

FUSÃO DE IMAGENS MÉDICAS

FUSION OF MEDICAL IMAGES

ALINE APARECIDA DE OLIVEIRA¹
MARIELE CRISTINA MODOLO PICKA²

Recebido em Março de 2013. Aceito em Junho de 2013.

¹ Aluna do curso de Radiologia da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. End.: Avenida José Ítalo Bacchi S/N, CEP: 18606-855. Botucatu – SP Fone: (14) 3814-3004. E-mail: alineoliveira617@gmail.com

² Professora Assistente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Graduada em Biomedicina. Especialista em Protozooses Médicas, Imagenologia, Docência Pedagógica e Gestão em Saúde. Mestre e Doutora em Doenças Tropicais pela Faculdade de Medicina de Botucatu-Unesp. E-mail: maripicka@gmail.com

FUSÃO DE IMAGENS MÉDICAS

RESUMO

O uso de múltiplas modalidades de imagem para atingir o diagnóstico médico é uma prática comum desde há muitos anos. A prática mais utilizada recentemente é a fusão de imagens médicas, ou seja, a integração da informação fornecida por diversos métodos em uma mesma imagem. O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação e a funcionalidade do processo de fusão de imagens médicas entre os métodos de Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, Tomografia por emissão de Pósitrons e US-doppler. O processo de fusão de imagens pode ser feito em representação de pixel-a-pixel, região-a-região e com base na decisão. Para isso pode-se encontrar softwares gratuitos na internet e as imagens podem ser obtidas em equipamentos distintos ou acoplados. A escolha do processo depende de vários fatores e deve-se levar em conta o propósito da fusão e as características e condições de cada método. Atualmente os fabricantes de equipamentos estão investindo no aumento da qualidade e na capacidade de detecção das imagens, visando melhorar o processo de fusão que torna a interpretação das imagens mais evidente e credível.

PALAVRAS-CHAVE: Fusão de imagens médicas. Ressonância magnética. Tomografia computadorizada. PET. US-Doppler.

MEDICAL IMAGE FUSION

ABSTRACT

The use of image multiple modalities to achieve medical diagnosis has been common practice lately. Nowadays the most used practice is medical image fusion, that is integrating information from several different methods within the same image. This paper aims at showing application and functionality of medical image fusion process such as Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging, Positron Emission Tomography and Doppler U.S. Image fusion process can be performed by pixel to pixel, region to region as well as based on decision taking. Free softwares can be found in the internet and images can be obtained either in separated or connected equipments. The choice of processes depends on several factors and the purpose of fusion as well as characteristics and conditions of each method should be taken into consideration. Currently equipment manufacturers are investing at improving the quality and detection capacity of images aiming at upgrading the fusion process which makes image interpretation more evident and trustworthy.

KEY WORDS: Medical Image Fusion; Magnetic Resonance Imaging, Positron Emission Tomography and Doppler U.S.

1 INTRODUÇÃO

A área de imagens médicas está em constante crescimento e as pesquisas aumentam a cada dia graças aos benefícios dos avanços tecnológicos.

Para o médico, é importante a visualização de imagens que apresentem as estruturas anatômicas, patológicas e também as atividades metabólicas da região em estudo (CHEN; VARSHNEY, 2003). Assim, o processo de fusão de imagens se tornou um dos grandes desafios na área da radiologia, pois permite unir em uma única imagem informações contidas em duas imagens de modalidades distintas. Este processo deve apresentar um grau de “qualidade” que não pode ser obtido isoladamente por cada uma das imagens fonte (FLUSSER, SROUBEK e ZITOVÁ, 2007).

Atualmente existem softwares de planejamento que permitem realizar a fusão entre imagens de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM), tomografia por emissão de pósitron (PET) e ultrassonografia Doppler (US-doppler). Este processo possibilita informações importantes para o auxílio do diagnóstico médico, bem como uma melhor localização das estruturas, planejamentos de radioterapia, na avaliação e realização de cirurgias (SANCHES, 2009).

Dentre os exames utilizados para o processo de fusão de imagens está a TC na qual as imagens tomográficas são obtidas após a irradiação por um feixe de raios-X, de um corte transversal do corpo humano. Este processo produz uma imagem bidimensional em diferentes tons de cinza, que correspondem ao valor do coeficiente de atenuação linear do tecido (WOLBARST, 1993). Estas imagens são formadas por pixels que são as menores unidades da imagem e estão distribuídos em linhas e colunas que formam uma matriz. A resolução da imagem aumenta de acordo com a quantidade de pixels que compõem a sua matriz, o que permite uma melhor diferenciação entre as estruturas mostradas na imagem. A espessura (voxel) de cada corte transversal é definida de acordo com a resolução necessária para o diagnóstico. Para obter uma boa resolução, também é necessário definir o campo de visão (FOV- *fieldofview*), ou seja, a área mínima da imagem a ser estudada, pois quanto menor o FOV, menor será o tamanho do pixel e melhor a resolução da imagem (LEITE, AMARO, OTADUY, 2005; ROS, 2006).

Diferente da TC, na RM as imagens são resultados da interação do campo magnético do equipamento, com os átomos de hidrogênio presentes nos tecidos do corpo humano. Os prótons possuem um movimento de giro em torno do seu próprio eixo que quando submetidos a um campo magnético e a um pulso de radiofrequência apresentam uma inclinação de 90°

(HUDA, SLONE, 2002; MAZZOLA, 2009). No momento em que este pulso é interrompido, ocorre a recuperação da magnetização, conhecida como tempo de relaxamento T1 e T2. T1 corresponde ao tempo necessário para que se recupere 63% da magnetização longitudinal do átomo e T2 da magnetização transversal (WERLANG et al., 2006). As imagens de RM são geradas a partir do registro de T1 e T2 que são extremamente sensíveis às diferentes características físicas e químicas dos diversos tecidos do corpo. Em geral, a RM possui uma ótima resolução espacial, excelente contraste nos tecidos moles e capacidade funcional (CAVALCANTI FILHO, 2010).

O PET, outra modalidade de imagem médica que pode ser utilizada no processo de fusão de imagens, é um mapa da distribuição de um radiofármaco emissor de pósitrons em um determinado corte do corpo (ROBILOTTA, 2006). É utilizado para detecção, diferenciação, localização e estadiamento de tumores, avaliação de recorrências e metástases e no seguimento e avaliação de procedimentos terapêuticos (TINOIS, 2005; ROBILOTTA, 2006).

Para a formação da imagem no PET, são utilizados radionuclídeos emissores de pósitrons (partículas). Os pósitrons reagem com elétrons emitindo dois fótons de alta energia (511 Kev), que são liberados na mesma direção mas em sentidos opostos e são detectados externamente em um detector circular, originando imagens tridimensionais. Essa detecção simultânea exclui o uso de um colimador para limitar o campo de detecção. (SAHA, 1998).

A imagem obtida permite a visualização da distribuição do radiofármaco no organismo, e determina a quantidade fixada nos vários órgãos e tecidos, permitindo o diagnóstico clínico.

Outro tipo de exame utilizado na fusão de imagens é o US-Doppler, que verifica a alteração da frequência das ondas sonoras refletidas quando o objeto refletor se movimenta em relação à fonte da onda sonora. Com o Doppler colorido, a alteração da frequência é demonstrada com um espectro de uma ou duas cores (KAWAKAMA et al., 1993). Dessa forma, quando o objeto se aproxima do transdutor, acontece aumento da resposta que é representado pela cor vermelha, e, quando ele se afasta, ocorre a redução dessa resposta sendo representado pela cor azul. Já os de maior velocidade aparecem na mesma cor só que em tonalidades mais claras (CERRI et al., 1998).

Observa-se que cada um dos métodos de imagem citados apresentam características próprias e processos de formação de imagens distintos.

O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação e a funcionalidade do processo de fusão de imagens médicas nos métodos de TC, RM, PET e US-doppler.

2 METODOLOGIA

Para o presente trabalho, foi realizada uma revisão da literatura com publicações dos anos de 1993 a 2013. As palavras chaves utilizadas foram: tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons, US-Doppler, *fusion of medical*, fusão de imagens médicas, softwares médicos. Para tanto, foram utilizados os sites *Scielo*, *Pubmed*, Periódicos Capes e Google Acadêmico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Métodos de fusão de imagens

A escolha do método de fusão de imagens médicas a ser utilizado depende de muitos fatores, tais como os sistemas de aquisição de imagens nos diferentes métodos, o processamento das imagens, a aplicação específica e as ferramentas disponíveis. A escolha do processo a ser utilizado determina o pré-processamento que será exigido em cada método.

De acordo com Pohl e Genderen (1998), a fusão de imagens pode ser feita em diferentes níveis de representação da informação, tais como: pixel-a-pixel, região-a-região e com base na decisão.

A fusão pixel-a-pixel utiliza o nível de intensidade de cada pixel (ROCKINGER, 1996). Esse método gera uma imagem final e cada pixel é determinado a partir de um conjunto de pixels provenientes de várias fontes de entrada (SILVA, 2011).

A fusão de imagens região-a-região exige a extração de vários pontos de interesses compreendidos em várias fontes de entrada (DASARATHY, 1997). Por meio de técnicas de segmentação, cada imagem é dividida em regiões e, com base nessas regiões, a fusão é realizada (SILVA, 2011).

No método com base na decisão, as imagens são processadas individualmente para a remoção e classificação da informação. Esse método utiliza diferentes recursos em uma mesma imagem para obter uma classificação exata da informação de interesse. Outro modo é usar duas imagens de sensores diferentes, ou seja, com informações complementares, e classificá-las separadamente para produzir um “mapa de classificação”. De acordo com o objetivo da aplicação, são utilizadas regras de decisão para se obter a imagem fundida (SILVA, 2011).

A maioria das aplicações de fusão de imagens utiliza o método com base nos pixels. A vantagem é que as imagens contêm a informação original e os algoritmos são mais fáceis de implementar. Um passo importante para esse processo é o registro de imagens que assegura que os dados de cada fonte se referem à estrutura física analisada (ZITOVA E FLUSSER, 2003).

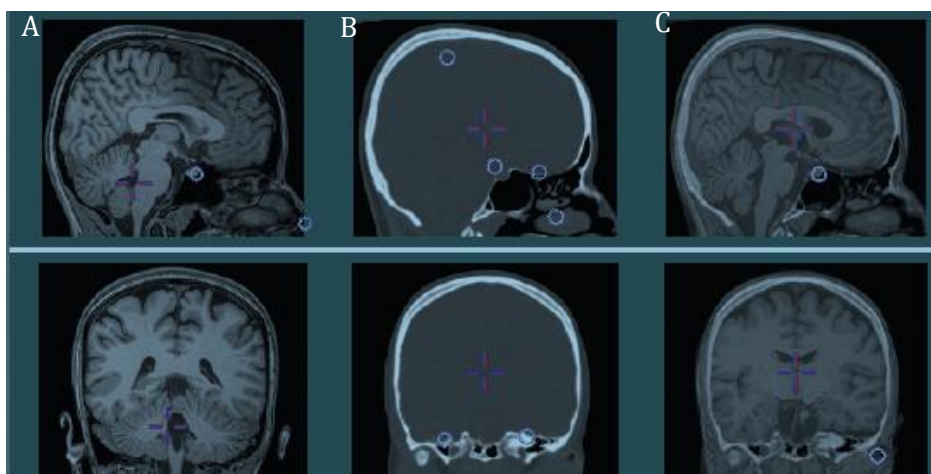
No entanto, independente do processo escolhido, deve-se levar em conta o propósito da fusão, as características de cada sensor, as condições específicas da imagem, a geometria do processo de aquisição, a presença de ruído e a precisão e as aplicações dos dados da fonte (SILVA, 2011).

3.2 Fusão de imagens de TC e RM

A fusão de imagens de TC e RM pode ser feita por softwares, sendo que quatro deles são de livre acesso na rede mundial de computadores: *CAT3D*, *3D Slicer*, *OsiriX* e *Register* (ROCHA E AMARO, 2012). Rocha e Amaro (2012) avaliaram os softwares e escolheram o *Register* por possuir tutoriais *online* que dão suporte para o aprendizado da técnica e para a aplicabilidade.

A imagem abaixo demonstra a fusão de imagens de TC e RM de um encéfalo (Figura 1).

Figura 1- Imagem sagital e coronal do encéfalo: RM (coluna A), TC (coluna B) e fusão TC-RM (coluna C).



Fonte: ROCHA; AMARO, 2012

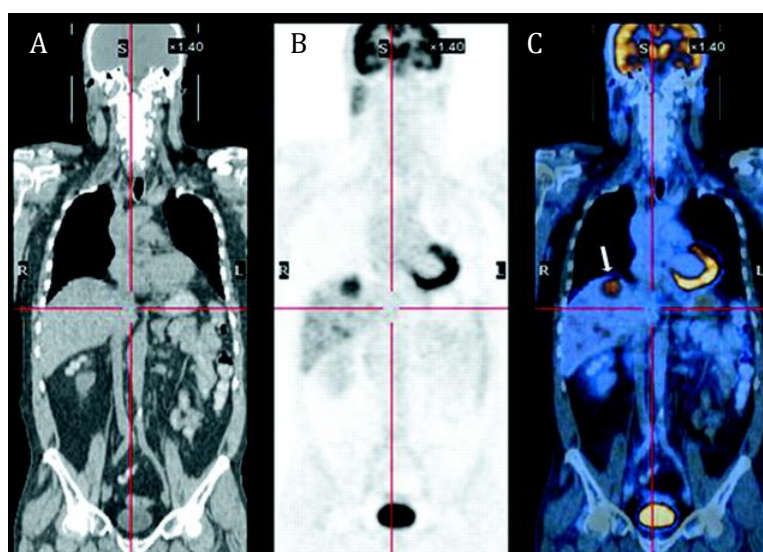
A TC e a RM, além de serem métodos utilizados no processo de fusão de imagens, também podem ser usadas em modelos de neuronavegação. Ambas fornecem dados para sistemas de estereotaxia, que permitem ao neurocirurgião obter coordenadas espaciais para utilização em procedimentos de biópsia ou para tecnologia de irradiação localizada de lesões com a radiocirurgia (ROCHA; AMARO, 2012).

3.3 Fusão de imagens de PET e TC

A fusão de PET e TC podem ser feita por software ou hardware. Com o uso do software, as imagens de ambos os métodos podem ser adquiridas por equipamentos distintos, porém existe a desvantagem para partes do corpo que não permanecem imóveis. Os movimentos respiratórios, o preenchimento vesical e o posicionamento do paciente levam à imprecisão da técnica de fusão por software (BASU; STRANG, 2008).

Já a fusão por hardware é realizada em um único aparelho com o sistema PET e TC integrados (PET-CT), ou seja, uma mesma mesa de exame com as duas modalidades de imagem. Primeiro é adquirido um topograma e, a partir deste, é feita a variação da imagem para ambas as modalidades. As duas imagens podem ser fundidas ou analisadas isoladamente (Figura 2)(BASU; STRANG, 2008).

Figura 2 - Imagens coronais: TC (A), PET (B), e fusão PET-CT (C) adquiridas de um paciente com lesões compatíveis com metástase.



Fonte: FINGER, 2005.

Entre os exames utilizados para o processo de fusão de imagem o PET-CT é, no momento, o mais utilizado. Ele também contribui para tornar o planejamento radioterapêutico mais adequado a cada paciente, principalmente quanto à proteção dos tecidos sadios ao redor do tumor. No entanto, sua utilização apresenta desvantagens. A TC utiliza a radiação ionizante e o PET, além de ser um exame de alto custo, utiliza um radionuclídeo de meia-vida física curta e sua produção e comercialização é feita exclusivamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esses fatos limitam a difusão dessa modalidade e são responsáveis pela tardia e lenta introdução do PET no cenário nacional (COSTA, 2001).

3.4 Fusão de imagens de RM e PET

Como já dito anteriormente, o PET é um exame que tem grande potencial para detectar alterações metabólicas, porém, falha em resolução espacial. Mesmo com a técnica do PET-CT já estabelecida, muito tem se pesquisado nos últimos anos a respeito da fusão dessas imagens com as de RM, principalmente para pesquisas de doenças neurológicas.

Existem basicamente três maneiras de integração das imagens PET com a RM:

a) os aparelhos de PET e RM ficam em salas distintas e a fusão das imagens é feita por programas especializados. Existe flexibilidade, pois os sistemas podem ser utilizados separadamente;

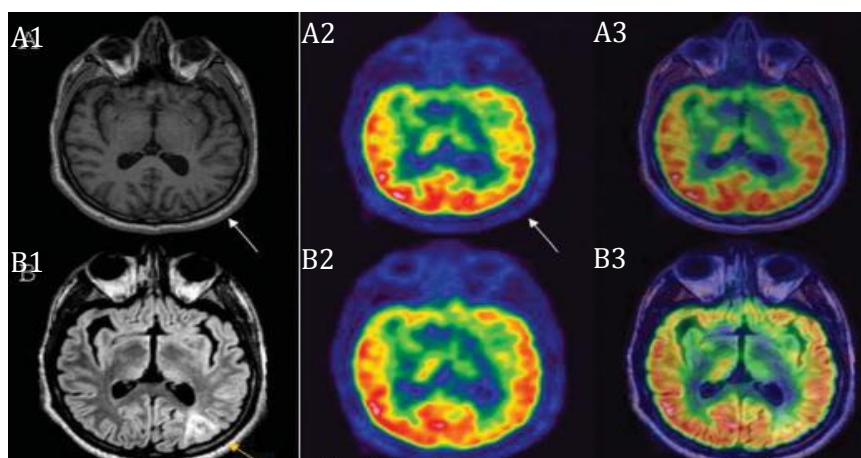
b) as imagens são feitas em aparelhos distintos, mas o paciente permanece na mesma maca, e apenas esta é transferida para o outro equipamento. Este método é conhecido por *hardware-fused*;

c) Por meio de um sistema totalmente integrado onde as imagens são adquiridas simultaneamente (VON SCHULTHESS; SCHLEMMER, 2009).

Este último modo aumenta a potencialidade do diagnóstico quando comparado com os resultados isolados das duas técnicas (LIMA, 2007).

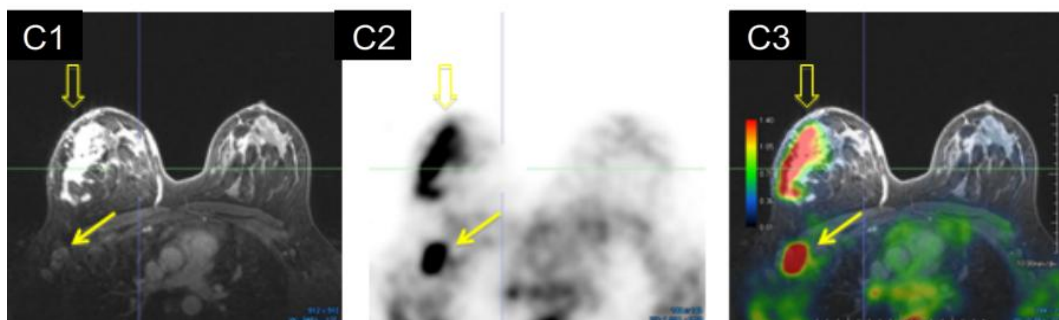
Segundo CAVALCANTI FILHO (2010), a fusão de imagens em PET e RM possui alta acurácia, demonstrando informações de alterações metabólicas e importante resolução espacial, além de avaliar estruturas com intensidade de sinal em partes moles com excelente contraste (Figura 3 e 4). Outra vantagem dessa fusão é a não utilização da radiação ionizante, como usada na TC.

Figura 3 – Imagens axiais do encéfalo: RM ponderada em T1 (A1) e FLAIR (B1); PET (A2 e B2) e a fusão PET-RM (A3 e B3) de um paciente com epilepsia refratária em tratamento medicamentoso.



Fonte: CAVALCANTI FILHO, 2010.

Figura 4 – Imagens axiais de RM (C1), PET (C2) e PET-RM (C3) de um paciente com tumor na mama direita e linfonodomegalia axilar.



Fonte: BITENCOURT, 2012.

3.5 Fusão de imagens de US-doppler e RM

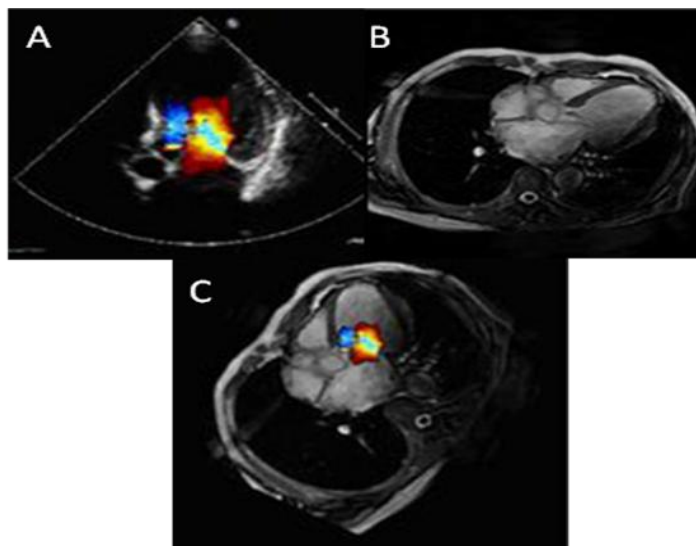
As imagens de US, quando comparadas com as da RM, apresentam limitação por ter baixa resolução e pela desvantagem do FOV. Porém, a RM também tem suas limitações em relação às medições hemodinâmicas em tempo real (OKADA; IMAI; KIM; 2010).

Assim, a fusão de imagens de US-doppler e RM pode ser um meio de superar as limitações encontradas em cada um dos métodos de aquisição de imagens. Por exemplo, com a fusão é possível visualizar as informações anatômicas e também hemodinâmicas do coração ao mesmo tempo.

A fusão de imagens de eco cardiografia (US-doppler do coração) e RM são diferentes dos outros tipos de exames. Devido ao movimento durante o ciclo cardíaco, é necessária a

formação tridimensional da imagem, com registro de espaço e de tempo para efetuar a fusão das imagens (Figura 4) (WANG; CHEN; ZHAO, 2011).

Figura 5 –Imagem de ecocardiograma (A), RM do coração (B) e fusão ecocardiograma-RM (C).



Fonte: WANG; CHEN; ZHAO, 2011.

Ainda se encontram poucos relatos na literatura sobre a fusão entre US-doppler e RM, pois o movimento cardíaco dificulta a aquisição e posterior fusão das imagens nos diferentes métodos.

Em geral, fusão de imagens apresenta um elevado potencial tecnológico, auxiliando no diagnóstico, na decisão de cirurgias e no seguimento da evolução de determinadas patologias. A partir desse processo, é possível unir imagens multimodais em uma única imagem, com uma melhor visualização das estruturas em estudo e, principalmente, reunindo as vantagens de cada método.

Atualmente é possível encontrar softwares de fusão gratuitos na internet, e as imagens podem ser obtidas em equipamentos distintos, facilitando e difundindo o seu uso.

Vale ressaltar que, apesar de muitas vantagens, ainda existem obstáculos ligados aos recursos computacionais e dificuldades de validar os métodos desenvolvidos. Atualmente, é possível observar grandes esforços nesta área, inclusive dos grandes fabricantes de equipamentos que investem nos métodos já existentes trazendo aumento na qualidade da imagem, na capacidade de detecção e uma maior tranquilidade em relação aos aspectos de proteção radiológica.

4 CONCLUSÃO

O uso da fusão de imagens médicas vem crescendo e tornando-se muito importante na área médica. Em um futuro próximo, a fusão de imagens será indispensável em qualquer serviço de saúde, ajudando não somente no radiodiagnóstico, mas principalmente no prognóstico das doenças.

Finalmente, o desenvolvimento de técnicas de fusão de imagens torna a leitura e a interpretação dos padrões de patologia mais evidentes e credíveis.

REFERÊNCIAS

- BASU, A.; STRANG, J.G. Fusão PET/TC em Oncologia. In: STRANG, J. G.; DOGRA, V. **Segredos em tomografia computadorizada**. Rio de Janeiro. Editora Reviver Ltda. 2008. p. 48-57.
- BITENCOURT, G.V.A. et al. **Fusão das Imagens de Ressonância Magnética e Tomografia por emissão de Pósitrons (PET-RM) no diagnóstico de lesão mamárias: técnicas e Resultados iniciais**. In JORNADA PAULISTA DE RADIOLOGIA, 42º, 2012, São Paulo. Disponível em: <http://www.spr.org.br/jpr2012_trabalhos/1803/1803.swf>
- CAVALCANTI FILHO, J.G. et al. PET-RM neurológico com FDG-18F: ensaio iconográfico. **Radiol.bras.** v.43, n.3, p. 195–201, Mai/Jun. 2010.
- CERRI ,G.G.; MOLNAR, L.J.; CERQUEIRA, D.; **Doppler**. São Paulo: Sarvier, 1998, 271p.
- CHEN, H.; VARSHNEY, P.K. **IEEE Trans. Med. Imaging**. v22. n. 1111-1119p. 2003.
- COSTA, D.C.; OLIVEIRA, A. M. J.; BRESSAN, A.R., **PET e SPECT em neurologia e psiquiatria: do básico as aplicações clínicas**. Revista Brasileira de Psiquiatria, v.23 (supl.1). 2001.
- DASARATHY, B. V., **Fuzzy evidential reasoning approach to target identity and state fusion in multisensor environments**, Optical Engineering. V.36, n. 3, p. 683–699. 1997.
- FLUSSER, J., SROUBEK, F. e ZITOVÁ, B., **Image Fusion: Principles, Methods, and Applications**, Tutorial da 15ª Conferência Européia de Processamento de Sinal (EUSIPCO 2007).
- FINGER, P. T., et al. Whole body PET/CT for initial staging of choroidal melanoma. **Br. J. Ophthalmol.** New York, v. 89, p. 1270-1274, 2005. Disponível em: <<http://bjo.bmj.com/content/89/10/1270.full>> acesso em: 30, setembro. 2012.
- HUDA, W.; SLONE, R. **Review of Radiologic Physics**, 2 ed, Philadelphia, Williams & Wilkins, 2002.

KAWAKAMA, J. et al. Física. In: CERRI, G.G.; ROCHA, D.C. Ultrassonografia abdominal. São Paulo; Sarvier, Cap.1, p.1-14. 1993

LEITE, C. C; AMARO, JR..E; OTADUY, M.G; **Física Básica da Tomografia;** 2005.Disponível em: <http://www.hcnet.usp.br/inrad/departamento/graduacao/aula/>>. Acesso em: 20, ago. 2012.

LIMA, J.J.P. **A física da imagem.** Gazeta de Física, v. 30, fasc 1, p 30-41. 2007.

MAZZOLA, A. A. **Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional.** Revista Brasileira de Física Médica, v.1, n.3, p.117 -129. 2009.

OKADA, M.; IMAI, Y, KIM, T.; et al. **Comparison of enhancement patterns of histologically confirmed hepatocellular carcinoma between gadoxetate- and ferucarbotran-enhanced magnetic resonance imaging.** Journal of Magnetic Resonance Imaging, v. 32, n.4, p. 903-913. 2010.

POHL, C., and GENDEREN, J. L., **Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications,** International Journal of Remote Sensing, v.19, n.5, p.823–854. 1998.

ROBILOTTA CC. **A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira.** Rev. Panam Salud Publica, v.20, n.2/3, p.134–42. 2006

ROCHA, L. G. S.; AMARO, E. J., **Ferramentas para fusão de imagens dos métodos de tomografia computadorizada, ressonância magnética e ressonância magnética funcional para aplicação pré-neurocirúrgica,** Einstein, São Paulo, v.10, n.2. 2012.

ROCKINGER, O., **Pixel-level fusion of image sequences using wavelet frames,** In Proceedings of the 16th Leeds Annual Statistical Research Workshop, 1996, Leeds University Press, p. 149–154.

ROS, R. A; **Fusão de Imagens Médicas Para Aplicação em Sistemas de Planejamento em Radioterapia.**2006, 126f ; Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - IPEN – USP, São Paulo, 2006.

SAHA, G. B. **Fundamentals of nuclear pharmacy.** Springer, 1998. p. 34-170.

SANCHES, J. I. **Sobreposição de imagens de termografia e Ressonância Magnética: Uma nova modalidade de Imagem Médica Tridimensional.** Curitiba, 2009. 168p.

SILVA, S. E; **Fusão de Imagens.** Rio de Janeiro, 2011, 130p.

TINOIS, E.;**Imagem Funcional PET e fMRI;** Campinas, 2005, 14p

WANG, C.; CHEN, M.; ZHAO, J.; LIU, Y. Fusion of color Doppler and Magnetic Resonance Images of the Heart. **J. Digit Imaging.** Dez, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3212677/>>. Acesso em: 12, set. 2012.

WERLANG, Z. H. et al, **Manual do Residente de Radiologia**, Rio de Janeiro, 2006. Guanabara Koogan. 262 p.

WOLBARST; **Physics of Radiology**; Appleton & Lange, 1993, 647p

VON SCHULTHESS, G.K; CHLEMMER, H-P. G. A look ahead: PET/MR versusPET/CT. **Eur J Nucl Med Mollmaging**.v.36, suppl.1, p.3-9, 2009.

ZITOVA, B. e FLUSSER, J., **Image registration methods: a survey**, Image and Vision Computing. v 2, p.1977–1000, 2003,