UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA AUXILIAR A VISUALIZAÇÃO DO ABSCESSO PULMONAR

R. G. Coletes*, M. A. Marques*, A. V. do Nascimento**, M. A. de Lemos* e G. Botura Jr.*

*Engenharia de Controle e Automação/UNESP, Sorocaba, Brasil
**Hospital do Servidor Público Estadual de São Paulo/Serviço de D.A.R., São Paulo, Brasil

e-mail: renato.coletes@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi implementar técnicas de processamento digital de imagens, as quais foram aplicadas em radiografias de tórax digitalizadas com o objetivo de melhorar a identificação e a visualização do abscesso pulmonar e consequentemente, auxiliar a sua caracterização. Foram implementadas técnicas de processamento de imagens tanto no domínio espacial quanto no da frequência, além de técnicas de restauração. Para corroborar os resultados obtidos através da análise do Pneumologista, foram utilizadas algumas funções de avaliação. O programa foi desenvolvido utilizando o software MatLab, e os resultados mostraram que as técnicas de pré-processamento e o filtro de Prewitt foram as que conduziram aos melhores resultados na identificação e visualização do abscesso pulmonar.
Palavras-chave: Abscesso Pulmonar, Tórax, Radiografia, Processamento Digital de Imagens.

Abstract: *The aim of this work was to implement digital image processing techniques, which were applied in digitalized chest radiographs in order to improve the identification and visualization of lung abscess and consequently, supporting your characterization. Image processing techniques were implemented both in spatial and frequency domain, in addition to restoration techniques. To corroborate the results from analysis gathered through the Pneumologist, some evaluation functions were used. The program was developed using MatLab software, and the results showed that the techniques of preprocessing and Prewitt filter were the ones that led to better results in the identification and visualization of lung abscess.*
Keywords: *Abscess, Thorax, Radiography, Digital Image Processing.*

Introdução

O tórax é muito apropriado ao estudo radiográfico em virtude das diferenças de densidades de suas diversas estruturas. Os pulmões, por seu conteúdo aéreo, possuem a menor densidade e, portanto, pouco interferem na passagem dos raios X; ao contrário, os ossos, por sua maior densidade obstruem bastante a passagem deles, produzindo obviamente imagens esbranquiçadas; o coração, vasos sanguíneos e o mediastino por possuírem densidade intermediária entre pulmões e ossos, produzem imagens acinzentadas [1], [2].

Para a identificação das patologias pulmonares e pleurais, a radiografia simples de tórax constitui uma técnica preciosa e muito difundida para o auxílio da identificação e compreensão destas doenças. Ela desempenha um papel de grande importância em pacientes com transtornos pulmonares e no diagnóstico de enfermidades torácicas não suspeitadas. Além de revelar a presença de lesões, ainda permite identificá-las, estabelecer suas dimensões e sua localização mais precisamente; por outro lado, também exerce uma contribuição importante na avaliação do controle evolutivo e da resposta aos procedimentos terapêuticos, e finalmente é especialmente útil na comparação com futuras radiografias [3].

O abscesso de pulmão é definido como necrose do parênquima pulmonar causado por agressão microbiana [4]. É uma lesão escavada no parênquima pulmonar, que pode apresentar parede espessa, nítida, contendo no seu interior material inflamatório inferiormente e ar superiormente, os quais são separados pelo típico nível líquido. Esta lesão é localizada mas nem sempre visualizada com facilidade, devido ao fato de que algumas vezes, apresenta dimensões reduzidas dificultando a sua detecção na radiografia, outras vezes quando ela se localiza nas proximidades das cúpulas diafragmáticas, o que dificultará também a sua precisa caracterização.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi implementar técnicas de processamento digital de imagens que foram aplicadas em radiografias de tórax digitalizadas visando aumentar e melhorar, sempre que possível, a visualização do abscesso de pulmão, fornecendo informações mais precisas das imagens obtidas para aperfeiçoar o seu diagnóstico e também para auxiliar a caracterização dessa patologia. Todas as técnicas de processamento de imagens foram implementadas utilizando o software MatLab.

Materiais e Métodos

Inicialmente, é importante realizar em uma imagem digital, um pré-processamento antes de se aplicar qualquer tipo de técnica de processamento na mesma. A

principal função do pré-processamento é melhorar a imagem de forma que após o processamento, os resultados obtidos sejam melhores do que se as imagens originais tivessem sido utilizadas.

Dentre as várias técnicas de pré-processamento citam-se os métodos de equalização adaptativa de histograma e o alargamento de contraste [5], [6]. Neste trabalho, estas técnicas foram implementadas e testadas nas imagens, apresentando bons resultados quando se define adequadamente os parâmetros.

Em seguida, técnicas de processamento digital de imagens devem ser utilizadas para realçar características importantes da imagem. Neste caso, podemos destacar os filtros ideal, Butterworth e Gaussiano, os quais foram implementados neste trabalho no domínio da frequência e utilizados nas formas Passa-altas e Passa-baixas.

Já no domínio espacial, os filtros Passa-altas de Sobel, Laplace e Prewitt também foram implementados, bem como o filtro Passa-baixas da média.

Métodos de restauração linear foram usados, nestes casos, o filtro de Wiener (linear) e o algoritmo iterativo de Lucy-Richardson (não-linear).

A Figura 1 apresenta esquematicamente todos os métodos de processamento de imagens implementados neste trabalho.

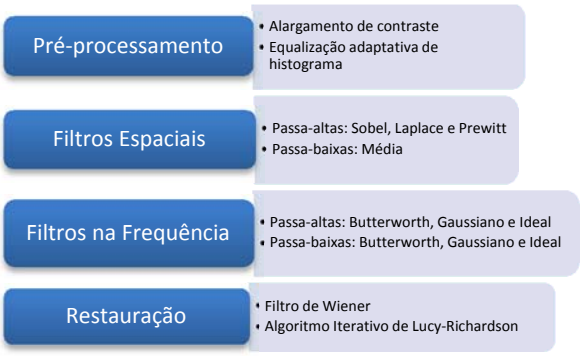

Figura 1: Métodos de processamento de imagens implementados.

Para comparar os resultados obtidos com as técnicas de processamento de imagens, existem algumas funções de avaliação que são amplamente empregadas, sendo as que utilizam uma relação sinal-ruído as mais comuns na quantificação da qualidade de imagem [7].

Podemos definir uma função de erro $\boldsymbol{e(x,y)}$ como a diferença entre a entrada e a saída.

$$e(x,y) = f(x,y) - g(x,y) \quad (1)$$

Assim define-se o erro quadrático como $\boldsymbol{E_{ms}}$:

$$E_{ms} = \frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{m-1}\sum_{y=0}^{n-1} e(x,y)^2 \quad (2)$$

Onde $\boldsymbol{M}$ e $\boldsymbol{N}$ são as dimensões da imagem. Desta forma, pode-se definir a primeira função de avaliação ***RMSE*** (***Root Mean Square Error***) ou $\boldsymbol{E_{rms}}$:

$$E_{rms} = \sqrt{E_{ms}} \quad (3)$$

Já a **Relação Sinal Ruído de Pico** (**PSNR**) é definida como:

$$PSNR = 20log_{10}\left(\frac{(2^P)-1}{E_{rms}}\right) \quad (4)$$

Onde $\boldsymbol{P}$ é o número de bits por pixel. Esta relação é usada para estimar a fidelidade da técnica de filtragem realizada, pois relaciona os valores máximos de pixel da imagem com o poder de corromper o ruído gerado nela [8].

No software desenvolvido, todos os métodos de processamento de imagens apresentados na Figura 1 foram implementados em uma interface gráfica desenvolvida no ambiente *GUIDE* do MatLab.

As radiografias foram digitalizadas em um *scanner* ScanMaker i800 (Microtek) com resolução de 300 dpi. Foram utilizadas todas as ferramentas e ao mesmo tempo analisadas as variações das funções de avalição. Assim, pôde-se comparar as análises subjetivas de um Especialista através da interpretação das imagens resultantes com as funções objetivas, determinando a efetividade das funções de avaliação para as imagens disponibilizadas pelo médico. Este procedimento foi realizado em todas as 33 imagens disponíveis no acervo para que fosse possível definir quais os métodos que poderiam auxiliar na identificação e visualização do abscesso pulmonar e posteriormente, na sua caracterização.

Resultados

Pré-Processamento – As técnicas de pré-processamento alargamento de contraste e equalização adaptativa de histograma foram aplicadas nas imagens de radiografias de tórax digitalizadas a fim de melhorar a identificação e a visualização do abscesso pulmonar. A Figura 2(a) mostra a imagem original. Já as Figuras 2(b) e 2(c) mostram, respectivamente, as imagens obtidas após o alargamento de contraste e a equalização adaptativa de histograma.

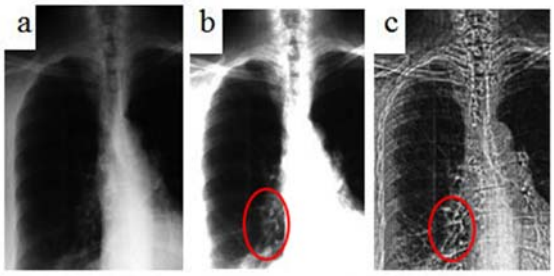

Figura 2: (a) Imagem original; (b) imagem com alargamento de contraste; (c) imagem com equalização adaptativa de histograma.

Depois da utilização de técnicas de pré-processamento nas radiografias digitalizadas, métodos de processamento tanto no domínio espacial quanto no domínio da frequência foram testados, além de técnicas de restauração de imagens.

Técnicas no Domínio Espacial – Imagens foram obtidas utilizando-se agora técnicas de processamento digital no domínio espacial aplicadas na imagem original: filtro passa-baixas da média (Figura 3(b)), passa-altas de Sobel (Figura 3(c)), passa-altas de Laplace (Figura 3(d)) e passa-altas de Prewitt (Figura 3(e)).

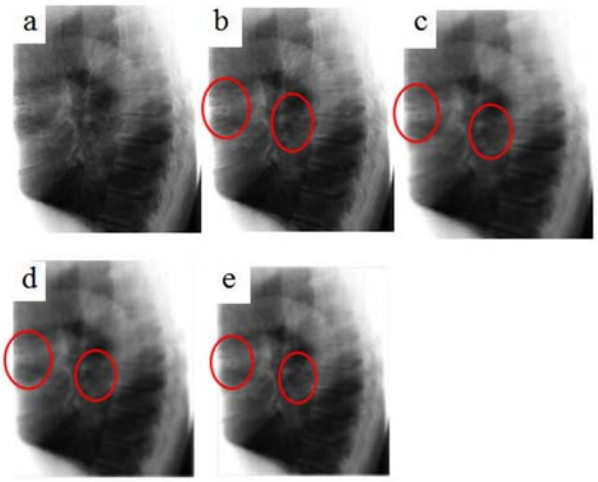

Figura 3: (a) Imagem original; imagens com o filtro: (b) passa-baixas da média; (c) passa-altas de Sobel; (d) passa-altas de Laplace e (e) passa-altas de Prewitt.

Técnicas no Domínio da Frequência – Da mesma forma que foi feita no domínio espacial, foram utilizadas agora técnicas de processamento de imagens no domínio da frequência sobre a imagem original da Figura 3(a).

A Figura 4(a) mostra a imagem após a utilização do filtro passa-altas de Butterworth, Gaussiano (Figura 4(b)) e Ideal (Figura 4(c). Analogamente, as Figuras 4(d), (e) e (f), mostram, respectivamente, as imagens obtidas após a utilização do filtro passa-baixas de Butterworth, Gaussiano e Ideal.

Técnicas de Restauração – Técnicas de restauração também foram testadas e os resultados são apresentados na Figura 5, cujas técnicas foram aplicadas na imagem da figura 2(a).

As Figuras 5(a) e (b) mostram, respectivamente, as imagens obtidas após a utilização do filtro de Wiener e do Algoritmo Iterativo de Lucy-Richardson.

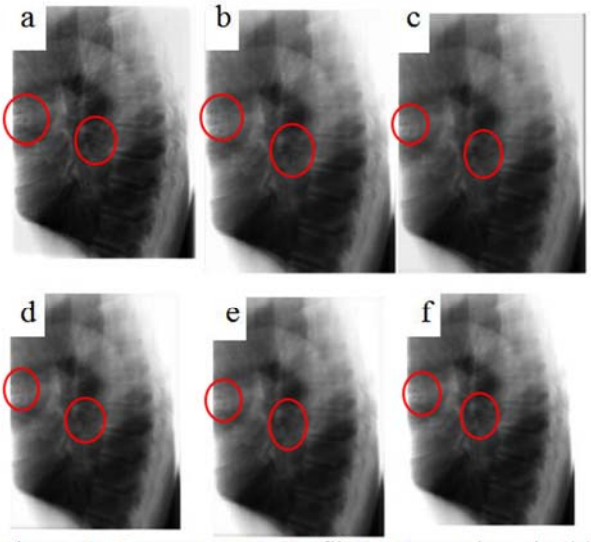

Figura 4: Imagens com os filtros passa-altas de (a) Butterworth, (b) Gaussiano e (c) Ideal; passa-baixas de (d) Butterworth, (e) Gaussiano e (f) Ideal.

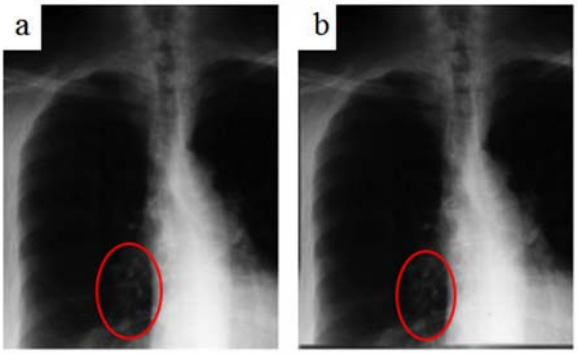

Figura 5: (a) Imagem com Filtro de Wiener e (b) com Algoritmo Iterativo de Lucy-Richardson.

Discussão

Analisando a Figura 2, observa-se uma melhora significativa no contraste das imagens e com isso, as características do abscesso pulmonar já foram bastante realçadas, melhorando a sua visualização. Assim, as técnicas de pré-processamento alargamento de contraste e equalização adaptativa de histograma conduziram à bons resultados.

Os filtros passa-altas no domínio espacial (Figura 3(c), (d) e (e)) apresentaram bons resultados ao tornar a imagem mais nítida, e consequentemente, melhorar a visualização do abscesso de pulmão, porém, em alguns casos, eles também realçam os ruídos. Portanto, seu uso no auxílio ao diagnóstico médico deve ser cauteloso. De acordo com as observações do Especialista, a imagem original deve analisada em conjunto com a processada para evitar um possível pseudo diagnóstico de outras patologias pulmonares.

Já as técnicas no domínio da frequência (Figura 4), apresentaram resultados similares aos do domínio

espacial (Figura 3). Na análise do Pneumologista, as imagens resultantes estão muito parecidas e não é possível apontar qual foi a melhor técnica utilizada.

Considerando agora as técnicas de restauração (Figura 5), estas conduziram à resultados muito promissores. O filtro de Wiener apresentou, além das imagens, funções de avaliação com ótimos resultados e foi configurado de uma maneira que conduziu a bons resultados para todas as imagens avaliadas. O algoritmo iterativo de Lucy-Richardson também apresentou bons resultados pois, ele torna a imagem mais nítida e o seu resultado pode ser melhorado ainda mais aumentando o número de iterações realizadas pelo algoritmo.

Embora as técnicas de filtragem espacial não tenham mostrado um bom desempenho quando comparadas entre si, ou seja, visualmente o Especialista considerou as imagens muito parecidas, o filtro de Prewitt foi o que apresentou o maior ***PSNR*** (342,203). Assim, através desse resultado, conclui-se que este filtro foi o que conduziu aos melhores resultados.

Com relação aos filtros no domínio da frequência, o que apresentou os melhores resultados foi o passa-altas de Butterworth pois, apresentou um valor baixo para a função ***RMSE*** **(**100,909). Porém, quando se compara o filtro passa-altas de Butterworth com os filtros no domínio espacial, observa-se que o de Prewitt (***PSNR*** = 342,203) apresenta um valor de ***PSNR*** 224,83% maior que o apresentado pelo filtro de Butterworth (***PSNR*** = 152,581) e um valor de ***RMSE*** 40% maior. Desta forma, levando-se em consideração a dificuldade para se implementar os filtros no domínio espacial e da frequência, podemos concluir que a utilização do filtro de Prewitt é a mais recomendada. Além disso, esta técnica também foi mais eficiente com relação à redução de ruído.

Conclusão

As técnicas de pré-processamento, em especial a equalização adaptativa de histograma, foi a que apresentou os melhores resultados na identificação e na visualização do abscesso pulmonar. A utilização de técnicas de processamento de imagens no domínio espacial e da frequência também apresentaram, de acordo com o Especialista, bons resultados e imagens similares, porém, podemos concluir que a utilização do filtro de Prewitt é a mais recomendada pois, esta técnica foi mais eficiente com relação à redução de ruído.

Já as técnicas de restauração tiveram resultados muito promissores. O filtro de Wiener também reduziu o ruído e apresentou funções de avaliação com ótimos resultados e o filtro pôde ser configurado de uma maneira que produzisse imagens muito boas para a visualização do abscesso pulmonar, o que contribuirá para a caracterização da patologia.

O abscesso pulmonar é uma doença que, em alguns casos pode não ser tão simples ser identificado. Assim, pode ser concluído que as técnicas de processamento de imagens implementadas neste software poderão ser utilizadas pelos Especialistas no auxílio ao diagnóstico do abscesso de pulmão, uma vez que possibilitou a identificação e a melhoria da sua visualização nas radiografias de tórax digitalizadas e futuramente poderão auxiliar na caracterização da doença.

Agradecimentos

À FAPESP pelo apoio financeiro, na concessão de uma bolsa na modalidade Iniciação Científica - Processo nº 2012/21610-9.

Referências

[1] Bastacky, J, Hayes, TL, Schmidt, BV. Lung structure as revealed by microdissection. American Review of Respiratory Disease. 1983. v.128, p.7-13.

[2] Dalledone, D. Radiologia do pulmão normal: estudo programado para o estudante de medicina. 1ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 1987.

[3] Aidé, M.A. et. al. Pneumologia: aspectos práticos e atuais. Rio de Janeiro: Sopterj; 2001.

[4] Hendriks, LEL. et al. A pulmonary abscess, beware of lung cancer! Respiratory Medicine CME, 2011. v.4, p.157-159.

[5] Burger, W, Burge, MJ Digital image processing: an algorithmic introduction using Java. New York: Springer; 2010.

[6] Gonzalez, RC, Woods, RE, Eddins, SL. Digital image processing using MATLAB. 2ª ed. Gatesmark Publishing; 2009.

[7] Dorf, RC, Circuits, signals, and speech and image processing. 3ª ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group; 2006.

[8] Ramos, PZA. Segmentação de imagens ultrassonográficas para detecção de nódulos [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2010.