém aproximadamente iguais, independente da região que está sendo analisada. Esses resultados podem ser vistos nos gráficos das Figuras 4 e 5.

O fato do deslocamento aparente apresentado na Figura 5 ser negativo na direção lateral, significa que o sentido dos vários deslocamentos em estrutura dentro da amostra tem uma resultante no sentido contrário com relação ao aumento do deslocamento a partir do ponto de referência do algoritmo de correlação. Já em relação a direção axial, na maioria dos casos o deslocamento é no sentido positivo, isso porque, a velocidade do som aumenta com aumento da temperatura na maioria dos materiais e tecidos biológicos [12]. Portanto, o movimento do objeto de interesse deve ser no sentido do transdutor.

Independente da direção e sentido de deslocamento, percebe-se pelos resultados apresentados que o deslocamento aparente responde linearmente com o aumento da temperatura na faixa de 37°C até 50°C. Para um melhor entendimento desse processo no sistema biológico, pretende-se futuramente analisar o deslocamento aparente de uma amostra em função da temperatura, para um emulador de um sistema biológico (*phantom*), com propriedades conhecidas.

Os resultados preliminares indicam ser possível utilizar a técnica de ultrassom para monitorar de forma não invasiva a entrega de calor interna de tecidos *in vivo*. Por meio do conhecimento da variação do deslocamento em função da temperatura, será possível calibrar o sistema de ultrassom, de modo a obter-se imagens em tempo real dos gradientes de temperatura interna em estudos pré-clínicos. Portanto, a perspectiva é que no futuro próximo o grupo esteja aplicando tal técnica para o monitoramento da dose térmica em modelos tumorais murinos durante procedimentos associados a nanoterapias térmicas, por exemplo hipertermia magnética ou terapia fototérmica com nanopartículas magnéticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPQ, FAPEG e UFG pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Hall, E. J., Giaccia, A. J. *Hyperthermia* In: Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. 2012. P. 490-21. Treating cancer with heat: hyperthermia as promising strategy to enhance apoptosis
- Seip, R. VanBaren, P. Cain, C. A. Ebbini, E. S. Noninvasive Real-Time Multipoint Temperature Control for Ultrasound Phased Array Treatments. *IEEE Transaction on Ultrasonics*, vol. 43, n. 6, p. 1063-11, 1996.
- Rodrigues, H.F., Capistrano, G., Mello, F. M, Zufelato, N., Silveira-Lacerda, E. , Bakuzis, A.F. Precise determination of the heat delivery during magnetic nanoparticle hyperthermia with infrared thermography. *Physics in Medicine and Biology*, v. 62, p.4062-4082, 2017.
- Carrião, M.S., Aquino, V. R.R., Landi, G.T., Verde, E.L. Sousa, M. H. Bakuzis, A. F. Giant-spin nonlinear response theory of magnetic nanoparticle hyperthermia: A field dependence study. *Journal of Applied Physics JCR*, v. 121, p.173901, 2017.
- Carrião, M. S., Marcus, S., Bakuzis, A.F.. Mean-field and linear regime approach to magnetic hyperthermia of core-shell nanoparticles: can tiny nanostructures fight cancer?. *Nanoscale (Print) JCR*, v. 8, p. 8363-8377, 2016.
- Rodrigues, H.F., Mello, F.M., Branquinho, L.C., Zufelato, N., Lacerda, E.P.S., Bakuzis. Real-time infrared thermography detection of magnetic nanoparticle hyperthermia in a murine model under a non-uniform field configuration. *International Journal of Hyperthermia JCR*, v. 29, p. 752-767, 2013.
- Branquinho, L. C., Carrião, M.S. Costa, A.S., Zufelato, N., Sousa, M. H., Miotto, R., Ivkov, R., Bakuzis, A.F. Effect of magnetic dipolar interactions on nanoparticle heating efficiency: Implications for cancer hyperthermia. *Scientific Reports JCR*, v. 3, p. 2887, 2013.
- Verde, E.L., Landi, G.T., Gomes, J.A., Sousa, M.H., Bakuzis, A. F. Magnetic hyperthermia investigation of cobalt ferrite nanoparticles: Comparison between experiment, linear response theory, and dynamic hysteresis simulations. *Journal of Applied Physics JCR*, v. 111, p. 123902, 2012.
- Verde E.L., Landi, G.T., Carrião, M.S., Drummond, A. L., Gomes, J.A., Vieira, E.L., Sousa, M. H., Bakuzis, A. F. . Field dependent transition to the non-linear regime in magnetic hyperthermia experiments: Comparison between maghemite, copper, zinc, nickel and cobalt ferrite nanoparticles of similar sizes. *AIP Advances JCR*, v. 2, p. 032120, 2012.
- RM Arthur, WL Straube, JW Trobaugh, and EG Moros, "Noninvasive estimation of hyperthermia temperatures with ultrasound," *International J of Hyperthermia*, vol. 21, pp. 589–600, 2005.
- N. R. Miller, J. C. Bamber, P. M. Meaney. Fundamental Limitations of Noninvasive Temperature Imaging by Means of Ultrasound Echo Strain Estimation. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. 28, No. 10, pp. 1319–1333, 2002
- C. Simon, P. VanBaren, E. S. Ebbini. Two-Dimensional Temperature Estimation Using Diagnostic Ultrasound. *IEEE Transactions on Ultrasonics*. vol. 45, no. 4, 1998.
- M. Pernot, M. Tanter, J. Bercoff, K. R. Waters, M. Fink. Temperature Estimation Using Ultrasonic Spatial Compound Imaging. *IEEE Transactions on Ultrasonics*. vol. 51, no. 5, 2004.
- R. M. Moreno, C. A. Damianou. Noninvasive temperature estimation in tissue via ultrasound echo-shifts. Part I. Analytical model. *Acoustical Society of America*. Pp. 2514-2521, 1996.
- T. Varghese, J. A. Zagzebski, Q. Chen, U. Techavipoo, G. Frank, C. Johnson, A. Wright, F. T. Lee. Ultrasound Monitoring of Temperature Change During Radiofrequency Ablation: Preliminary *In-Vivo* Results. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. 28, No. 3, pp. 321–329, 2002.

W. L. Straube, R. M. Arthur. Theoretical Estimation of the Temperature Dependence of Backscattered Ultrasonic Power for Noninvasive Thermometry. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. 20, No. 9, pp. 915-922, 1994.

R. L. Clarke, N. L. Bush, G. R. Ter Haar. The Changes in Acoustic Attenuation Due to in vitro Heating. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. 29, No. 1, pp. 127–135, 2003.

R. M. Arthur, W. Trobaugh, W. L. Straube, E. G. Moros. Temperature Dependence of Ultrasonic Backscattered Energy in Motion-Compensated Images. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 52, no. 10, 2005.

R. M. Arthur, J. W. Trobaugh, W. L. Straube, E. G. Moros, S. Sangkatumvong. Temperature Dependence of Ultrasonic Backscattered Energy in Images Compensated for Tissue Motion. *IEEE Ultrasonics Symposium-99*. 2003.

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

