



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Danilo da Nóbrega Silveira

MLISA: SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGENS DE  
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADAS DO TÓRAX PARA  
ANDROID.

FORTALEZA – CEARÁ  
November de 16

Danilo da Nóbrega Silveira

# MLISA: SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADAS DO TÓRAX PARA ANDROID.

## MONOGRAFIA

Trabalho de conclusão de curso submetida ao corpo docente da Coordenação do Programa de Graduação em Engenharia de Computação da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau bacharel em ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO.

Prof. Ricardo Jardel Nunes da Silveira  
(Orientador)

Edson Cavalcanti Neto  
(Co-orientador)

FORTALEZA – CEARÁ

2016

DANILO DA NÓBREGA SILVEIRA

MLISA: SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGENS DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADAS DO TÓRAX PARA ANDROID

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado a Universidade Federal do  
Ceará, como parte das exigências para a  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Computação.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Ricardo Jardel Nunes Da Silveira  
(Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Jarbas Aryel Nunes Da Silveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Paulo Cesar Cortez  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

# Resumo

Com o aumento de casos de cânceres no mundo, o grande desafio é o diagnóstico precoce. Consta-se que a etapa de segmentação é essencial para o auxílio do diagnóstico médico correto e preciso, visto que esta etapa delimita a área a ser examinada em imagens de Tomografia Computadorizada (TC) que deve ser analisada pelo sistema ou pelo médico especialista. O presente trabalho, apresenta uma segmentação de imagens médicas para dispositivos móveis em especial para Tablet para auxiliar os médicos. Até a conclusão deste trabalho, não foi encontrado nenhum sistema de segmentação de imagens médicas para dispositivos móveis.

No contexto este trabalho, descreve-se o desenvolvimento do sistema MLISA para o sistema operacional Android que visa fazer a segmentação de um exame de TC. Para a segmentação foi utilizada a técnica de Limiarização onde pode-se destacar o pulmão. Os resultados obtidos comprovam que o sistema apresenta uma resposta bastante próxima do esperado, cerca de 98% de acerto, quando comparada com outro sistema existente para PC.

**Palavras-chaves:** Exames Médicos, Segmentação, Android, MLISA, Dispositivos Móveis, Tomografia Computadorizada, Limiarização

## 1 Abstract

With the increase in cases of cancer worldwide, the challenge is early diagnosis. It appears that the segmentation is essential to aid the correct and accurate medical diagnosis, since this step marks the area to be examined on computed tomography images (CT) to be analyzed by the system or by the specialist doctor.

This work presents a segmentation of medical images for especially mobile to tablet to assist doctors. Until the completion of this work, medical image segmentation system for mobile devices was not found.

In the context of this work, we describe the development of MLISA system for the Android operating system that aims to make the segmentation of a CT scan. For segmentation was used Thresholding technique where we can highlight the lung. The results show that the system has a very close to the expected response, about 98% accuracy compared with other available system for PC.

**Keywords:** Medical Exams, segmentation, Android, MLISA, Mobile Devices, Computed Tomography, Thresholding

Dedico este trabalho a Deus, meus pais Ana Maria e Winston, aos meus irmãos Denilson e Deisyanne e à minha namorada Germana, por todo amor, carinho ao longo da minha formação.

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, responsáveis diretos por todas as minhas conquistas, por terem sempre deixado claro a importância do estudo no crescimento enquanto ser humano e profissional, pelo apoio incondicional e pela compreensão nos momentos de ausência.

A meus amigos e familiares por me apoiarem e me compreenderem nos momentos que não pude estar junto a eles.

A Deus por me dar forças, inteligência, saúde e tranquilidade durante todo o meu curso.

Aos meus colegas e amigos do LESC, por todas as contribuições a esse e a outros trabalhos, toda a vez que eu tive necessidade.

A minha namorada Germana, por me incentivar, me apoiar e sempre estar ao meu lado quando precisei nos momentos de glórias e de dificuldades, pelo amor e companheirismo.

Ao professor Ricardo Jardel e ao mestre Edson Cavalcanti, por aceitar ser meu orientador e fornecer uma significativa contribuição para este trabalho.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar a onde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz. “ (Bill Gates)



## 2 Lista de Figuras

### **3 Lista de Tabelas**

## 4 Lista de Siglas

**APK** Android Package

**CP** Câncer de Pulmão

**DICOM** Comunicação de Imagens Digitais em Medicina (Digital Imaging and Communications in Medicine)

**IDE** *Integrated Drive Eletronics*

**IM** Imagem Manipulada

**IO** Imagem Original

**IV** Imagem de Visualização

**LISA** Lung Image System Analysis

**MLISA** Mobile Lung Image System Analysis

**PDI** Processamento Digital de Imagens

**PET** tomografia de emissão de pósitrons

**RGB** Vermelho Verde Azul (Red-Green-Blue)

**SDK** *Software Development Kit*

**SO** sistema Operacional

**TC** Tomografias Computadorizada

**TCAR** Tomografia computadorizada de alta resolução

**UH** Unidades Hounsfield

**USB** Universal Serial Bus.

# Sumário

<b>1Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>2Lista de Figuras.....</b>	<b>9</b>
<b>3Lista de Tabelas.....</b>	<b>10</b>
<b>4Lista de Siglas.....</b>	<b>11</b>
<b>5Introdução.....</b>	<b>13</b>
5.1 Objetivos.....	15
5.2 Organização deste Trabalho.....	16
<b>6 .....</b>	<b>17</b>
6.1Imagens Médicas.....	17
6.2Processamento de Imagens Digitais.....	19
1.1.1Segmentação.....	21
6.3Sistemas Embarcados .....	24
1.1.2Sistema Operacional.....	25
<b>7 .....</b>	<b>26</b>
7.1Arquitetura proposta.....	26
7.2Ferramentas Utilizadas.....	27
2.1.1Software.....	27
2.1.2Hardware.....	29
7.3Descrição do Software.....	29
2.1.3Aquisição de Imagens.....	30
2.1.4Ordenação.....	30
2.1.5Pré-processamento.....	31
2.1.6Segmentação.....	31
8.1Software .....	34
8.2Comparação de Resultados .....	38
<b>10Conclusões e Trabalhos Futuros.....</b>	<b>42</b>
10.1Conclusões.....	42
10.2Trabalhos futuros.....	42
<b>11Referências Bibliográficas.....</b>	<b>44</b>

# Capítulo 1

## 5 Introdução

É de fundamental importância para a saúde pública realizar diagnósticos precoces e mais precisos com o objetivo de detectar os estágios reais do câncer, em particular os pulmonares.

O câncer de pulmão é o tumor mais comum, apresentando um aumento de 2% por ano, ou seja, todo ano aumenta o número de casos neste percentual, com uma maior incidência em pessoas com mais de 60 anos. (INCA, 2013)

O câncer é a segunda principal causa de morte, estando atrás apenas das doenças cardiovasculares. O número de casos de mortes pelo câncer de pulmão no mundo em 2013 foi de 1.639.645 casos, sendo destes 1.154.629 em homens e 485.017 em mulheres. (Tillmann & Jonas, 2015)

Devido à dificuldade de diagnóstico precoce, pelo menos dois terços dos pacientes já estão com a doença avançada no momento do diagnóstico, seja local ou disseminada para outros órgãos.

No Brasil, dados apontam que o câncer de pulmão (CP) é o que mais mata entre homens e mulheres no ano de 2013. A taxa de mortalidade por CP entre os homens era de 16,12 mortes/100 mil e entre as mulheres de 8,6 mortes/100 mil (INCA, 2013).

Pacientes detectados com tumor no estágio 1 são considerados curados em 92% dos casos (IELCAP, 2015). O CP é o responsável por 12,3% de todos os novos casos de câncer no mundo. No contexto, é de fundamental importância para a saúde pública determinar de forma precoce diagnósticos mais precisos para detectar em que estado se encontram as doenças pulmonares.

De acordo com o estágio e com o tipo, o CP pode ser tratado com cirurgia, sendo estas: quimioterapia, radioterapia ou pela combinação destas técnicas de tratamento. Nos casos de pacientes com CP de células não-pequenas e restrito apenas ao pulmão, a melhor

forma de representar o controle da doença é a cirurgia, onde somente em 20% dos casos diagnosticados são passíveis deste tratamento. Existem três tipos fundamentais de cirurgia, que são Ressecção em cunha ou segmentectomia, Lobectomia e Pneumectomia. (A.C.Camargo Cancer Center, 2015)

A forma cirúrgica mais empregada para tratamento de CP é a Lobectomia. Hoje, admite-se o uso de cirurgias menores (segmentectomia) para a ressecção de pequenos tumores de tamanhos menores que 2 cm e restrito ao pulmão. (A.C.Camargo Cancer Center, 2015)

Com isto, para planejar e realizar a cirurgia são utilizadas imagens de Tomografias Computadorizada (TC). O exame de TC consiste em um método de representação de imagens no sentido axial, sagital ou coronal em que o valor de cada *pixel* da imagem corresponde ao coeficiente de atenuação dos raios X, expresso em Unidades Hounsfield (UH), incidente no tecido do órgão desejado. Por gerar imagens no sentido transversal, a TC realiza a amostragem, por exemplo do tecido pulmonar, em seções (fatias) com espessura de 0,2 a 1,5 mm e a densidade pulmonar nos exames de TC pode variar em média de -1000 a +200 UH (MADANI, KEYZER, & GEVENOIS, 2001).

Considerando um sistema de Visão Computacional na área de pneumologia com base em Tomografia Computadorizada (TC) do tórax, constata-se que a etapa de segmentação é essencial para o auxílio do diagnóstico médico correto e preciso, visto que esta etapa delimita a área das imagens de TC que deve ser analisada pelo sistema ou pelo médico especialista.

No mercado atual, existe um software desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará que realiza a segmentação de imagens de TC, o *Lung Image System Analysis* (LISA).

O LISA é sistema de visão computacional destinado a manipulação e extração de dados quantitativos de imagens de TC do tórax. Através das técnicas de processamento digital de imagens disponíveis no LISA, é possível realizar a segmentação automática dos pulmões em uma série de imagens médicas no formato DICOM. (Valente, et al., 2013)

Atualmente, este processamento de imagens é feito por computadores. Com o avanço da tecnologia e com o crescente uso dos dispositivos moveis, abre-se uma área de estudo neste ramo para processamento de imagens nestes dispositivos.

Os dispositivos móveis dominam o mundo tecnológico e a cada dia inovam com hardwares mais potentes e aplicativos mais uteis. Os usuários estão adequando suas rotinas

em prol da praticidade oferecida por esses dispositivos.

A população brasileira é de 204 milhões onde, destes, 54% são usuários da internet. No entanto o relatório nos mostra que existe mais celular do que pessoas no país 276 milhões. E ainda há uma tendência de estes números ainda subirem, pois de janeiro de 2014 ao mesmo período de 2015 houve um crescimento de 15% no número de usuários de dispositivos móveis. Os dados foram divulgados em 2015 um relatório Digital, Social e Mobile, que mostra as estatísticas de 2014 do uso da internet no Brasil. (Social, 2014)

Hoje, os dispositivos móveis possuem como base importante o seu sistema Operacional (SO), tendo como os principais o Android, o iOS e o Windows Phone. O SO Android domina o mercado mundial estando em 82,8% dos dispositivos em 2015. (International Data Corporation - IDC, 2015)

No Brasil, 90% dos dispositivos móveis vendidos possuem o SO Android. O baixo custo de um aparelho com este sistema o torna o preferido entre os brasileiros. (JANA, EMARKETER, & INTERMODAL, 2015)

Desta forma, este trabalho utiliza como foco o SO Android devido ser o mais utilizado no mundo e sua praticidade. Este SO é desenvolvido pela Google, sendo baseado em Linux e de código aberto. Tem como principal linguagem de desenvolvimento de aplicativos o JAVA com Android SDK.

## 5.1 Objetivos

O trabalho em questão visa realizar a implementação de um aplicativo de segmentação de tomografia computadorizada para dispositivos Android aumentando assim a mobilidade para o médico melhorando a usabilidade.

Durante o desenvolvimento deste trabalho outros objetivos específicos devem ser alcançados:

- i. Criar de uma base de dados com imagens para testar o aplicativo;
- ii. Abrir imagens do formato **DICOM** (Digital Imaging and Communications in Medicine ou Comunicação de Imagens Digitais em Medicina) em um dispositivo móvel;
- iii. Realçar imagens para a sua manipulação; e
- iv. Segmentar uma parte do exame;

## 5.2 Organização deste Trabalho

Este trabalho está dividido em capítulos. No Capítulo 2 é realizado uma breve revisão sobre os principais conceitos utilizados no decorrer do desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente este capítulo fala sobre Imagens Médicas e suas características, depois é apresentado uma visão geral sobre Processamento de Imagens, e por fim é realizado uma revisão sobre dispositivos móveis.

No Capítulo 3 é explanada a metodologia de desenvolvimento do projeto. É realizada uma breve apresentação da arquitetura proposta para o projeto e posteriormente são apresentadas as ferramentas utilizadas. Por fim é apresentado a metodologia utilizada para a segmentação das imagens médicas.

No Capítulo 4 é apresentado os resultados obtidos com o trabalho e é realizado uma análise desses resultados.

Por fim, no Capítulo 5, é apresentado uma conclusão sobre o trabalho e previsões de trabalhos futuros.



# Capítulo 2

6

## 1 Fundamentação teórica

Nesta sessão será realizado a fundamentação teórica para a construção do referido trabalho, explicando as características das imagens médicas em particular as imagens adquiridas por tomografia computacional do tórax, processamento digital de imagem, linguagem de programação JAVA.

### 6.1 Imagens Médicas

A imageologia médica possui como objetivo a avaliação médica de tecidos e funções do corpo humano, normais ou não (causados por doenças ou acidentes), obtidas por meio de imagens. Estas imagens médicas, de um órgão ou parte específica do corpo, são adquiridas por meio de exames clínicos. Esses exames também são realizados para obter informações sobre estudos anatômicos e estruturas funcionais com o objetivo de pesquisa, realizando uma comparação entre um paciente sadio e outro um com alguma patologia.

Imagem médica é um processo de coleta de informações sobre uma estrutura fisiológica específica – um órgão ou tecido – usando propriedades e características predefinidas que são representados em forma de uma imagem. Por exemplo, raio-X, TC ou mamografia, a densidade do tecido é a propriedade característica que é representada na forma de imagem, com o objetivo de ilustrar a estrutura anatômica. A informação sobre a densidade do tecido da estrutura anatômica é obtida medindo a atenuação da energia do raio-X quando ele é transmitido através do corpo. O processo básico de formação da imagem requer uma fonte e receptor de energia para obter informações sobre o objeto que é mostrado na forma de imagem (DHAWAN, HUANG, & KIM, 2008).

A TC é uma maneira de usar raios-X para obter fotos ou imagens em fatias finas através da parte do corpo que o médico está analisando.

Quando o tomógrafo de TC foi inventado, eles obtiveram uma fatia por vez e era bastante lento se comparado com as máquinas de hoje. A maioria dos tomógrafos modernos

obtem mais de uma fatia por vez. Podendo variar de 4 a 320 fatias e até 640 fatias para as maquinas mais recentes. Isto é referido como “multi-fatias” ou “multi-detector”. (McKenzie & Goergen, 2015)

A tomografia de emissão de pósitrons (PET) é um exame diagnóstico que serve para o seu médico obter informações sobre as atividades metabólicas do seu organismo. Essas imagens são registradas em um padrão que é denominado DICOM (Cho, Jones, & Singh, 1993). O padrão DICOM, *Digital Imaging and Communications in Medicine*, teve sua primeira publicação em 1993 e revolucionou a pratica da radiologia, permitindo a substituição do filme de raio-X por um fluxo de trabalho totalmente digital, no qual são fornecidas todas as ferramentas necessárias para o diagnostico preciso e processamento de dados de imagens médicas.

A imagem digital resultante da TC é apresentada em forma de uma matriz bidimensional em que cada elemento desta matriz, o *pixel*, possui um valor numérico, expresso em unidades Hounsfield (UH). Este numero TC está ligado ao coeficiente linear médio de atenuação do elemento do objeto, o *voxel*, que ele representa.

O coeficiente de atenuação é definido por

(1)

onde  $\mu$  é o coeficiente linear de atenuação médio, de um *voxel*, de um tecido do corpo e  $\mu_w$  é o coeficiente linear de atenuação da água.

A imagem de TC normalmente é obtida em escala de 16 bits, mas na prática os valores obtidos estão entre -3000 a 1000UH. Para os pulmões, as suas estruturas se encontram na faixa de -1000 a 100UH (SLUIMER, PROKOP, & GINNEKEN, 2005)

Para os pulmões a faixa do *voxel* pode ser apresentado da seguinte forma, para imagens de ate 2 milímetros de espessura, também chamado de Tomografia computadorizada de alta resolução (TCAR), segundo Gevenois e Yernault (1995):

- 2000 a -100 UH em áreas não aeradas;
- -100 a -500 UH em áreas pouco aeradas;
- -500 a -950 UH em áreas geralmente aeradas; e
- -950 a -1100 UH em áreas hiperaeradas

E para imagens com mais de 6 milímetros de espessura tem-se:

- -500 a -900 UH em áreas geralmente aeradas;

- -900 a -1000 UH em áreas hiperaeradas; e
- Para as outras regiões os valores se mantem

É ilustrado na Figura 1 (b) a representação das faixas de densidades da Figura 1 (a) na forma de cores, em que o verde representa as regiões hiperaeradas, a azul as normalmente aeradas, as amarelas as pouco aeradas e as não aeradas as vermelhas.

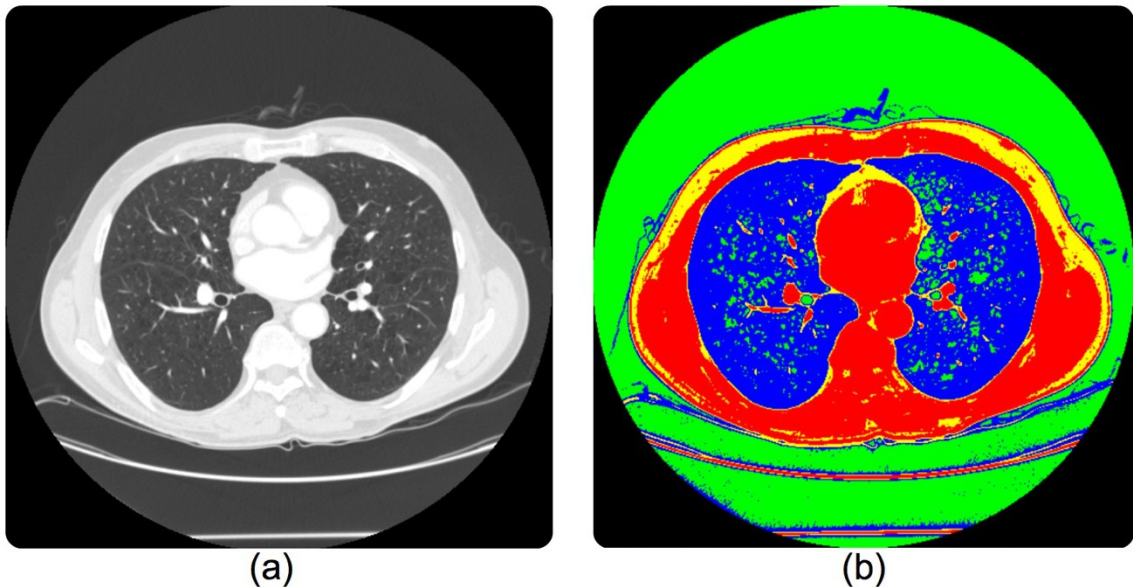


Figura 1: Imagem de TC onde (a) imagem original e (b) representação pelas faixas de densidade

## 6.2 Processamento de Imagens Digitais

Os passos fundamentais para processamento digital de imagens (PDI) são divididos em seis etapas: aquisição das imagens, pré-processamento, segmentação, extração de atributos, identificação e relatórios/ banco de dados.

A aquisição de imagens é o primeiro processo que consiste na obtenção da imagem, já o pré-processamento consiste em realçar a imagem e retirar falhas e imperfeições. A segmentação é responsável por selecionar partes da imagem, objetos de interesse (Gonzalez, Woods, & Richard E., 2009). Em seguida, a região de interesse é usada para obtenção de atributos, que serão utilizados para reconhecimento através de um sistema de classificação. Por ultimo, com as análises e informações adquiridas é gerado um relatório ou são armazenados para futuros estudos. Na figura 2, podemos observar as etapas de um sistema típico de Visão Computacional.

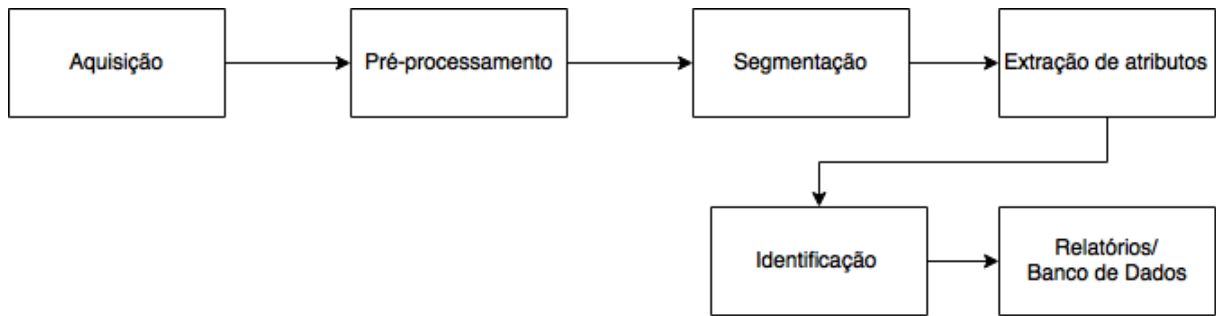


Figura 2: Etapas de um sistema típico de Visão Computacional

A imagem digital podem ser representada como uma matriz de *pixels*  $M \times N$ , em que o valor da intensidade ou nível de cinza de cada *pixel* pode ser obtida pela função bidimensional  $f(x,y)$ , no qual os valores de  $x$  e  $y$  representam a posição do ponto no plano cartesiano, no qual o  $x$  e  $y$  assumem o valor máximo respectivamente de  $M$  e  $N$ . (Gonzalez, Woods, & Richard E., 2009)

Imagens digitais se dividem em quatro tipos: imagens binárias, imagem em tons de cinza, imagem em RGB (*Red-Green-Blue*) e imagem indexada.

Imagem binária é uma imagem simples em preto e branco (Figura 3 (a)). Uma imagem em tons de cinza cada *pixel* possui um valor de cinza que varia, se for de oito bits, de 0 (preto) a 255 (branco) (Figura 3 (b)). Já na imagem em RGB cada *pixel* recebe um valor de cor, que é obtida a partir da intensidade do vermelho, verde e azul com um armazenamento de vinte e quatro bits como observado na Figura 3 (c). Por fim a imagem indexada cada *pixel* possui um valor de um índice de cor em um mapa de cores como ilustrado na Figura 3 (d).



Figura 3:Exemplo de quatro tipos de imagens, a)imagem binária, b)imagem em tons de cinza, c) imagem em RGB, d)imagem indexada.

### 1.1.1 Segmentação

Este processo consiste em dividir a imagem em regiões de interesse com objetivos específico. Entende-se por região um conjunto de *pixels* adjacentes que apresentam uniformidade com base em alguma propriedade.

O processo de segmentação se destaca como etapa fundamental na obtenção de informações qualitativas e quantitativas de tais regiões. Os algoritmos tradicionais de segmentação baseiam-se em dois princípios: descontinuidade, que detecta a mudança

abruptas de tons de cinza, e o da similaridade, que realiza o agregamento de *pixels* que guardam semelhanças com os vizinhos. (Gonzalez, Woods, & Richard E., 2009)

#### 1.1.1.1 Segmentação por Descontinuidade

Os objetos que podem ser localizados por técnicas baseada em descontinuidades são de três tipos: pontos, linhas e bordas. Tais técnicas são definidas por uma operação orientada à vizinhança. As lógicas aritméticas orientadas a vizinhança utilizam o conceito de convolução com máscaras. (Neves & Pelaes, 2001)

Dentre as formas de detectar as bordas de objetos em imagens, destaca-se a utilização de operadores gradiente, podendo-se citar os operadores de Roberts, Prewitt e Sobel. Uma pratica comum é aproximar o gradiente do valor absoluto:

(2)

Para uma imagem digital  $f(x,y)$ , o módulo do gradiente pode ser aproximado por operadores 3x3 ou mascaras de convolução. Na Tabela 1 é ilustrado exemplos das máscaras usando os operadores citados.

Operador	Vertical (	Horizontal (
Roberts		
Prewitt		
Sobel		

Tabela 1: Operadores 3x3 utilizados para estimar a amplitude do gradiente através da borda.

É possível observar na Figura 4 a segmentação de imagem por descontinuidade usando o operador Prewitt.



Figura 4: a) Imagem Original, b) Imagem segmentada por Prewitt

#### 1.1.1.2 Segmentação por Similaridade

As técnicas de segmentação por similaridade baseiam-se em extração de objetos com características próximo de um valor pré-definido ou uma propriedade. Neste método se destacam as técnicas de Limiarização e Crescimento de Região.

- Limiarização

A operação de Limiarização pode ser descrita como uma técnica de processamento de imagens na qual recebe como entrada uma imagem  $f(x,y)$ , que possuem  $N$  níveis de cinza e produz uma imagem  $g(x,y)$  na saída chamada imagem limiarizada, cujo os níveis de cinza são menores que  $N$ . A limiarização é dada por  $g(x,y)$  que apresenta 2 níveis de cinza, sendo:

$$(3)$$

em que os *pixels* que receberam o valor de 1 correspondem aos objetos e os que receberam 0 correspondem ao fundo e são os valores do nível de cinza escolhido para serem o limiar. Podemos observar na Figura 5a uma imagem original e na Figura 5b o resultado da limiarização.

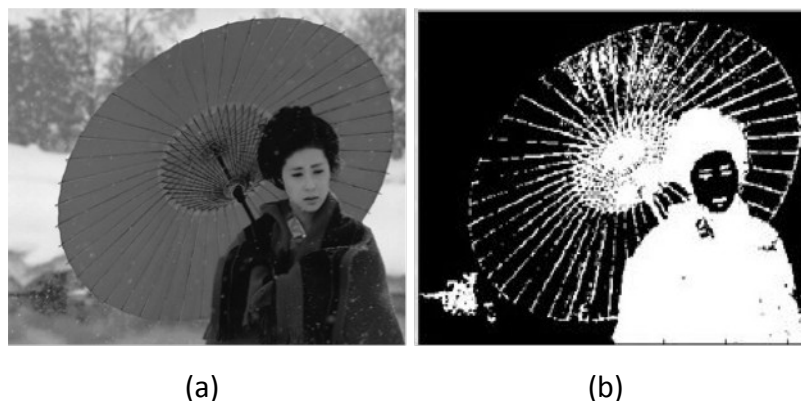


Figura 5: Na esquerda apresenta a imagem original e na direita a imagem aplicado o Limiar de 30

- Crescimento de regiões

O crescimento de região consiste em um procedimento de agrupamento de *pixels* ou sub-regiões em regiões maiores com base em critérios predefinidos de crescimento. A abordagem básica é iniciar através de uma região denominada de semente e a partir da mesma identificar os vizinhos e analisar os critérios para realizar o crescimento da região. (Gonzalez, Woods, & Richard E., 2009)

Tendo  $R$  como uma região de  $N$  *pixels* vizinhos de um *pixel* com tom de cinza  $y$ . Define-se a média da região e a dispersão .

$$(4)$$

e



(5)

Um *pixel* é agregado à região se o critério dado pela equação 6 for satisfeito, em que  $Z$  é o *pixel* a ser testado. Um valor muito alto de  $T$  indica que o *pixel* representado por  $Z$  não deve ser associado à região  $R$ .

(6)

## 6.3 Sistemas Embarcados

Um sistema embarcado é um sistema no qual a CPU é completamente dedicada ao sistema que controla. Realiza um conjunto de tarefas pré-definidas, geralmente com requisitos específicos, e por ser dedicada pode-se otimizar o projeto reduzindo tamanho, recursos computacionais e custo do produto. Sistemas embarcados são desenvolvidos para uma tarefa específica (Barros, 2010).

Sistema embarcado controla muitos dos dispositivos comuns do dia a dia. Vem se tornando onipresentes no mundo de hoje e pode ser encontrado em um simples cartão de crédito e débito até em um sofisticado controle de orientação de um míssil de um cruzeiro (Paul, 2010).

Processadores embarcados estão divididos em duas categorias: microcontroladores e microprocessadores.

Atualmente existem diversas aplicações em áreas diferentes que usam sistemas embarcados, a seguir alguns exemplos:

- Em automóveis no sistema de ignição e sistema de freios;
- Vídeo games, telefones celulares, televisões e outros;
- Roteadores, Hubs; e
- Impressoras, scanners, faz;

Sistemas embarcados operam forçadamente com recursos de memória e processamentos limitados e necessitam prover serviços em curto espaço de tempo, são esses confinamentos de memória, velocidade e tempo que ditam a escolha do SO de tempo real mais indicado para tal aplicação (Barros, 2010).

Sistemas embarcados possuem sistemas operacionais previstos para funcionarem em máquinas pequenas, possuem uma autonomia reduzida. Logo, uma



característica essencial desses sistemas é a sua gestão avançada de energia e sua capacidade de funcionarem com recursos limitados.

### 1.1.2 Sistema Operacional

A plataforma Android é um SO baseado em Java que é executado no kernel 2.6 do Linux. Os aplicativos no Android são desenvolvidos utilizando a linguagem Java e podem ser facilmente portados. Android também inclui aceleração 3D em motor gráfico (baseado no suporte de hardware) (Pacheco Junior & Castro, 2012).

- Framework de Aplicações

A arquitetura deste framework foi desenvolvida para simplificar a reutilização dos componentes. Desta forma qualquer desenvolvedor pode construir um aplicativo e disponibilizar suas “capacidades”, permitindo que elas sejam utilizadas por outros programas (Pacheco Junior & Castro, 2012).

O sistema inclui um conjunto de bibliotecas usadas por diversos componentes do Android, que podem ser de mídia, para trabalhar com arquivos de áudio e vídeo, gráficas, para a exibição de conteúdo tanto 2D como 3D, de banco de dados, para acesso e suporte ao banco de dados relacional SQLite, para visão computacional tem a OpenCV.

Cada aplicação do Android roda em seu próprio processo e cada processo é uma instância da máquina virtual Dalvik, criada para que o dispositivo possa rodar múltiplas máquinas virtuais eficientemente. Os arquivos são executados no formato Dalvik Executable (.dex) e são otimizados para consumo de memória mínimo. Os arquivos são criados por um compilador Java, que converte o resultado no formato .dex (Pacheco Junior & Castro, 2012).

# Capítulo 3

7

## 2 Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia de desenvolvimento utilizada para este projeto, bem como os detalhes da arquitetura proposta. Na Seção 3.1 é apresentada a arquitetura proposta para o trabalho, em forma de diagrama de blocos funcionais. Na seção 3.2 é ilustrado o ambiente de desenvolvimento utilizado, bem como as ferramentas de desenvolvimento de hardware e software.

Na seção 3.4 é detalha-se o software que foi desenvolvido.

### 7.1 Arquitetura proposta

A arquitetura proposta consiste basicamente em um sistema móvel que possui como objetivo realizar a leitura, processar e segmentar exames médicos utilizando como base um *Tablet* de sistema operacional Android. O modelo do sistema pode ser visto na Figura 6. Para efeito de estudo este trabalho foi feito tomando como base exames de TC do tórax. O sistema foi denominado de *Mobile Lung Image System Analysis* (MLISA).

O MLISA recebe o exame que foi previamente adicionado ao Tablet pelo médico via USB, por exemplo. O modo que é realizado o exame e o como as imagens são transferidas ao *Tablet* não fazem parte do escopo deste trabalho. Uma vez adicionado o exame no dispositivo o médico acionará o primeiro bloco, chamado **aquisição**, que irá carregar o exame e coletar as suas informações, que ficam salvas para futuras aplicações e possíveis visualizações. Uma vez obtidos, esses dados salvos são enviados a um segundo bloco, denominado **ordenação**. Neste bloco, são processadas as informações dos números das posições no exame e em seguida são ordenadas as partes do exame. Com as fatias do exame ordenado, um terceiro bloco é acionado, em que será feito um **pré-processamento** na imagem a ser ilustrada, onde será realizado o ajuste de janela de visualização, alterando assim o brilho e o contraste. Com a conclusão desta etapa, a imagem.

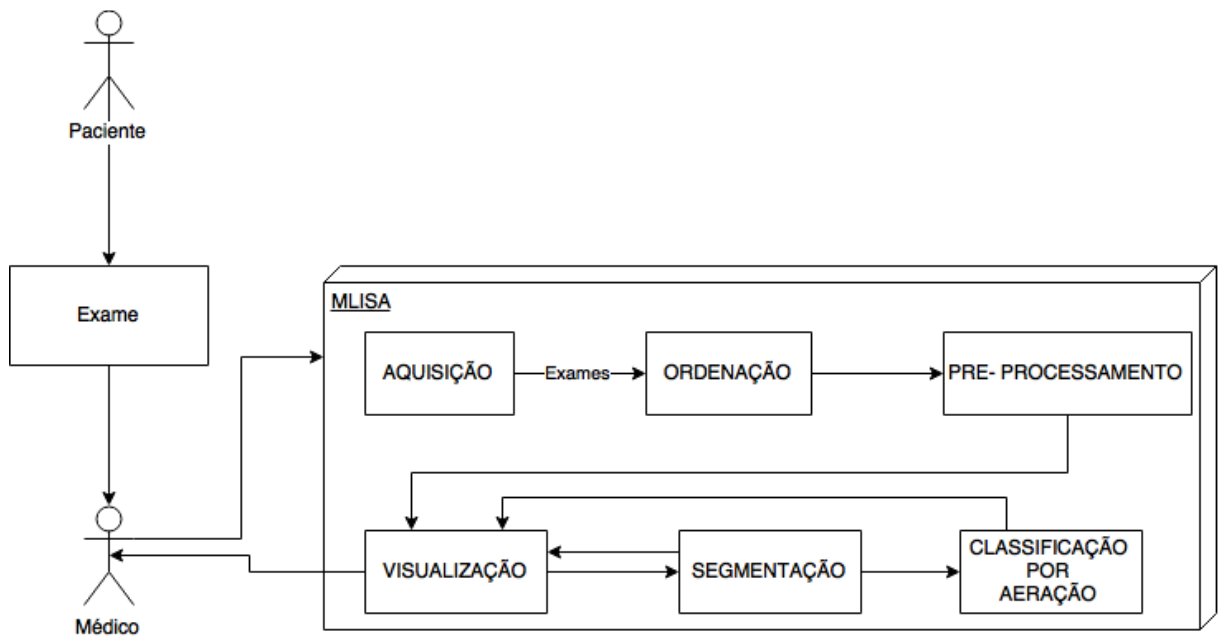


Figura 6: Arquitetura proposta para o sistema MLISA

Com o exame na fase de visualização, é possível realizar a segmentação de uma fatia específica, no caso o pulmão, para análise de possíveis patologias por exemplo. A segmentação é feita usando a técnica de detecção de borda, onde estas são encontradas quando se possui uma mudança brusca de intensidade de cor, no caso tom de cinza. Depois é realizado um pós-processamento através da filtragem dos contornos.

Com base nesta segmentação é realizado uma separação por regiões de aeração, fazendo uma comparação das intensidades de tons de cinza da imagem com os padrões, gerando assim uma imagem colorida, onde cada cor representa uma região específica.

## 7.2 Ferramentas Utilizadas

### 2.1.1 Software

Um bom projeto depende fortemente das ferramentas que são utilizadas. Portanto sempre que houver varias opções deve ser escolhido cuidadosamente quais ferramentas serão utilizadas em cada fase do projeto. Nesta sessão, serão detalhadas as ferramentas utilizadas para desenvolvimento do projeto, justificando o uso das mesmas. Para o projeto, sempre que possível foi utilizado ferramentas livres e de código aberto. Com o objetivo de não acarretar custos.

## **Android Studio**

O Android Studio é a *Integrated Developer Environment* (IDE) oficial para desenvolvimento de aplicações Android baseado na IDE IntelliJ IDEA. Entre outras funções e características do Android Studio se destaca poder ter variantes e múltiplos arquivos de geração de uma extensão *Android Package* (APK), formato típico para aplicativos em Android. Esta IDE possui templates de códigos que ajudam o desenvolvimento de funcionalidades comuns de aplicativos e ferramenta capaz de verificar a performance, usabilidade, compatibilidade de versão e outras funções (Studio, 2013).

A escolha do Android Studio para o projeto foi feita por possuir diversas opções de ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos Android, além de possuir um simulador próprio de dispositivo móvel com o SO Android e pela familiaridade anterior com a IDE. Com uma boa IDE o desenvolvedor diminui os problemas, para manter o código organizado e depurar funções quando algo de errado acontecer.

## **Linguagem de programação JAVA**

A linguagem de programação JAVA foi criada pela Sun Microsystems em 1995, hoje mantida pela Oracle desde 2009. Esta linguagem está presente em vários dispositivos como *laptops*, *datacenters*, consoles de games, telefones celulares, internet entre outros. O Java é gratuito e pode ser facilmente obtido no site *java.com*.

Linguagens que existiam na época da criação do JAVA, como C e Pascal o código fonte é compilado para código de máquina específico de um SO e uma plataforma, ou seja, temos um código executável para cada SO. No Java é utilizado o conceito de máquina virtual entre o SO e a aplicação onde existe uma camada extra responsável por “traduzir”, mas não só isso, o que será realizado pela aplicação para as respectivas chamadas do SO onde está sendo processado. Desta forma você ganha uma independência do sistema operacional.

“Write once, run anywhere.”

(Slogan da Sun – escreva uma vez, rode em qualquer lugar.)

Java é uma linguagem orientada objeto, possui uma linguagem semelhante a C, C++. Porém sua utilização é mais simples, pois é de alto nível, ou seja, não precisamos nos preocupar com detalhes de baixo nível, como memória, processamento e lixos.

### ***Open Source Computer Vision Library (OpenCV)***

A OpenCV é uma biblioteca de visão computacional e aprendizado da máquina de código aberto. Criada pela Intel em 1998, a biblioteca se tornou a ferramenta mais popular na indústria de visão computacional, e também é usada em vários cursos de universidades e projetos de pesquisas. OpenCV foi lançado sob a licença BSD e consequentemente é grátis para uso acadêmico e comercial (Itseez, 2012).

A OpenCV foi escolhida devido a sua licença ser grátis e por sua biblioteca possuir uma vasta quantidade de funções, com um foco em processamento de imagens, buscando sua otimização e aceleração no processamento das imagens.

### ***Imebra Dicom Software Development Kit (SDK)***

O Imebra Dicom SDK é uma biblioteca para manipular arquivos no formato DICOM multi-plataforma e de código aberto. O código é aberto e sua documentação está licenciada pela GPL v.2. (Imebra, 2013)

A escolha desta biblioteca foi devido à sua documentação e para maior praticidade na manipulação de arquivos DICOM.

#### **2.1.2 Hardware**

O Hardware no qual o projeto foi desenvolvido se baseia no *Tablet GT-N5110* da Samsung, que possui a seguinte configuração:

- Processador Exynos 1.6 GHZ Quad-core;
- 2GB de memória RAM;
- Resolução de 1280x800 *Pixel*;
- Sistema Operacional Android 4.4.2

Desta forma, o aplicativo deve funcionar em qualquer dispositivo móvel com Android 4.4.x ou superior.

## **7.3 Descrição do Software**

O software desenvolvido para este trabalho foi dividido em seis blocos, como

ilustrado na Figura 6. Cada bloco indica uma rotina que é executada em *loop* durante o funcionamento do sistema. Na figura 7 é apresentado um fluxograma geral do sistema.

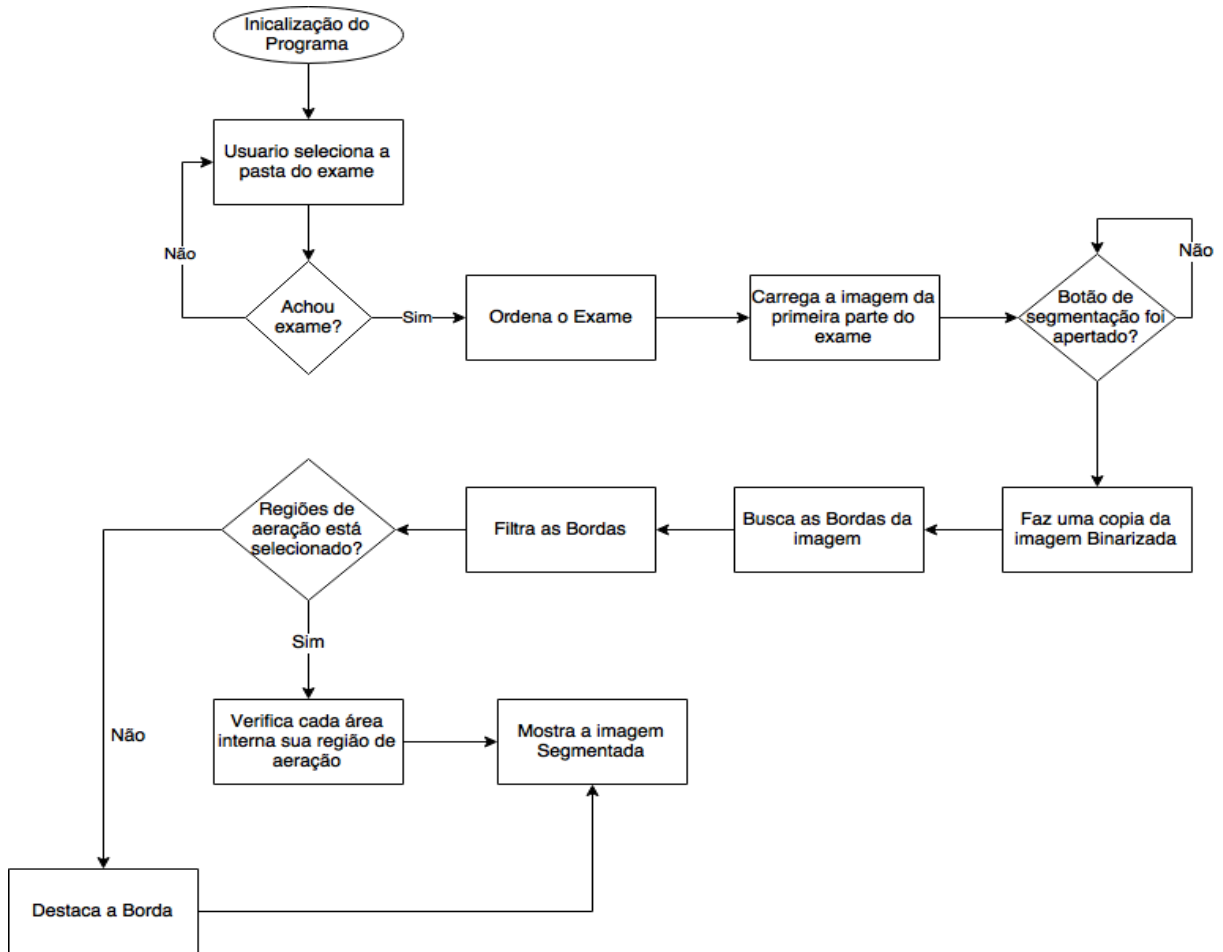


Figura 7: Fluxograma geral do MLISA

### 2.1.3 Aquisição de Imagens

No primeiro bloco funcional é realizado a aquisição do exame do paciente. O exame no formato DICOM deve ser inserido em qualquer pasta da estrutura do dispositivo via USB (*Universal Serial Bus*). Uma vez que o exame está no aparelho, o mesmo pode ser aberto pelo programa. O Usuário aciona um botão e o mesmo escolherá a pasta onde está guardado o exame.

### 2.1.4 Ordenação

Com a pasta do exame selecionado no processo de aquisição, é acionado o segundo bloco, o de ordenação. O exame é composto por vários arquivos no formato DICOM, onde cada arquivo corresponde a uma fatia do exame. Neste bloco os arquivos são abertos e verificados suas *tags* de índice que são colocadas em um vetor e feito sua ordenação de forma crescente. Com as *tags* ordenadas, usa-se elas para ordenar os arquivos

DICOM, fazendo uma comparação entre as *tags* do vetor e as dos arquivos.

### 2.1.5 Pré-processamento

No terceiro bloco é feito um pré-processamento da imagem. É verificado qual a fatia do exame atual será exibida. A imagem é aberta e feito um processamento de janela de visualização, media de -600 e janela de 1500, para destacar o pulmão para melhor observação do mesmo. Uma vez feito esse tratamento, a imagem é exibida para o usuário.

### 2.1.6 Segmentação

Este bloco é fundamental para este trabalho pois nele é realizado um destaque em uma região, no caso o pulmão. Na Figura 5 podemos observar o fluxograma para esta etapa. Nesta etapa será dividido a imagem em três, uma para ser a imagem de visualização (IV), outra para ser a imagem original (IO) e por fim uma imagem manipulada (IM) para a busca dos contornos.

Inicialmente é criado uma cópia da imagem e nesta cópia é feita uma limiarização onde os tons de cinza escolhidos têm um intervalo de 2, da imagem sendo esta a IM. Com esta imagem é feito uma busca pelas bordas da imagem, retornando muitas bordas, onde a maioria não nos interessa. Com o objetivo de obter somente os contornos que contêm os pulmões é aplicado alguns filtros nesses contornos, fazendo assim que seja eliminado os cantos mais a esquerda e direita, como também os mais ao topo e mais abaixo. Em seguida será eliminado os que possuem uma área muito grande e muito pequena, deixando com apenas 2 contornos referente aos dois pulmões.

A partir deste ponto a segmentação é dividida em dois processos, um sem classificação por região aerada, apenas o contorno, onde na Figura 8 seu fluxograma é ilustrado, e outra com região de aeração destacada e classificada como é ilustrado o fluxograma da Figura 9.

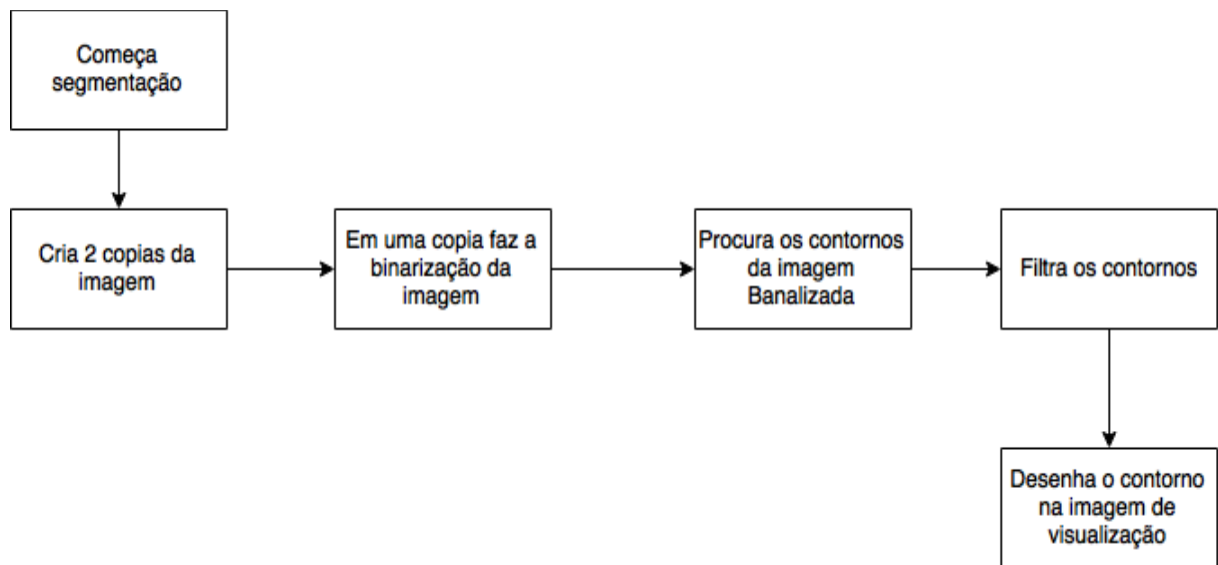


Figura 8: Fluxograma da Segmentação

Logo após a filtragem dos contornos o programa obtém a imagem de visualização e desenha os contornos dela e ilustra para o usuário como ilustra a Figura 8, obtendo assim uma segmentação onde se destaca os pulmões.

No outro procedimento ilustrado no fluxograma da Figura 9, o campo Regiões de aeração tem que está marcado. Depois de filtrado os contornos, é pintado toda a área contida nos contornos com cores diferentes para cada contorno onde é possível diferenciar cada pulmão criando uma máscara com a IM. Com as áreas pintadas, a imagem original é lida *pixel a pixel* e verificado se o mesmo se encontra dentro de alguma área pintada da IM, caso esteja é observado a intensidade do *pixel* para fazer a classificação por região de aeração, para isto é aplicado um limiar de -1100 a 2000 fazendo com que se destaque a região de interesse.

Para diferenciar as regiões de interesse é realizado uma conversão para 8 *bits*, criando assim um tom de cinza para cada região. Pintado com cores diferentes para cada tipo de região a IV. Com todos os *pixels* lidos e copiados, é ilustrado para o usuário a imagem do exame com a segmentação e classificação por aeração.



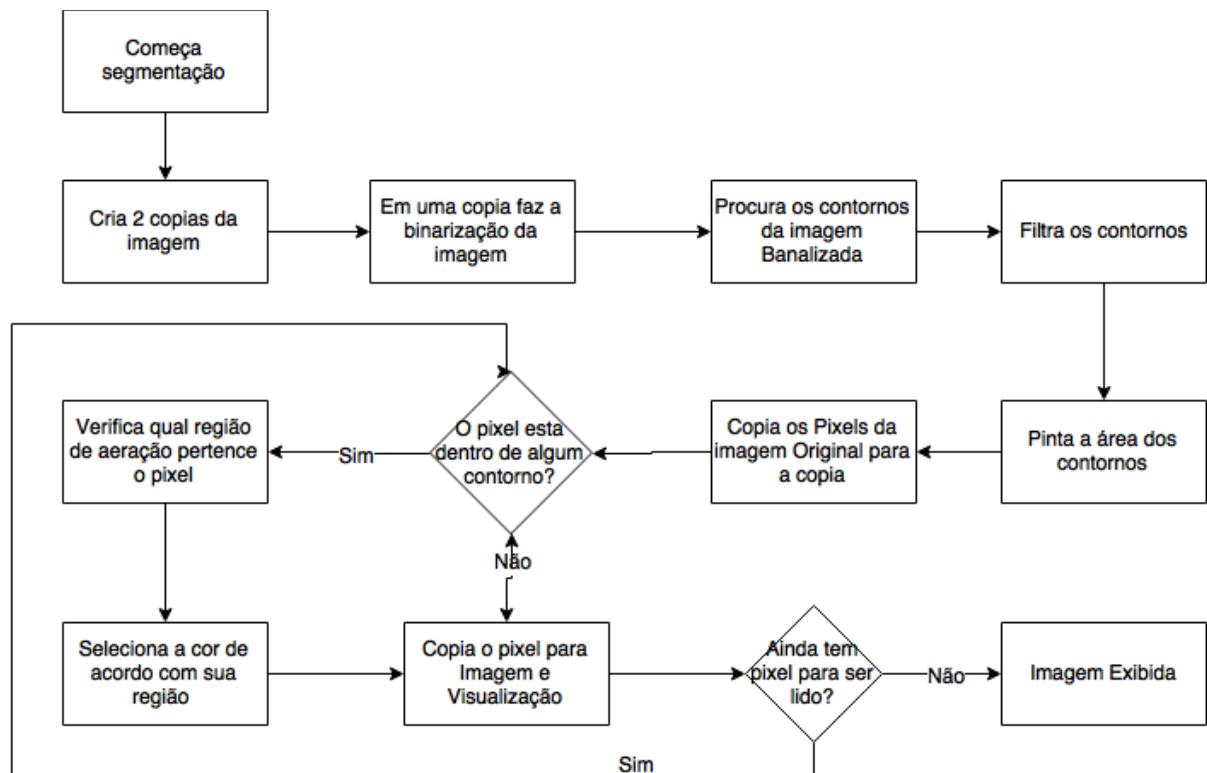


Figura 9: Fluxograma com classificação por região de aeração

Com a imagem devidamente segmentada e classificada por cores, o usuário possui a possibilidade de ver os dados referente à área de cada pulmão e a total, com seus devidos percentuais de aeração, separadas por regiões Hiperaeradas, Normalmente aeradas, Pouco aeradas e Não aeradas. Para efeito de cálculo da área, obtemos outra informação provida do arquivo DICOM, o *PixelSpacing*, que consiste no espaço entre os *pixels* adjacentes criando um fator multiplicador para transformar a unidade de *pixel* para milímetro segundo a equação abaixo.

(7)

Com estes dados calculados e ilustrados, o médico pode fazer um diagnóstico mais preciso e estes dados também podem ser guardados para estudos e análises de casos.

# Capítulo 4

8

## 3 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados do trabalho. Para melhor organização, os resultados serão divididos em duas etapas: software, que é a base deste trabalho e a comparação de resultados, onde será feita uma análise dos resultados obtidos neste trabalho com os resultados providos do sistema *Lung Image System Analysis* (LISA).

### 8.1 Software

Nesta seção são apresentados os resultados ligados ao software MLISA. Na Figura 10 é ilustrado uma visão geral do sistema. Nesta tela é ilustrado o exame do paciente que foi inserido no sistema pelo médico. Desta forma, o médico pode acompanhar o exame do paciente em qualquer lugar que estiver com o seu dispositivo móvel melhorando assim a usabilidade.



*Figura 10: Tela de imagem de um exame*

A fatia do exame ilustrado na Figura 10 é resultado de um ajuste de janela de visualização com os valores de media de -600 e janela de 1500, conforme discutido nas sessões anteriores. Além do exame, pode-se observar que possui um botão com as informações do exame que ao ser pressionado exibe uma janela com os dados: nome, sexo, data de nascimento do paciente, data do exame, espessura das fatias do exame como ilustra a Figura 11.

## Informações do exame

Nome do paciente	
ID do Paciente	LIDC-IDRI-0019
Data de aniversario do Paciente	00/00/0000
Sexo do Paciente	
Data do exame	01/01/2000
Modalidade	CT
Ordem	92
Espessura	1.250000

Ok

Figura 11: Informações do paciente

Além disso, também é observado um botão de segmentação onde uma vez pressionado, a imagem do exame será processada da maneira que foi explicado na sessão 3.3.4 gerando a Figura 12 (a), na qual o pulmão esta destacado com um contorno azul. Se for marcado a opção de Regiões de aeração é exibida uma imagem do pulmão segmentado e devidamente classificado de acordo com a região de aeração como ilustra a Figura 12 (b).

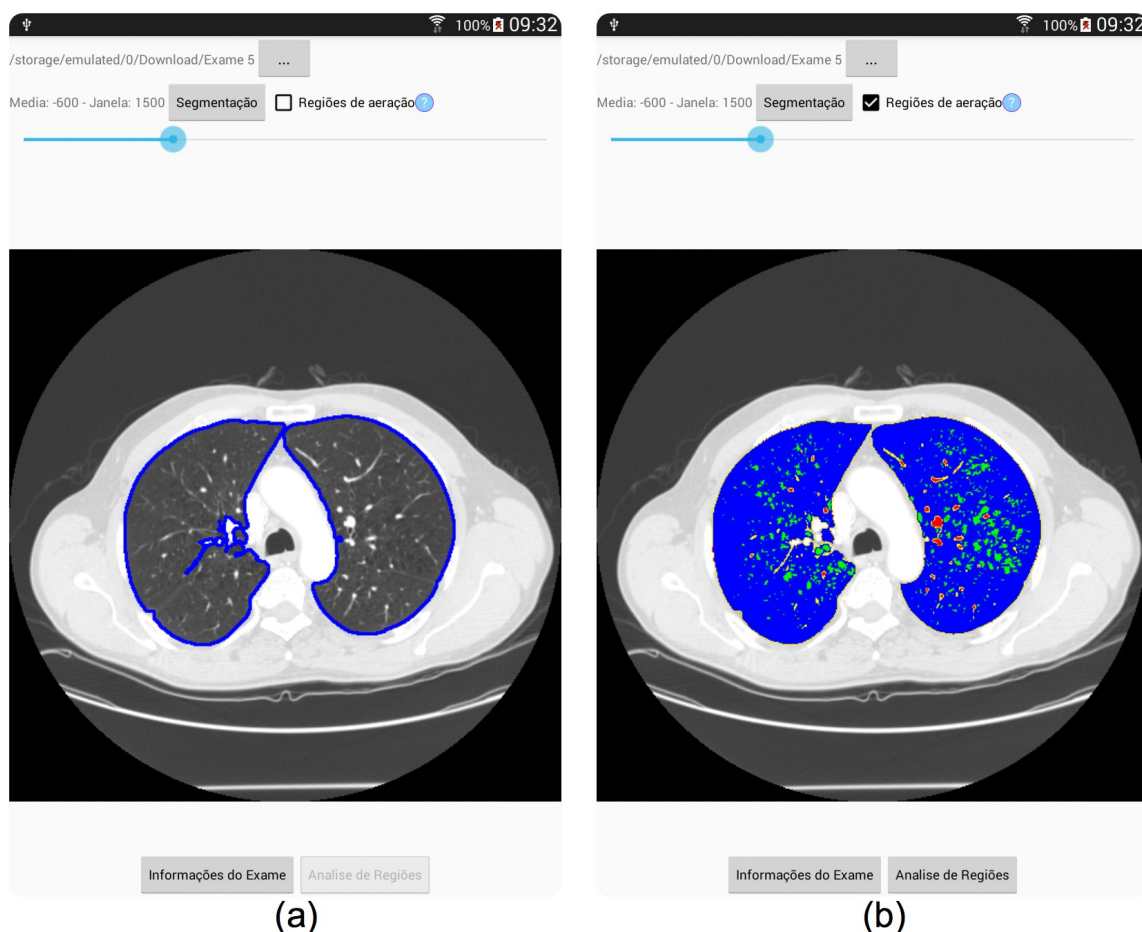


Figura 12: Exame segmentado onde a) está marcado apenas a borda e b) Marcado as regiões de aeração

Para uma melhor identificação, foi inserido uma legenda de região por cores e faixa de Hounsfield, conforme a Figura 13, pressionando o botão “?”. Com base nesta legenda e o conhecimento do médico é possível verificar o estado da área em estudo, no caso o pulmão.

### Informações sobre as regiões de aeração

	Faixas de Hounsfield (UH)	Região de aeração
	-1100 a -951	Hiperaerada
	-950 a -501	Normalmente Aerada
	-500 a 101	Pouco Aerada
	100 a 2000	Não Aerada

Ok

Figura 13: Legenda de cores por Região

Para auxiliar o diagnostico do médico, foi inserido uma função que verifica a área, em , do pulmão separadamente, direito e esquerdo, e o total. Além de mostrar a porcentagem de aeração conforme ilustrado na Figura 14.

Análise por regiões			
	Pulmão Esquerdo	Pulmão Direito	Total
Área (mm2)	13560,61	13692,69	27253,3
Hiper A.%	5,56	8,33	6,95
Normalmente A.%	89,79	86,22	88
Pouco A.%	4,32	4,3	4,31
Não A.%	0,33	1,14	0,74

Ok

Figura 14: Dados das regiões

## 8.2 Comparação de Resultados

Neste tópico serão comparados os resultados obtidos no trabalho com os do sistema LISA foi desenvolvida no programa de Pós-graduação em Engenharia de Teleinformática na Universidade Federal do Ceará, afim de validar o trabalho realizado.

Para efeito de comparação, o mesmo exame é processado nos dois softwares e posicionados na mesma imagem como ilustra a Figura 15, onde em a) temos o exame aberto pelo software desenvolvido neste trabalho (MLISA) e em b) o exame aberto no LISA. Com o intuito de observar o tempo de resposta foi cronometrado o tempo para carregar. O resultado pode ser observado na Tabela 2. O que apresenta o MLISA com um desempenho melhor pois foi aproximadamente 3,5 vezes mais rápido do que o LISA.

Operação Realizada	LISA	MLISA
--------------------	------	-------

Abrir exame	9'50''	2'72''
Segmentar exame	1'35''	3'45''

Tabela 2: Comparação entre LISA e MLISA em segundos

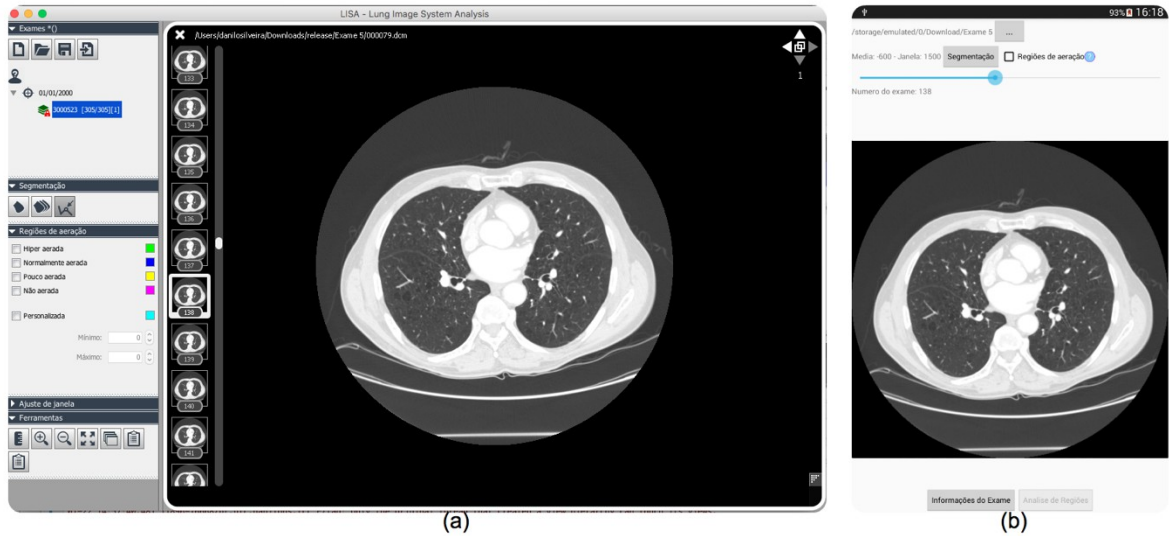


Figura 15: Exame aberto em a) LISA b) MLISA

Com o exame aberto em ambos os softwares, é acionado a segmentação e novamente cronometrado o tempo de cada um. A Figura 16 ilustra as imagens devidamente segmentadas e o tempo para cada um realizar este procedimento é exibido na Tabela 2. Para este procedimento o LISA já teve um desempenho um pouco melhor, levando em consideração o tempo de execução que foi aproximadamente 2,5 vezes mais rápido no LISA.

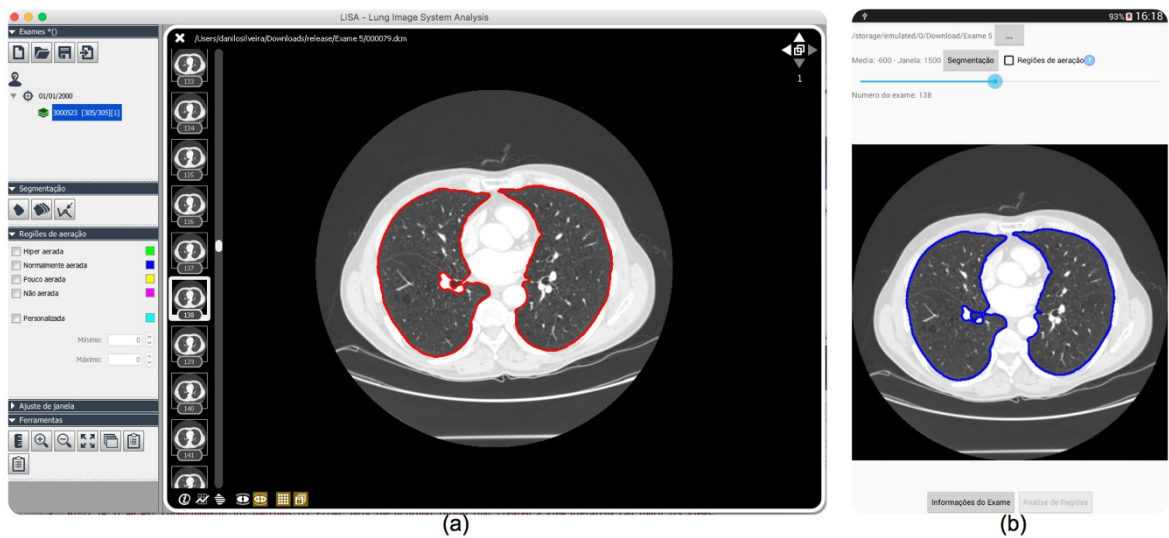


Figura 16: Exame segmentado a) LISA e b) MLISA

Pode-se verificar na Figura 16 que a segmentação esta muito próxima. Para

efeito de cálculo é utilizada a imagem segmentada e classificada por regiões de aeração como ilustrado na Figura 17, onde pode-se observar esta classificação no a) LISA e b) MLISA.

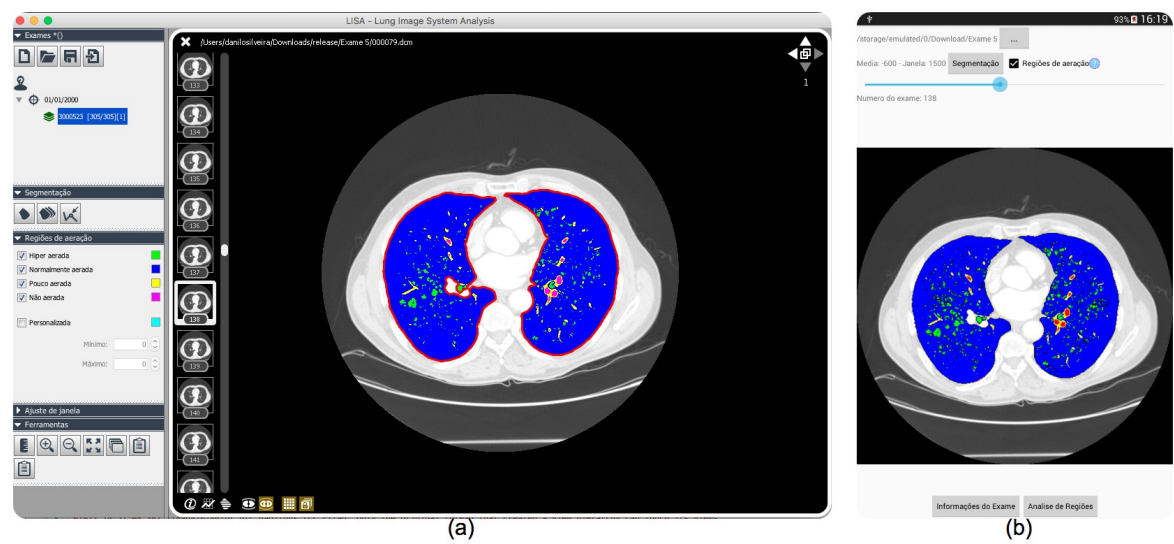


Figura 17: Exame segmentado e classificado por regiões de aeração em a) LISA e b) MLISA

Pode-se observar que existe uma leve diferença entre as imagens, causado principalmente devido a perda de precisão do MLISA, pois o mesmo faz a classificação por região de aeração na escala de 8 bits enquanto o LISA na de 16 bits, com isso há uma perda de precisão. Devido a limitação da ferramenta e para melhorar a performance, o MLISA foi feito trabalhando com imagens em 8 bits. Ao observar a Figura 18 pode-se ver uma comparação entre as regiões segmentadas dos dois sistemas.



Figura 18: Comparação dos dados do sistema a) LISA e b) MLISA

Fazendo uma comparação entre as imagens da Figura 18 em termos de área o sistema feito neste trabalho possui uma taxa de acerto de 98,27% de acerto em média.



Observando ainda esta Figura, é possível perceber que devido a essa perda de precisão, a área com menor variação sofre mais com esta perda. Para minimizar este erro pode ser feito usando quatro imagens de 16 bits, mas a performance ficaria comprometida.

# Capítulo 5

9

## 10 Conclusões e Trabalhos Futuros

### 10.1 Conclusões

Este trabalho descreveu o desenvolvimento do sistema MLISA, sistema de visão computacional destinado a manipulação e extração de dados quantitativos de imagens de TC do Tórax para dispositivo móvel com sistema operacional Android. Através de técnicas de limiarização, detecção de bordas, a ferramenta permite segmentação automática dos pulmões em uma série de imagens no formato DICOM, calcular a aeração pulmonar, percentual das faixas de aeração. O sistema é capaz de realizar todas as tarefas propostas em um tempo baixo o suficiente para um melhor diagnóstico do médico e ainda fornecendo uma mobilidade proporcionando uma maior comodidade ao usuário.

O sistema desenvolvido representa um avanço nos sistemas de segmentação de exames médicos disponíveis no mercado atualmente, já que ele apresenta uma mobilidade e praticidade para o médico, o que dá a oportunidade de seu uso em qualquer lugar. Isto dá uma independência de um computador, podendo ser utilizado no próprio celular contanto que neste tenha o sistema Android.

Considerando todas suas funcionalidades e sua mobilidade, acredita-se que este sistema pode ser útil para auxiliar diagnóstico rápido e preciso de patologias no pulmão a partir de imagens de Tomografia Computacional, colaborando para a melhoria do diagnóstico.

### 10.2 Trabalhos futuros

Mesmo tendo cumprido os objetivos propostos para este trabalho, o sistema

ainda é passível de melhorias para facilitar ainda mais o diagnóstico de patologias e a praticidade para os médicos. A seguir são listadas algumas possíveis melhorias que serão feitas futuramente ao sistema aumentando sua eficiência, performance e o seu valor agregado:

- Realizar a manipulação das imagens para segmentar em 16 bits de forma a obter uma melhor precisão;
- Incluir processamento *multi-thread* para melhorar sua performance;
- Adicionar a segmentação total do exame, ou seja, segmentação de todas as fatias de forma simultânea;
- Estender a segmentação para outras partes; e
- Adicionar a funcionalidade de visualização 3D

## 11 Referências Bibliográficas

- A.C.Camargo Cancer Center. (2015). *Pacientes e Tudo Sobre o Câncer*. Acesso em setembro de 2015, disponível em accamargo: <http://www.accamargo.org.br/tudo-sobre-o-cancer/pulmao/33/>
- Barros, A. C. (2010). Desenvolvimento de Aplicações de Visão Computacional em Sistemas Embarcados Utilizando a Linguagem C.
- Cho, Z., Jones, J. P., & Singh, M. (1993). *Foundations of Medical Imaging*.
- DHAWAN, A. P., HUANG, H. K., & KIM, D.-S. (2008). Principles and Advanced Methods in Medical Imaging and Image Analysis.
- Gonzalez, R. C., Woods, & Richard E. (2009). *Processamento Digital de Imagem*.
- IELCAP, I. E. (2015). MANAGING THE PATIENT AT RISK FOR LUNG CANCER THROUGH CT LUNG SCREENING IN A COMMUNITY HOSPITAL SETTING.
- Imebra. (2013). *DICOM SDK*. Acesso em 07 de 2015, disponível em Imebra: <https://imebra.com/>
- INCA. (2013). *Atlas de Mortalidade por Câncer*. Acesso em 03 de Setembro de 2015, disponível em INCA: <https://mortalidade.inca.gov.br/MortalidadeWeb/>
- International Data Corporation - IDC. (junho de 2015). *Smartphone OS Market Share*. Acesso em outubro de 2015, disponível em <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- Itseez. (2012). *About*. Acesso em Dezembro de 2015, disponível em OpenCV: <http://opencv.org/about.html>
- JANA, EMARKETER, & INTERMODAL. (2015). *Brazil's mobile landscape: A snapshot*.
- MADANI, KEYZER, & GEVENOIS. (2001). Quantitative computed tomography assessment of lung structure and function in pulmonary emphysema. *European Respiratory Journals*.
- McKenzie, J., & Goergen, S. (28 de Fevereiro de 2015). *Computed Tomography (CT)*. Acesso em 5 de Novembro de 2015, disponível em InsideRadiology: [http://www.insideradiology.com.au/pages/view.php?T\\_id=61#.VqkIf\\_FQ5-U](http://www.insideradiology.com.au/pages/view.php?T_id=61#.VqkIf_FQ5-U)
- Neves, S. C., & Pelaes, E. G. (Julho de 2001). Estudo e implementação de técnicas de segmentação de imagens. *Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA*, 11.
- Pacheco Junior, M., & Castro, R. d. (2012). Um estudo de caso da plataforma Android com Interfaces Adaptativas.

Paul, K. (2010). Android on Mobile Devices: An Energy Perspective .

SLUIMER, I., PROKOP, M., & GINNEKEN, B. (Agosto de 2005). Toward automated segmentation of the pathological lung in ct. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, .

Social, W. a. (2014). *Relatório digital, social e mobile*.

Studio, A. (Maio de 2013). *Android Studio Overview*. Acesso em Janeiro de 2016, disponível em Android Studio Overview: <http://developer.android.com/intl/pt-br/tools/studio/index.html>

Tillmann, T., & Jonas, J. B. (Maio de 2015). The Global Burden of Cancer.

Valente, I., Cortez, P., Cavalcante, T., Anselmo, F., Cavalcanti Neto, E., Ribeiro, A., et al. (2013). LISA - Lung Image System Analysis.