

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS  
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE NÓDULO PULMONAR USANDO  
FELZENSZWALB AND HUTTENLOCHER**

**MARCOS RANIERE DE SOUSA SILVA**

**PICOS – PI  
2017**

MARCOS RANIERE DE SOUSA SILVA

**SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE NÓDULO PULMONAR USANDO  
FELZENSZWALB AND HUTTENLOCHER**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, no período 2016.2 como requisito para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientadora: Prof. Ma. Patrícia Medyna Lauritzen de Lucena Drumond

**FICHA CATALOGRÁFICA****Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí****Biblioteca José Albano de Macêdo****S586s** Silva, Marcos Raniere de Sousa

Segmentação automática de nódulo pulmonar usando felzenszwalb and huttenlocher / Marcos Raniere de Sousa Silva.– 2017.

CD-ROM : il.; 4 ¾ pol. ( 16 f.)

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2016.

Orientador(A): Prof. Ma. Patrícia Medyna Lauritzen de Lucena Drumond

1. Nódulo Pulmonar. 2. Processamento Digital de Imagens.
3. Nódulo Pulmonar-Segmentação. I. Título.

**CDD 005.118**

SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE NÓDULO PULMONAR USANDO  
FELZNSZWALB AND HUTTENLOCHER

MARCOS RANIERE DE SOUSA SILVA

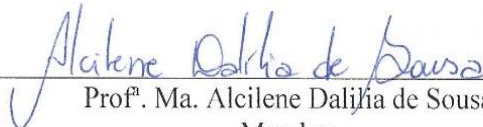
Monografia aprovada como exigência parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Sistemas de Informação.

Data de Aprovação

Picos – PI, 18 de januário de 2017



Prof<sup>ª</sup>. Ma. Patrícia Medyna Lauritzen de Lucena Drumond  
Orientador



Prof<sup>ª</sup>. Ma. Alcilene Dalízia de Sousa  
Membro



Prof. Dr. Antonio Oséas de Carvalho Filho  
Membro

**RESUMO:** A detecção tardia do câncer de pulmão é um dos principais motivos do aumento do número de mortes no mundo. Há uma grande dificuldade de se identificar os nódulos pulmonares e de proceder seu diagnóstico como maligno ou benigno, devido, muitas vezes, a localização em regiões de difícil identificação, além de apresentarem semelhanças com outros tecidos e não possuírem uma forma específica. Isso dificulta a tarefa do especialista, responsável por analisar uma grande quantidade de imagens tomográficas, com objetivo de identificar e diagnosticar possíveis nódulos. Para auxiliá-lo estão sendo desenvolvidas metodologias para detecção automática de nódulos pulmonares fornecendo uma segunda opinião, tornando o seu trabalho mais rápido e diminuindo as chances de erros. Este trabalho apresenta uma nova técnica para realizar a segmentação automática de nódulos pulmonares, uma das principais etapas de uma metodologia para detecção automática. A metodologia apresentada é dividida em quatro etapas sendo, aquisição de imagens, eliminação de ruídos, segmentação do parênquima e segmentação de candidatos a nódulo pulmonar. Os testes foram realizados utilizando conjunto de imagens da base LIDC-IDRI, contendo 700 nódulos. Os resultados do teste foram de 93,86% de acertos dos nódulos considerados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nódulo pulmonar. Processamento Digital de Imagens. Segmentação.

**ABSTRACT:** Late detection of lung cancer is one of the main reasons for the increase in the number of deaths in the world. There is a great difficulty in identifying the pulmonary nodules and its diagnosis as malignant or benign, because often the location in regions that are difficult to identify, as well as present similarities with other tissues and does not have a specific form. This makes the task of the expert, responsible for analyzing a large amount of tomographic images, aiming to identify and diagnose possible nodes. To assist you are being developed methodologies for automatic detection of lung nodules by providing a second opinion, making your work more quickly and reducing the chance of errors. This work presents a new technique to perform automatic segmentation of pulmonary nodules, one of the main steps of a method for automatic detection. The methodology presented is divided into four stages, image acquisition, elimination of noise, targeting and segmentation parenchyma of lung nodule candidates. The tests were conducted using set of images of the LIDC base-IDRI, containing 700 nodes. The test results were from 93.86% of the nodules.

**KEYWORDS:** Pulmonary Nodule. Digital processing of Images. Segmentation.

## 1 INTRODUÇÃO

Câncer é a designação atribuída a um grupo de mais de 100 doenças, que possuem como características em comum o desenvolvimento desordenado das células, invadindo tecidos e órgãos. O câncer de pulmão é um dos mais incidentes em todo o mundo, é o mais comum de todos os tumores malignos, tendo um aumento por ano de 2%. A última estimativa apontou incidência de 28.220 novos casos de câncer de pulmão para o ano de 2016 no Brasil, sendo 17.330 homens e 10.890 mulheres. Na maior parte dos casos (cerca de 90%), essa doença está associada ao consumo de tabaco (INCA, 2016).

A detecção tardia dessa doença é um dos motivos do alto índice de mortalidade causado por ela. Desta forma, a detecção precoce é fundamental. O diagnóstico se dá por meio da identificação de nódulos pulmonares, feita por um especialista mediante análise de imagens adquiridas por meio da Tomografia Computadorizada do tórax (TC). Esse exame fornece ao especialista informações precisas do tamanho, localização e níveis de invasão do nódulo.

A identificação dos nódulos, muitas vezes não é uma tarefa fácil, pois o especialista tem que analisar uma grande quantidade de imagens, os nódulos podem ser pequenos e frequentemente surgem de forma isolada em regiões de complexa identificação. Em detrimento disso, o trabalho do especialista se torna exaustivo, proporcionando assim o surgimento de falhas.

Com objetivo de auxiliar o especialista na detecção de nódulos pulmonares, estão sendo desenvolvidos sistemas de Detecção Auxiliada por Computador (*Computer Aided Detection – CAD*), esses sistemas realizam a detecção automática de nódulos, fornecendo uma segunda opinião sobre a imagem analisada, facilitando o trabalho do especialista e diminuindo as chances de erros. Em uma metodologia CAD para detecção automática de nódulos têm-se algumas etapas como: segmentação, extração de características e classificação de nódulos pulmonares.

A segmentação é a etapa em que são extraídas as regiões de interesse da imagem para posterior processamento. Na etapa de extração são obtidas as características dessas regiões e na etapa de classificação, através das características obtidas na etapa anterior as regiões são classificadas como nódulo ou não nódulo.

Desta forma, o resultado da etapa de segmentação influencia diretamente nas etapas seguintes do CAD. Tendo em vista isso, este trabalho apresenta uma nova metodologia de segmentação automática de candidatos a nódulos pulmonares, utilizando o método Felzenszwalb *and* Huttenlocher (FH).

## **2 TRABALHOS RELACIONADOS**

Na literatura são encontrados diversos trabalhos voltados para a detecção automática de nódulos pulmonares. Dentre os mesmos destacam-se alguns:

Netto (2012), desenvolveu uma metodologia para detecção automática de nódulos pulmonares, utilizando técnicas de agrupamento para etapa de segmentação, utilizando a rede neural *Growing Neural Gás*. Para classificar as estruturas extraídas em nódulos ou não nódulos foi utilizado o classificador Máquina de vetores de Suporte (MVS). Foram utilizados 29 exames da base LIDC divididos entre treinamento e testes alcançando 85,93% de sensibilidade nos testes.

Keshani *et al.* (2013), desenvolveram um método para segmentação e reconhecimento usando imagens de tomografia computadorizada (TC), dividido em etapas. Em primeiro lugar, a área de pulmão é segmentada por modelagem de contorno ativo seguido por algumas técnicas

de mascaramento para transferir nódulos não isolados para os isolados. Em seguida, os nódulos são detectados pelo classificador MVS, utilizando estocástica 2D eficiente e características anatômicas em 3D. Contornos de nódulos detectados são então extraídos por modelagem de contorno ativo. Os nódulos são detectados com uma taxa de detecção global de 89%; o número de falso-positivo é de 7,3.

Jacobs *et al.* (2013), propõe uma metodologia para detecção automática de nódulos pulmonares semi-sólidos. As etapas que compõe esse sistema são a segmentação dos candidatos a nódulos, o cálculo de características dos candidatos (como intensidade, textura, características de forma e contexto) e o uso de classificadores para classificar os candidatos. Os resultados mostraram uma sensibilidade de 80%.

Em seu trabalho Nunes *et al.* (2014), apresenta um algoritmo automático para segmentação de nódulos pulmonares após a seleção de uma região de interesse em imagens obtidas em exames de TC. A partir da imagem segmentada, foram calculados os valores de alguns descritores de imagens. O algoritmo foi desenvolvido utilizando a ferramenta *Matlab*, na qual obteve uma taxa de acerto de 93%.

Messay *et al.* (2015), apresentam um método de segmentação de candidatos a nódulos pulmonares em exames de TC do tórax, composto de três algoritmos de segmentação: um sistema totalmente automático, um sistema semiautomático e um sistema híbrido. A aplicação sequencial dos três algoritmos e o uso de uma rede neural de regressão para calcular uma série de características de cada candidato a nódulo pulmonar, permite melhorar os resultados da segmentação. Em comparação com outros métodos de segmentação existentes, mostrou que este trabalho apresenta um melhor desempenho pela sobreposição média de 69,23%.

Setio *et al.* (2016), desenvolveram um novo sistema CAD para nódulos pulmonares, utilizado multi-viem *Convolutional Networks (ConvNets)*, para os quais os recursos característicos são automaticamente aprendidos com os dados de treinamentos. A rede é alimentada com os candidatos a nódulo obtidos através da combinação de três técnicas de segmentação, especificamente para sólidos, *subsolid* e grandes nódulos. Para candidato a nódulo, foi utilizado um conjunto de patches 2-D de plano orientados para realizar a extração. A arquitetura proposta compreende múltiplos fluxos de *ConvNets* 2-D, para o qual as saídas são combinadas usando um método de fusão dedicado para conseguir a classificação final. Em 888 imagens do conjunto de dados LIDC-IDRI, esse método atingiu alta sensibilidade de detecção de 85,4% e 90,1% em 1 e 4 falsos positivos por digitalização.

Em todos os trabalhos citados nesta seção, pode-se observar que a segmentação aparece como uma etapa essencial para o processo de detecção automática de nódulos pulmonares,

podendo influenciar no resultado das etapas seguintes. Nos trabalhos são observados alguns problemas nessa etapa, em especial quando se refere ao tamanho, localização e baixo contraste do nódulo. Este trabalho apresenta uma nova metodologia de segmentação usando o método FH para minimizar esses erros.

### 3 MÉTODOGIA PROPOSTA

Esta seção descreve a metodologia utilizada para realizar segmentação de candidatos a nódulos de imagens de TC. O método compreende quatro etapas: a primeira etapa foi a aquisição de imagens; a segunda etapa foi a eliminação de ruídos para tratar as imagens adquiridas; em seguida a segmentação do parênquima pulmonar e por fim, a segmentação dos candidatos a nódulo, conforme Figura 1.



**Figura 1:** Fluxograma da metodologia proposta neste trabalho.

#### 3.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS

As imagens utilizadas para os testes do método proposto são da base imagens LIDC-IDRI (*Lung Image Database Consortium Image Collection*), um repositório público de imagens tomográficas, disponibilizado na *internet* pelo *National Cancer Institute*. Essa base é composta de 1012 casos, onde cada exame possui informações e avaliações de quatro especialistas, que são disponibilizadas em um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*) (AMARATO *et al.*, 2011).

O arquivo XML contém as marcações com o tamanho e localização de cada nódulo na imagem, com essas informações os resultados do método proposto são validados e, ao final da execução do algoritmo é possível verificar se o mesmo identificou corretamente o nódulo entre as demais estruturas.

As imagens da LIDC-IDRI são disponibilizadas no formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), esse formato é o padrão para a comunicação e gerenciamento de informações de imagens médicas. Foi desenvolvido em 1983, com o objetivo de promover comunicação de dados de imagem digital, independentemente do fabricante do dispositivo para facilitar o arquivamento de imagens (NEMA, 2016).



### 3.2 ELIMINAÇÃO DE RUÍDOS

Esta etapa consiste em realizar um pré-processamento para eliminar os ruídos que podem existir nas imagens, desta forma, facilitando o pré-processamento. Para isto é utilizado o filtro de *wiener*, esse filtro realiza a suavização da imagem baseado no cálculo da média e da variância na vizinhança de cada *pixel*, como pode ser visto na Figura 2.

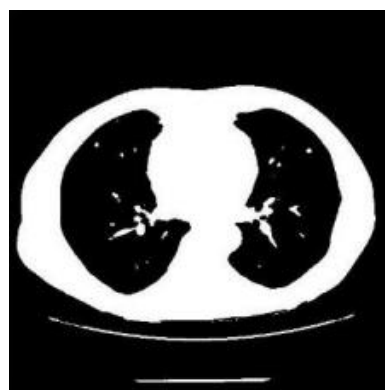


**Figura 2:** Eliminação de ruídos utilizando o filtro. Figura 2(a) imagem de entrada. Figura 2(b) Imagem suavizada. **Fonte:** (Moura *et al.*, 2015)

Como o objetivo deste trabalho é a segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares, foi utilizada a metodologia proposta por (Moura *et al.*, 2015) para realizar a etapa de eliminação de ruídos.

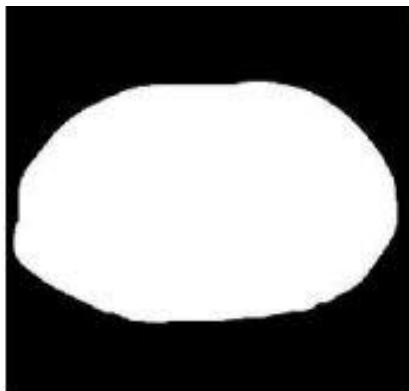
### 3.3 SEGMENTAÇÃO DO PARÊNQUIMA PULMONAR

Nesta etapa, é extraído da imagem o parênquima pulmonar, região onde geralmente os nódulos pulmonares aparecem. Para esta etapa também foi utilizado a metodologia de (Moura *et al.*, 2015). Inicialmente a imagem suavizada, é binarizada como pode ser visto na Figura 3.



**Figura 3:** Imagem binaria.

Após a imagem ter sido binarizada é obtida uma máscara como ilustrada na Figura 4. A máscara é gerada segmentando a caixa torácica, segmentando a região exterior a caixa torácica e aplicando a operação *not* na imagem.



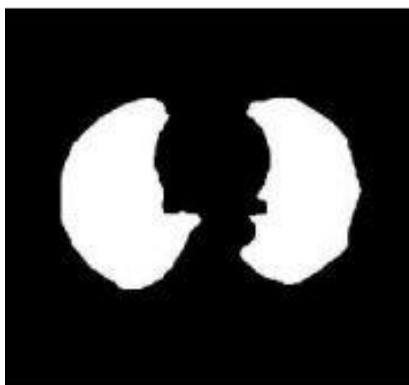
**Figura 4:** Máscara obtida.

No próximo passo a imagem é segmentada utilizando a máscara. Isso é feito da seguinte forma, a imagem é transformada em uma imagem binária e depois é invertida por meio da operação *not* gerando uma nova imagem. Em seguida é aplicada a operação *and* com essa imagem e a máscara, o resultado pode ser visto na Figura 5.



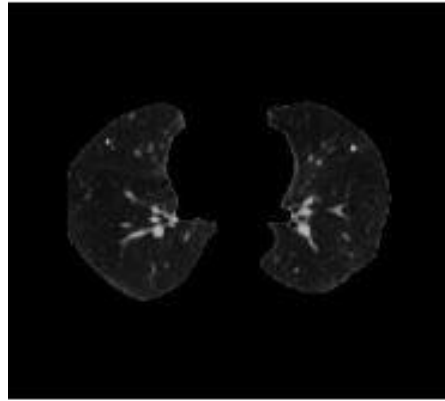
**Figura 5:** Resultado da segmentação com a máscara.

A seguir uma operação de fechamento é feita utilizando um elemento estruturante circular com raio de dez unidades para reconstruir o parênquima pulmonar como mostrado na Figura 6.



**Figura 6:** Parênquima reconstruído.

Por fim o parênquima pulmonar é obtido a partir desta imagem, como mostrado na Figura 7.



**Figura 7:** Parênquima segmentado.

### 3.4 SEGMENTAÇÃO DOS CANDIDATOS A NÓDULO PULMONAR

Segmentação dos candidatos a nódulos consiste em extrair da imagem as regiões de interesse, essas regiões são os candidatos a nódulo pulmonar. Neste trabalho para realizar essa tarefa é utilizado o método FH, uma técnica de segmentação baseada em grafos.

As técnicas de segmentação de imagens baseadas em grafos geralmente representam a imagem em um grafo não direcionado  $G = (V, E)$  onde cada nó  $v_i \in V$  corresponde a um *pixel* na imagem, e as arestas  $(v_i, v_j) \in E$ , são pares conectados de *pixels* vizinhos. Um peso  $w((v_i, v_j))$  é associado a cada aresta, geralmente baseado em uma medida de similaridade entre os *pixels* que a compõem. Essas medidas de similaridade podem ser, intensidade, cor, distância, textura, entre outras (CARVALHO, 2015).

No método FH, uma segmentação  $S$  consiste em particionar  $V$  em componentes, de forma que, cada componente (ou região)  $C \in S$  corresponde a um componente conectado no grafo  $G' = (V, E')$ , onde  $E' \subset E$ . O método divide o grafo  $V$  em componentes de forma que arestas que ligam vértices dentro de um mesmo componente apresentem um peso de valor baixo, e arestas que ligam vértices que estão em componentes diferentes tenham peso de valor alto. No método o peso das arestas é medido pela diferença de intensidade dos *pixels* que a compõe.

Define-se um predicado que compara a diferença entre dois componentes com a diferença interna de cada um deles, a partir disso, esse predicado determina se evidencia para um limite entre os dois componentes. Para isso, será calculada a diferença interna dentro de cada componente, a diferença externa entre os dois componentes, e também a diferença interna mínima entre dois.

A diferença interna dentro de um componente  $C \subset V$  é dada pelo maior peso na árvore geradora mínima do componente,  $MST(C, E)$ . Definida como:

$$int(C) = \max_{e \in MST(C, E)} w(e) \quad (1)$$

A diferença entre dois componentes  $C_1, C_2 \subset V$  é dada pelo valor da aresta de menor peso que liga os dois componentes:

$$Dif(C_1, C_2) = \min_{v_i \in C_1, v_j \in C_2, (v_i, v_j) \in E} w((i, j)) \quad (2)$$

Desta forma, o predicado determina se há evidência para um limite, verificando se a diferença entre os componentes  $Dif(C_1, C_2)$  é maior que a diferença interna de pelo menos um dos componentes  $Int(C_1)$  e  $Int(C_2)$ . Define-se o predicado como:

$$D(C_1, C_2) = \begin{cases} true, & se\ Dif(C_1, C_2) > MInt(C_1, C_2) \\ false, & se\ for\ ao\ contrario \end{cases} \quad (3)$$

A diferença interna mínima é definida como,

$$MInt(C_1, C_2) = \min(Int(C_1) + \tau(C_1), Int(C_2) + \tau(C_2)) \quad (4)$$

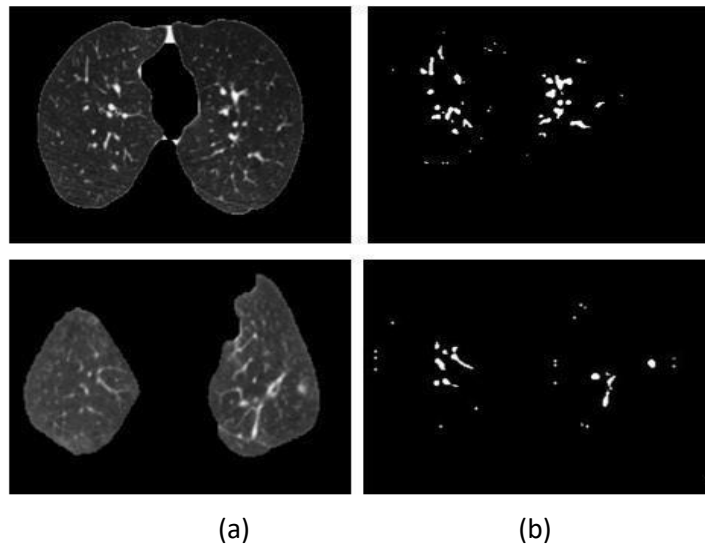
Essa diferença interna mínima determina o mínimo em que a diferença externa tem que ser maior que a diferença interna dentro de pelo menos um dos componentes. De tal forma que,  $\tau$  é uma função de *threshold* utilizada para controlar o grau para o qual a diferença entre as componentes deve ser maior que a diferença interna mínima. A função  $\tau$  é definida por:

$$\tau(C) = k/|C| \quad (5)$$

Onde:

- $|C|$  é o tamanho do componente.
- $k$  é um parâmetro constante, que é definido de forma empírica.

A partir da entrada de uma imagem do parênquima pulmonar como observa-se na Figura 8(a), o algoritmo segmenta a imagem em regiões. Desta forma, são obtidas as regiões internas ao parênquima que são possíveis nódulos, como pode-se observar na Figura 8(b). A Figura 8(a) mostra duas imagens do parênquima pulmonar e a Figura 8(b) apresenta os resultados da segmentação dos possíveis candidatos a nódulos.



**Figura 8:** Resultado da segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares usando o método FH.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

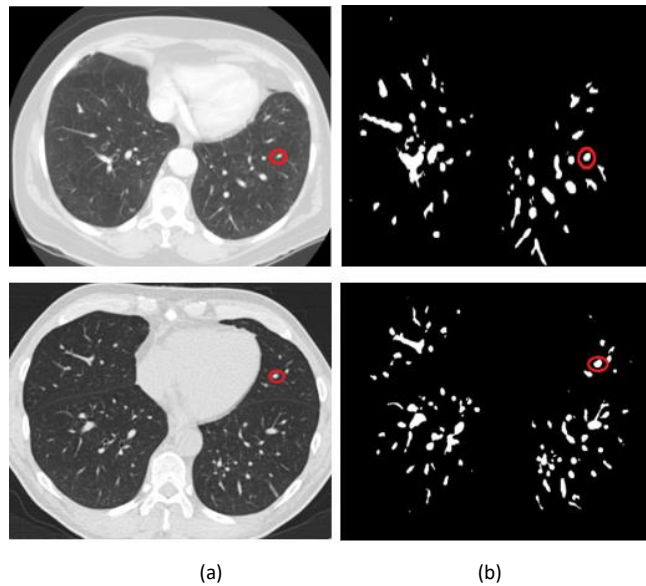
Os testes com o método foram realizados com 648 imagens de TC provenientes do banco de imagens LIDC-IDRI, contendo 700 nódulos. Os resultados dos testes mostraram que o algoritmo segmentou 657 nódulos com sucesso, pois as regiões descritas como nódulo pelo especialista no arquivo XML foram obtidas pelo algoritmo dentre os candidatos a nódulos. Desta forma, obteve-se uma taxa de 93,86% de acertos na detecção dos nódulos. A taxa de erros foi de 6,14 % devido os nódulos, apresentarem um nível de intensidade muito próximo ao do tecido do parênquima pulmonar.

A validação de resultados foi feita da seguinte forma: nas marcações do arquivo XML em cada imagem são indicadas as posições  $x$  e  $y$  que representam a localização do nódulo naquela imagem. Desta forma, foi possível identificar em qual região da imagem está localizado o nódulo pulmonar.

Para verificar se o método segmentou o nódulo com êxito, verificou-se na imagem segmentada, se dentre as regiões segmentadas, está a região com as coordenadas  $(x, y)$  que representa o nódulo na imagem original. Em seguida foram verificados quantos nódulos o método conseguiu segmentar com sucesso nas imagens testadas e assim obtém-se a taxa de acerto.

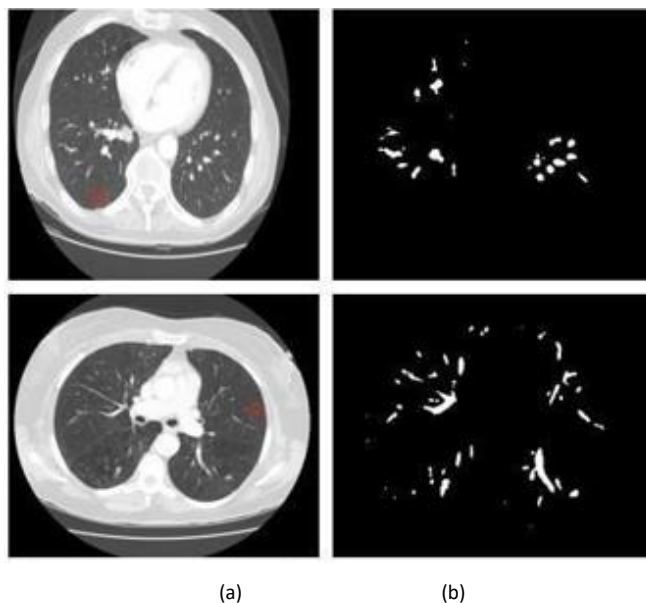
A Figura 9 mostra três imagens em que o método foi bem sucedido, onde os nódulos marcados pelos especialistas com tamanhos e localizações diferentes no pulmão foram encontrados dentre os candidatos a nódulos. A Figura 9(a) são as imagens de exame de TC com

as indicações dos nódulos e a Figura 9(b) são as imagens geradas pelo algoritmo contendo os candidatos a nódulos. Os nódulos são indicados por um círculo vermelho.



**Figura 9:** Imagens com indicações correta do nódulo pulmonar

A Figura 10 mostra três casos de erro do método, onde os nódulos marcados pelos especialistas não foram encontrados dentre os candidatos a nódulos, devido os nódulos apresentarem um nível de intensidade muito próximo ao do tecido do parênquima pulmonar. A Figura 10(a) são as imagens de exame de TC com as indicações dos nódulos e a Figura 10(b) são as imagens geradas pelo algoritmo contendo os candidatos a nódulos, entre os quais os nódulos marcados pelos especialistas não foram localizados.



**Figura 10:** Imagens em que os nódulos não foram encontrados.

O algoritmo foi executado em um computador com processador *Intel Celeron* de 64 bits e 4 gigabytes de memória. O tempo médio de processamento por imagem foi de 8,2 segundos.

A Tabela 1 mostra os resultados encontrados pela metodologia proposta em comparação com outros trabalhos encontrados na literatura. Essa comparação é aproximativa, visto que, foram utilizadas quantidades diferentes de imagens e em alguns trabalhos foram desenvolvidos sistemas CAD completos.

**Tabela 1:** Comparação dos resultados.

<b>Trabalho</b>	<b>Base</b>	<b>Quantidade de exames/fatias</b>	<b>Sensibilidade</b>
Neto (2012)	LIDC-IDRI	29(exames)	85.93%
Keshani <i>et al.</i> (2013)	*	*	89%
Jacobs <i>et al.</i> (2013)	*	*	80%
Nunes <i>et al.</i> (2014)	*	*	93%
Messay <i>et al.</i> (2015)	*	*	69,23%
Setio <i>et al.</i> (2016)	LIDC- IDRI	888 (fatias)	90,1 %
<b>Trabalho proposto</b>	<b>LIDC-IDRI</b>	<b>648 (fatias)</b>	<b>93,86%</b>

## 5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou uma nova metodologia para segmentação automática de nódulos pulmonares, uma das principais etapas de um processo de detecção automática de nódulos pulmonares em tomografias computadorizadas do tórax.

O algoritmo para segmentação dos candidatos a nódulos tem como entrada uma imagem de TC e a partir dela gera uma imagem contendo as regiões segmentadas que correspondem aos candidatos a nódulos. O conjunto de teste composto por 700 nódulos, obteve-se 93,86% de acerto dos nódulos considerados. Em alguns casos o método não identificou os nódulos, obtendo uma taxa de erro de 6,14%. Apesar disso, o resultado obtido demonstra um bom desempenho do algoritmo. É importante ressaltar, que em todas as imagens de saída foram segmentadas as estruturas internas ao parênquima, mesmo nas imagens em que o nódulo não foi segmentado.

A vantagem desta metodologia sobre outros métodos de segmentação de candidatos a nódulos é possuir uma implementação simples usando grafos, não ser necessário indicar para o algoritmo a quantidade de regiões que se deseja obter e ter uma grande taxa de acerto.

Para trabalhos futuros pretende-se aperfeiçoar o método de segmentação para realizar a segmentação de imagens 3D, testar mais imagens de outras bases e dar continuidade a construção de um sistema CAD, desenvolvendo as etapas de extração e classificação.

## 6 PUBLICAÇÕES

### Trabalho Original:

SILVA, M. R. S; SILVA, E. S. D.; M. L. DRUMOND, P. M. L. L.; SOUSA, A.D.; CARVALHO FILHO. A.O. **Segmentação automática de nódulo pulmonar usando Felzenszwalb and Huttenlocher**. In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde CBIS, 2016, Goiânia, Goiás, 2016. Disponível em: <[http://www.sbis.org.br/biblioteca\\_virtual/cbis/Anais\\_CBIS\\_2016\\_Diversos.pdf](http://www.sbis.org.br/biblioteca_virtual/cbis/Anais_CBIS_2016_Diversos.pdf)>. Acesso em 02 de dez. de 2016.

## 7 PUBLICAÇÕES

RAMOS, A. R. C. ; CAVARLHO FILHO, A. O. ; SILVA, M. R. S. **Processamento Digital de Imagens Médicas usando a Biblioteca Livre ITK**. In: ANAIS ELETRÔNICOS ENUCOMP 2016. 1ªed.Teresina, PI: Fundação Universidade Estadual do Piauí-FUESPI, 2016, v. 1, p. 109-

## REFERÊNCIAS

ARMATO III, S.G.; MCLENNAN, G.; BIDAUT, L.; MCNITT-GRAY, M.F.; MEYER, C.R.; REEVES, A.P. **The Lung Image Database Consortium (LIDC) and Image Database Resource Initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodule on CT scans**. Med. Phys, 38, p. 91, 2011.

CARVALHO, L.E.R. **Aplicação de uma métrica de similaridade não linear em algoritmos de segmentação**. Dissertação de Mestrado na área de Ciência da Computação. (Programa de Pós- Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). **O que é o câncer**. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>>. Acesso em: 30 março de 2016.

JACOBS, C.; RIKXOORT, E.M.V.; TWELLMANN, T.; SCHOLTEN, E. TH.; JONG, P. A.; DE. KUHNIGK, J. M.; OUDKERK, M.; KONING, H. J.; DE PROKOP, M.; PROKOP, C. S.; GINNEKEN, B. V. **Automatic detection of subsolid pulmonary nodules in thoracic computed tomography images**, Medical Image Analysis, p. 374-384, 2013.

KESHANI, M.; AZIMIFAR, Z.; TAJERIPOUR F.; SONG, B, BOOSTANI, R. **Lung nodule segmentation and recognition using SVM classifier and active contour modeling: A complete intelligent system**. Computers in Biology and Medicine, P. 287 – 300, 2013.

MESSAY, T.; HARDIE, R.; TUINSTRA, T.R. **Segmentation of pulmonary nodules in computed tomography using a regression neural network approach and its application to the Lung Image Database Consortium and Image Database Resource Initiative dataset**. Medical Image Analysis, p.48-62, 2015.



MOURA, M.J.C.; SOUSA, A.D.; OLIVEIRA, I.A.; MESQUITA, L.N.; DRUMOND, P.M.L.L. **Segmentação Automática de Candidatos a Nódulos Pulmonares em Imagens de Tomografia Computadorizada**. Campus Senador Helvídio Nunes de Barros – Universidade do Piauí (UFPI), p. 1-10, 2015

NEMA - National Electrical Manufacturers Associations. **Digital Imaging and Communications in Medicine** (DICOM). Disponível em <<http://medical.nema.org/standard.html>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

NETO, S.M.B.; SILVA, A. C.; NUNES, R, A.; GATTASS, M. **Automatic segmentation of lung nodules with growing neural gas and support vector machine**. Computers in Biology and Medicine, P. 1110–1121, 2012.

NUNES, L. M.; PATROCINIO, A.C.; FRANCO, M.L.N.; FRONER, A.P.P.; SILVA, A.M.M. **Segmentação e Caracterização de Nódulos Pulmonares**. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2014.

SETIO, A.A.A.; CIOMP, F.; LITJENS, P.; JACOBS, C.; RIEL, S.; WILLE, M.W.; SANCHEZ, C. **Pulmonary nodule detection in CT images: false positive reduction using multi-view convolutional networks**. IEEE Transactions on Medical Imaging, p.1, 2016.



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA “JOSÉ ALBANO DE MACEDO”**

**Identificação do Tipo de Documento**

- Tese
- Dissertação
- Monografia
- Artigo

Eu, Marcos Raniere de Sousa Silva, autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE NÓDULO PULMONAR USANDO FELZENSZWALB AND HUTTENLOCHER de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 07 de Fevereiro de 2017.

A assinatura manuscrita de Marcos Raniere de Sousa Silva, escrita em azul, sobre uma linha horizontal.

Assinatura