



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LARISSA LIRA SILVA

**UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O USO EM ANÁLISE DE IMAGENS DE
ULTRASSONOGRRAFIA**

CAMPINA GRANDE

2017

LARISSA LIRA SILVA

**UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O USO EM ANÁLISE DE IMAGENS DE
ULTRASSONOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso ou
Dissertação ou Tese apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciência da Computação
da Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito obrigatório à obtenção do título de
bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Robson Pequeno.

CAMPINA GRANDE

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Larissa Lira.

Um protótipo de software para o uso em análise de imagens de ultrassonografia [manuscrito] : / Larissa Lira Silva. - 2017.

29 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Robson Pequeno de Souza, Coordenação do Curso de Computação - CCT."

1. Imagem ultrassonográfica. 2. Protótipo de software. 3. Processamento de imagem. 4. Diagnóstico por imagem.

21. ed. CDD 005.1

LARISSA LIRA SILVA

UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA USO EM ANÁLISE DE IMAGENS DE ULTRASSONOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
em Ciência da Computação da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção
do título de Bacharel em Ciência da
Computação.

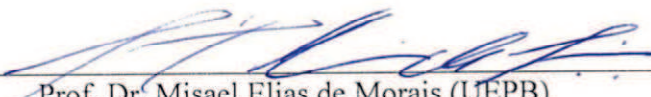
Aprovada em 15 de Dezembro de 2017.



Prof. Dr. Robson Pequeno de Sousa (UEPB)
Orientador(a)



Prof. Dra. Kátia Elizabete Galdino (UEPB)
Examinador(a)



Prof. Dr. Misael Elias de Moraes (UEPB)
Examinador(a)

A minha família pelo apoio e dedicação,
em todos os momentos da minha vida,
DEDICO.

RESUMO

A doença renal crônica é uma enfermidade que atinge uma parte significativa da população mundial, e como consequência disso há o aumento de quantidade de transplantes renais. O diagnóstico de rejeição ou não do rim no pós-operatório é por padrão a realização de uma biópsia do paciente, o que considerado um método muito invasivo. A análise de imagem ultrassonográfica pode desempenhar um papel importante auxiliando o profissional da saúde chegar a um diagnóstico. Nessa pesquisa é proposta a implementação de um protótipo que auxilia a análise de imagens ultrassonográficas renais, disponibilizando informações como a análise de tons de cinza (0 até 255), mediana, intervalos pré-estabelecidos, normalização e pseudocolorização da imagem. Para garantir que o protótipo desenvolvido se adequasse a possíveis mudanças nos requisitos foi estabelecido o uso do modelo espiral como processo de software. O trabalho apresenta a descrição do protótipo de software incluindo suas funcionalidades que auxiliam na interpretação de imagens ultrassonográficas.

Palavras-Chave: diagnóstico auxiliado por computador, função de transferência, imagem ultrassonográfica, normalização, protótipo, rim, processamento de imagem.

ABSTRACT

The chronic kidney disease affects a significant part of the world's population and as consequence there is an increase in the number of kidney transplants. The diagnosis of kidney rejection at the postoperative period is by default a biopsy of the patient, which is considered a very invasive method. Ultrasound imaging can perform an important role in helping the health professional to get a diagnostic. In this research it is proposed the development of a prototype that assists the analysis of renal ultrasound images, providing information such as the analysis of grey scale (0 to 255), median, pre-established intervals of grey scale, normalization and pseudocolorization of the image. To ensure that the developed prototype conformed to possible changes in requirements, it was established the use of the spiral model as a software process. The monography presents the description of the software prototype including its functionalities that suport in the interpretation of renal ultrasound images.

Keywords: computer aided diagnosis, transfer function, ultrasonographic image, normalization, prototype, kidney, image processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo Espiral de Boehm	13
Figura 2 - Tela Inicial.....	14
Figura 3 - Barra de menu.....	15
Figura 4 - Importando imagem.....	16
Figura 5 - Segmentando a fáscia muscular.....	17
Figura 6 - Comparação de imagem normalizada e imagem normal	17
Figura 7 - Imagem pseudocolorizada	18
Figura 8 - Histograma da escala de cinza [0-255] e mediana	19
Figura 9 - Histograma dos intervalos.....	19
Figura 10 - Exportação de arquivos	19
Figura 11 - Janela de informações de identificação.....	20
Figura 12 - Planilha Excel	21
Figura 13 - Funções de transferência.....	22
Figura 14 – Fórmula de normalização com um ponto de referência.....	23

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1.	Objetivo Geral.....	11
2.2	Objetivos Específicos.....	11
3.	METODOLOGIA.....	12
3.1	Processo de Software: Modelo Espiral.....	12
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1.	Descrição do sistema.....	14
4.2.	Interface Gráfica.....	14
4.2.1.	Tela Inicial.....	14
4.2.2.	Normalização.....	16
4.2.3.	Histogramas e Pseudocolorização.....	18
4.2.4.	Exportação de dados.....	19
4.2.4.1.	<i>Planilha Excel.....</i>	<i>20</i>
4.2.5.	Funções de Transferência.....	22
4.3.	Funcionalidades.....	22
4.3.1	Importar Imagem.....	22
4.3.2.	Normalização.....	22
4.3.3.	Intervalos de níveis de cinza e pseudocolorização.....	24
5.	CONCLUSÃO.....	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

APÊNDICE A – REQUISITOS DO SISTEMA.....	27
APÊNDICE B – DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	29

1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) é atualmente considerada um problema de saúde pública que atinge 10% da população mundial e é estimado que “a enfermidade afeta um em cada cinco homens e uma a cada quatro mulheres entre 65 e 74 anos, sendo que metade da população com 75 anos ou mais sofre algum grau da doença” (PORTAL BRASIL, 2015).

De acordo com a ABTO (Associação Brasileira de Transplante de Órgãos), o número de transplantes renais aumentou no Brasil, com isso uma das grandes preocupações consiste no monitoramento pós-operatório para verificar se há caso de rejeição ou não do órgão. Como padrão, em casos de suspeita de rejeição torna-se necessário executar uma biópsia renal no paciente para obter o diagnóstico, o que é considerado um método muito invasivo. No entanto, ultrassonografia pode desempenhar um papel importante no acompanhamento de transplantes renais tornando menos invasivo. A análise dos níveis de cinza de imagens ultrassonográficas possibilita uma melhor interpretação das mesmas, e facilita o diagnóstico sem a necessidade de submeter o paciente a uma biópsia renal.

As imagens ultrassonográficas são uma interpretação visual em níveis de intensidade na escala de cinza, do eco retornado pelas estruturas anatômicas a partir de um transdutor. Porém uma imagem ultrassonográfica é representada por tons de cinza que não são possíveis distinguí-los pelo sistema visual humano, ou seja, o profissional da saúde que é quem avalia a imagem, não é capaz de identificar todos os tons de cinza que são apresentados na imagem. (SIQUEIRA, 2017 apud BEACH, et al., 2007). No entanto, a caracterização tecidual ultrassonográfica pode auxiliar na observação das estruturas anatômicas visíveis em tons de cinza pelo computador, mas invisíveis a olho nu. (SIQUEIRA, 2018 apud SALLES-CUNHA, 2014)

Em um trabalho publicado por Engelhorn, et al. (2012) foi aplicada a caracterização de tecidos para imagens ultrassonográficas de rins normais e transplantados a partir da análise de níveis de cinza dos pixels, em que foi calculado intervalos de níveis de cinza a partir de estatísticas onde cada intervalo representa um tecido do rim e possui uma cor relacionada.

Porém, por questão de preferência, alguns ultrassonografistas ajustam alguns comandos afim de visualizar as imagens em tons de cinza mais claros, ou mais escuros. Essa prática pode acarretar na alteração da variação da escala de cinza nos resultados da imagem. Dessa forma é indispensável o uso de processamento de imagem para padronizar os tons de cinza dos pixels. Com isso, fica clara importância da definição de uma função de transferência para normalização

das imagens, alcançando resultados mais eficientes, independente da configuração utilizada pelo ultrassonografista.

Este relatório técnico tem como proposta apresentar um protótipo de software que visa auxiliar o profissional da saúde ao diagnóstico de doenças renais, provendo uma melhor interpretação das imagens ultrassonográficas a partir da visualização de informações referentes caracterização tecidual renal exibidas por meio de planilhas, histogramas e pseudocolorização. Bem como a normalização a partir de uma função de transferência, e a exportação de imagens e planilhas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento de um protótipo de software CAD (Computer Aided Diagnosis – Diagnóstico auxiliado por computador), que auxilie a análise de imagens ultrassonográficas de rins a partir da sua escala de cinza utilizando processamento de imagem.

2.2. Objetivos Específicos

- Definir tecnologias a serem utilizadas para o desenvolvimento do software;
- Definição de uma função de transferência para normalização da imagem;
- Possibilitar a análise da imagem a partir de informações obtidas através de histogramas, intervalos pré-estabelecidos de escala de cinza e pseudocolorização da imagem;
- Permitir a exportação arquivos com informações da imagem para serem analisados posteriormente;
- Elaborar a documentação referente ao sistema desenvolvido.

3. METODOLOGIA

As atividades relativas ao desenvolvimento do protótipo estão descritas abaixo:

- **Definição dos requisitos do sistema**

Nesta etapa inicial foi realizada a análise do sistema, onde foram definidos a diagramação de casos de uso e os requisitos do sistema, conforme pode ser verificado em “ANEXO A” e “ANEXO B” deste trabalho.

- **Definição de linguagem e tecnologias utilizadas**

Tendo total conhecimento do sistema a ser desenvolvido, foi necessário definir quais as tecnologias e linguagens mais adequadas a serem utilizadas durante o seu desenvolvimento. Desta forma o software foi designado para operar em sistemas operacionais desktop Windows, e como ferramenta de desenvolvimento foi utilizado o Visual Studio Community 2015 (versão 14.0) em conjunto com a linguagem de programação C#.

- **Definição do processo de software**

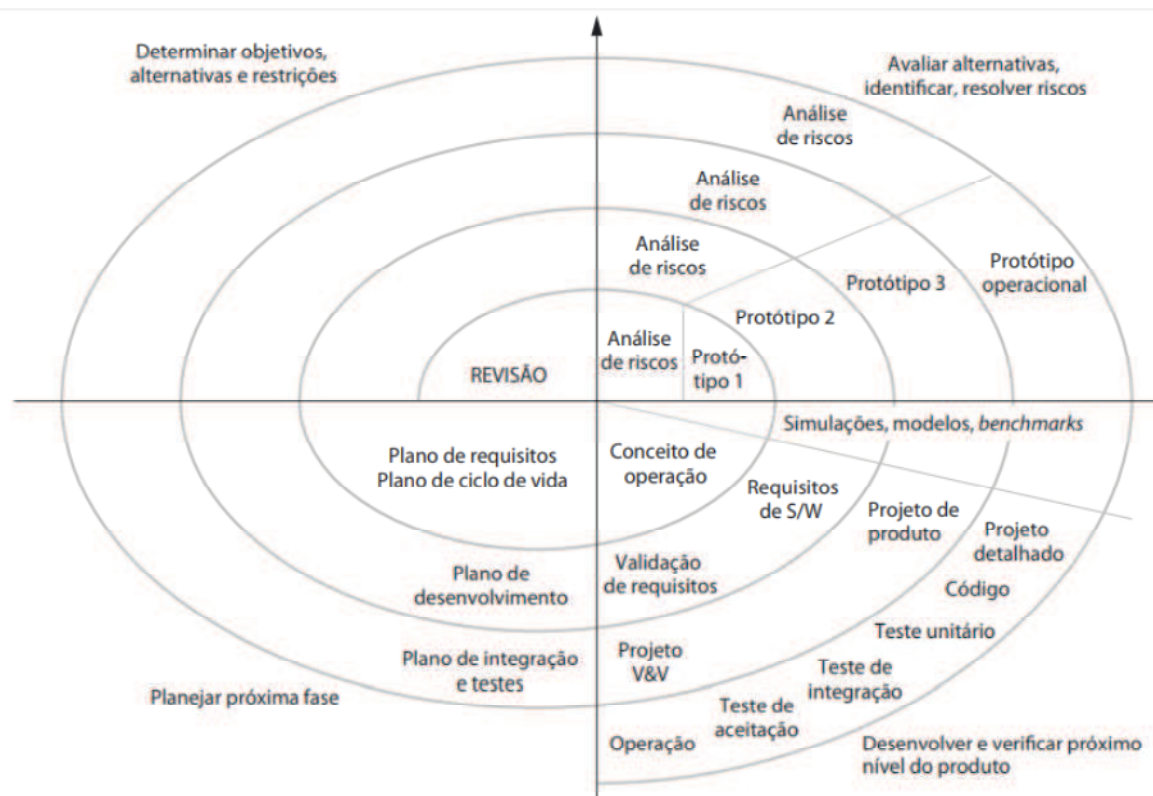
Na necessidade de desenvolver um software de forma evolutiva com menor custo de desenvolvimento e maior qualidade, foi preciso definir um processo de software que visa a diminuição de riscos causados pela adição de novos requisitos, portanto prevaleceu-se o uso do modelo espiral.

3.1. Processo de Software: Modelo Espiral

O modelo espiral se refere a um processo de software dirigido a riscos, foi proposto originalmente por Boehm (1988). Baseia-se no desenvolvimento de versões evolutivas do software por meio de ciclos que se repetem em forma de espiral como pode ser visto na Figura 1, cada ciclo representa uma fase do processo que são divididas em quatro etapas principais.

Ao final de cada ciclo é obtida uma versão melhorada do software em comparação a anterior, e então é realizado um novo ciclo no espiral para a versão seguinte.

Figura 1- Modelo Espiral de Boehm.



Fonte: Sommerville, 2011

As principais etapas definidas no modelo espiral são:

1. Definição dos objetivos: são determinados os objetivos, soluções alternativas e restrições do software;
2. Avaliação e Redução de Riscos: são analisados os riscos da etapa anterior;
3. Desenvolvimento e Validação: é feito o desenvolvimento do software, incluindo design, especificações, codificação e verificação.
4. Planejamento: é feita a revisão do projeto, e são elaborados os planos para a próxima fase do projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição do sistema

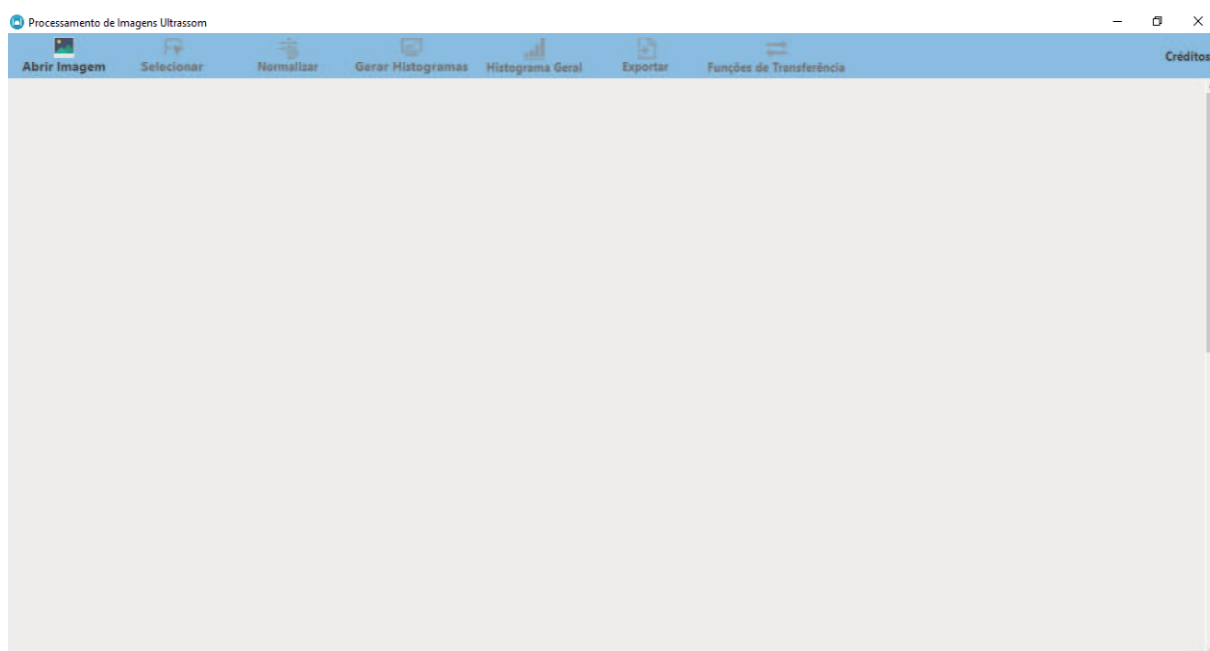
Um protótipo de software que auxilia o profissional da saúde na análise de imagens ultrassonográficas renais a partir da escala de cinza, oferecendo funcionalidades como: normalização das imagens, exibição de informações da caracterização tecidual renal, exportação de dados da imagem e funções de transferência.

4.2. Interface Gráfica

4.2.1. Tela Inicial

Na utilização do sistema, a tela inicial é apresentada com uma barra de menu superior com as funcionalidades fornecidas e uma área em branco onde será feito todos os processamentos como segmentação manual, normalização e pseudopigmentação da imagem, e também a exibição de informações em forma de histogramas e tabelas.

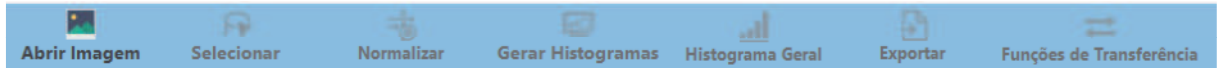
Figura 2 – Tela Inicial.



Fonte: Próprio autor.

A barra de menu (Figura 4) é exibida na parte superior do sistema e nela estão as funcionalidades que facilitam a análise de dados das imagens ultrassonográficas.

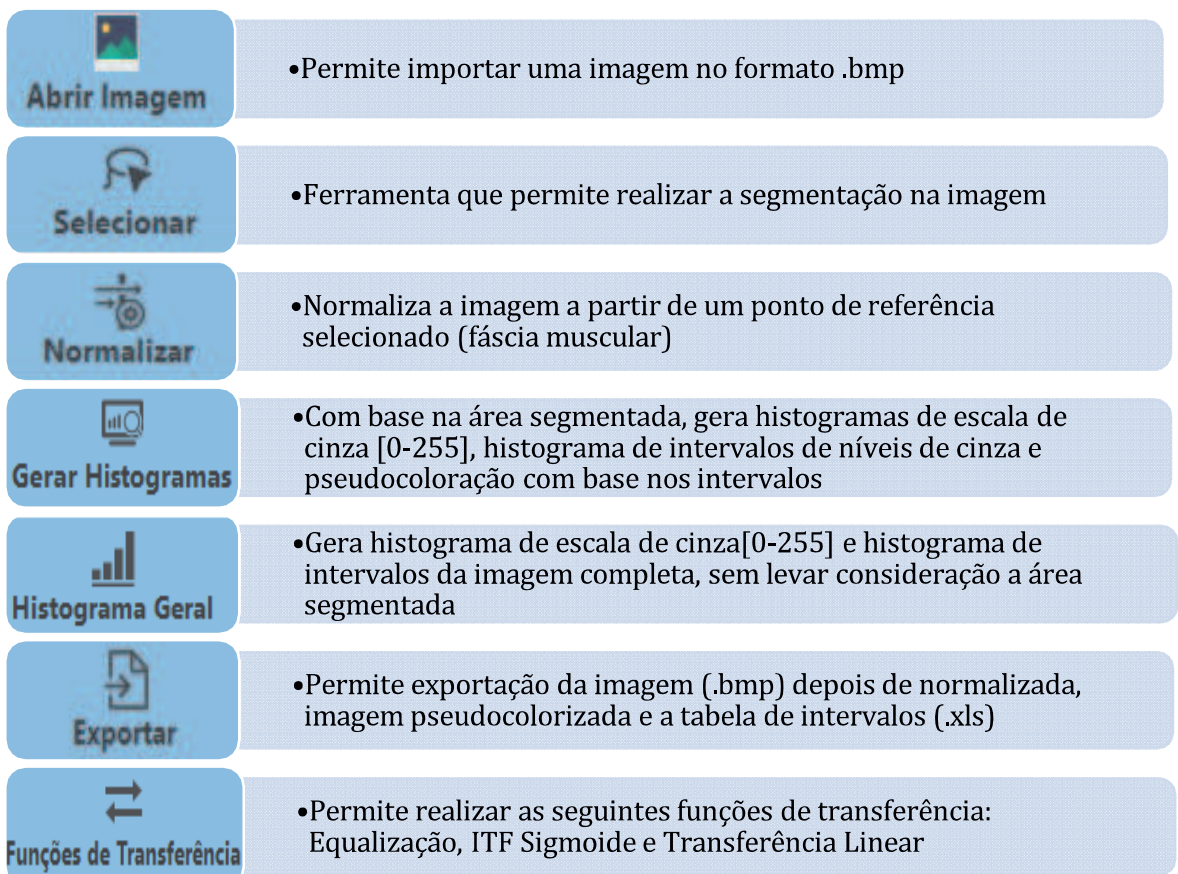
Figura 3 – Barra de menu.



Fonte: Próprio autor.

O Diagrama 1 a seguir apresenta as funcionalidades de cada componente da barra de menu:

Diagrama 1 – Componentes da barra de menu.



Fonte: Próprio autor.

4.2.2. Normalização

A realização da normalização da imagem ultrassonográfica se baseia em selecionar a fáscia muscular (área branca acima do rim) na imagem e alterar os níveis de cinza em relação a mediana da área selecionada.

A execução da normalização da imagem na aplicação desenvolvida consiste em clicar a opção “Abrir Imagem” do menu, onde é possível selecionar uma imagem no formato *.bmp* como mostra a Figura 5 abaixo.

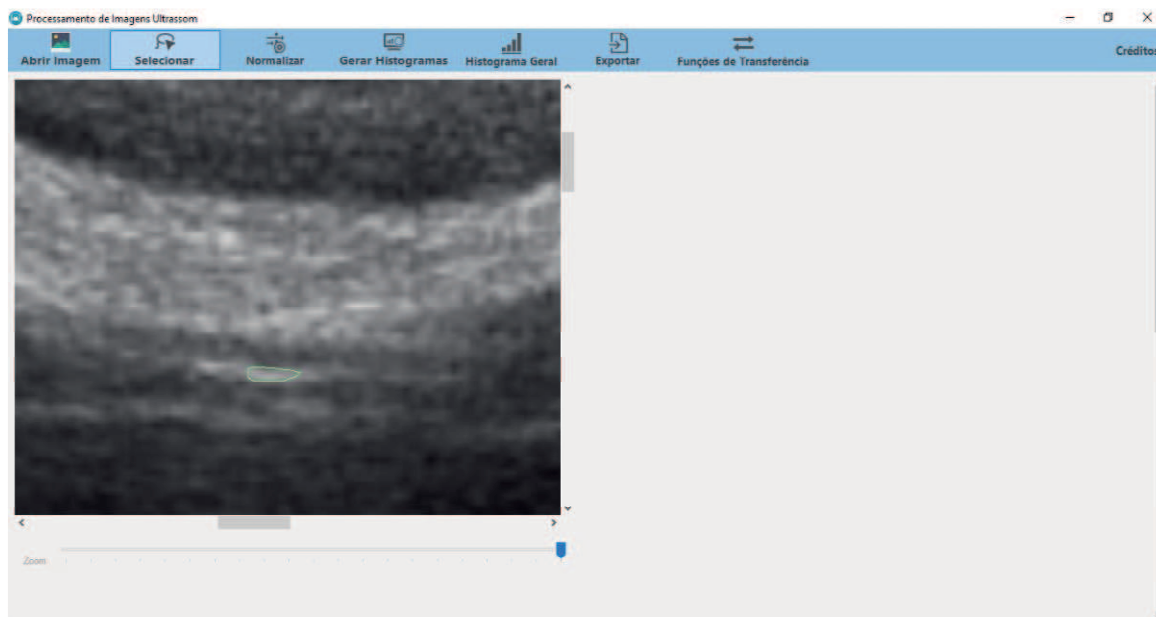
Figura 4 – Importando imagem.



Fonte: Próprio autor.

Após a escolha da imagem é necessário efetuar a segmentação da fáscia muscular, que deve ser feita manualmente. Para isso, é necessário clicar na opção “Selecionar” do menu e segmentar a imagem, além disso é recomendado dar zoom na imagem para uma melhor segmentação como mostra a Figura 6.

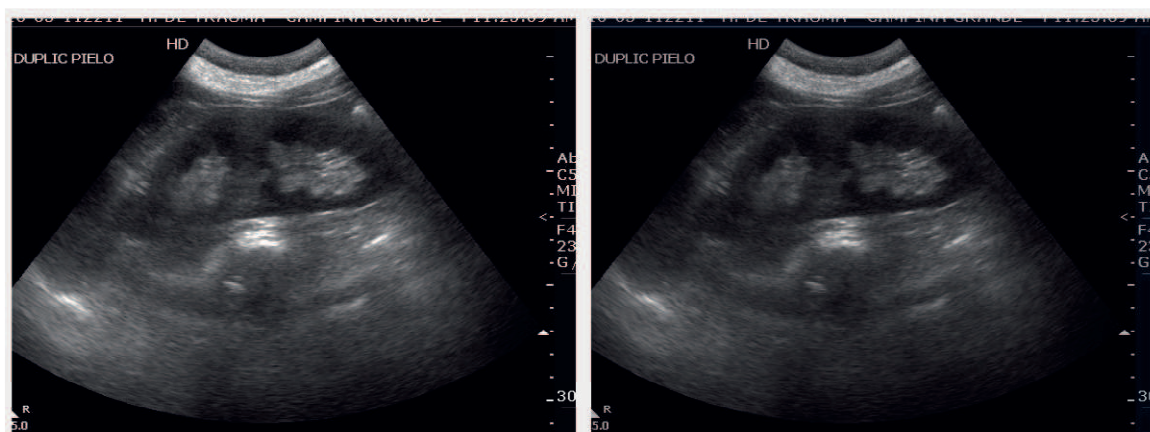
Figura 5 – Segmentando a fásia muscular.



Fonte: Próprio autor.

Com a fásia segmentada, a normalização pode ser realizada clicando na opção “Normalizar” do menu e como resultado, obterá a imagem normalizada automaticamente em relação a área selecionada da imagem. Após normalizada, pode-se observar algumas mudanças na escala de cinza na imagem.

Figura 6 – Comparação de imagem normalizada (à esquerda) e imagem normal (à direita).



Fonte: Próprio autor.

4.2.3. Histogramas e Pseudocolorização

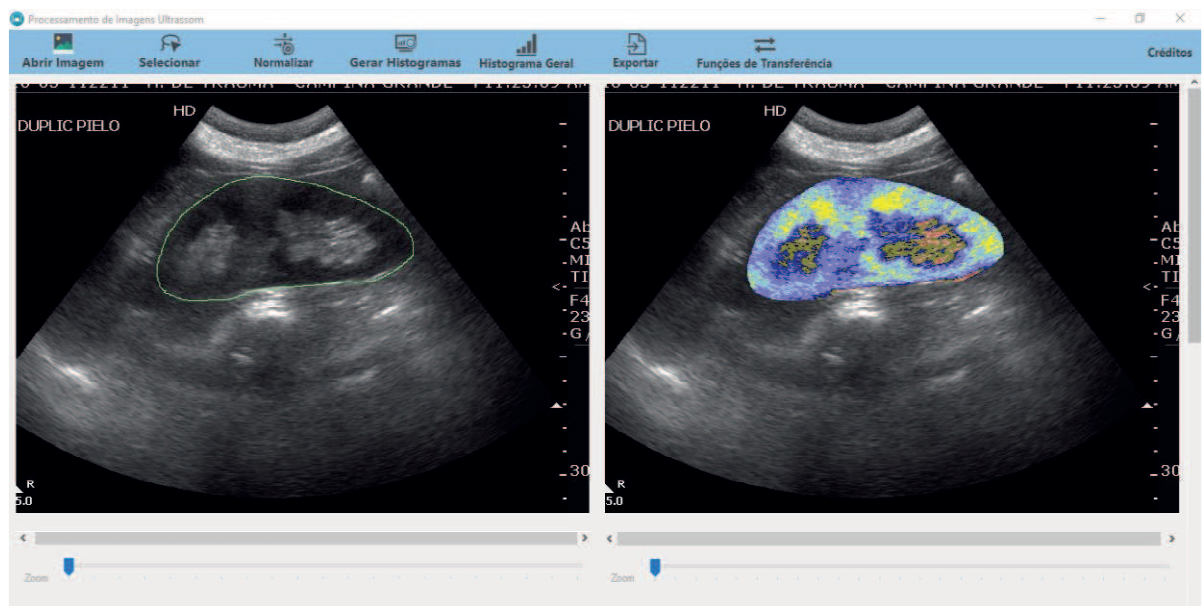
Após finalizada a normalização, torna-se possível analisar da imagem a partir dos dados exibidos em forma de: tabelas, histogramas e pseudocolorização da imagem.

Para obtenção destes dados, é necessário segmentar manualmente o rim na imagem e clicar na opção “Gerar Histogramas” no menu. Fazendo isso, apenas os dados da área selecionada serão considerados.

Dois histogramas são exibidos após o processamento. O primeiro é baseado na escala de cinza de 0 a 255, e o outro na classificação de 14 intervalos de tecidos predefinidos em que os intervalos representam a caracterização tecidual renal, conforme descrito na literatura (ENGELHORN, et al., 2012).

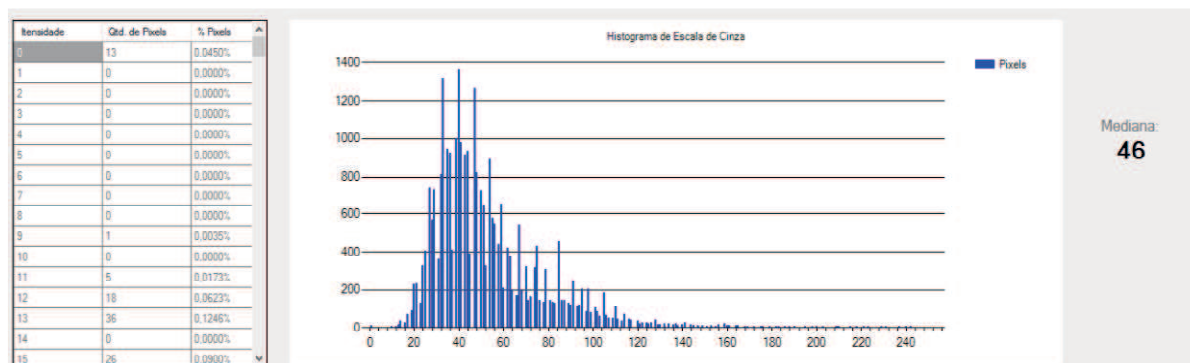
A pseudocolorização da imagem é baseada nesses 14 intervalos onde cada intervalo é representado por uma cor. Buscando facilitar a visualização e interpretação da imagem ultrassom.

Figura 7 – Imagem pseudocolorizada.



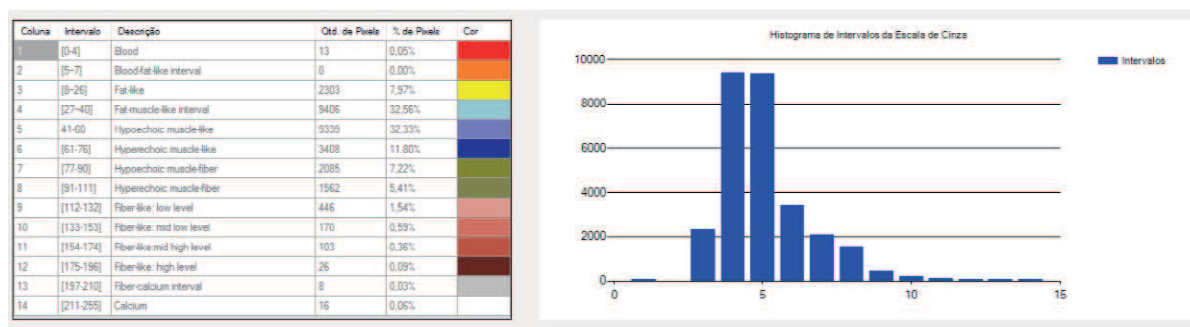
Fonte: Próprio autor.

Figura 8 – Histograma da escala de cinza [0-255] e mediana.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 – Histograma dos intervalos

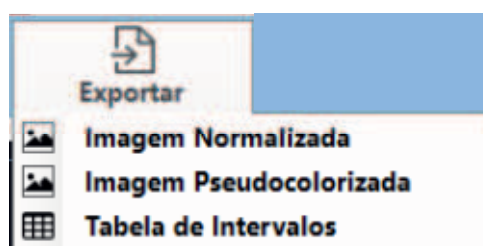


Fonte: Próprio autor.

4.2.4. Exportação de dados

O protótipo desenvolvido também permite a exportação da tabela de intervalos e imagens. Para isso basta clicar na opção “Exportar” no menu e escolher uma das opções, e salvar o arquivo desejado. As imagens são salvas no formato *.bmp*, enquanto a tabela é salva em *.xls*.

Figura 10 – Exportação de arquivos

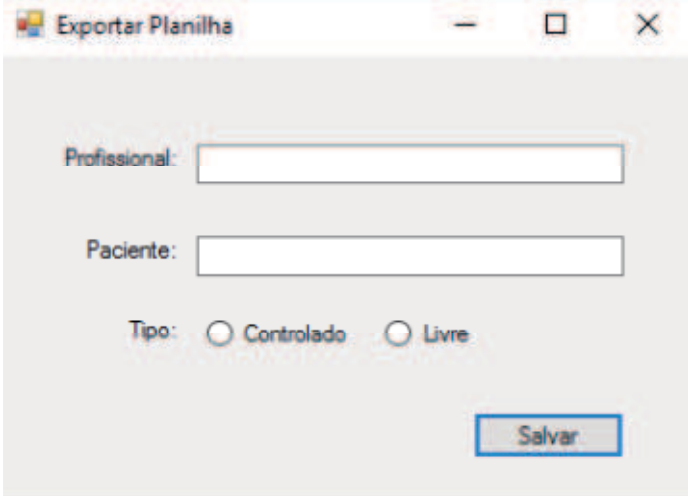


Fonte: Próprio autor.

4.2.4.1 Planilha Excel

Ao clicar em exportar tabela, aparecerá uma janela (Figura 12), onde podem ser inseridas informações que ajudarão na identificação do arquivo a ser analisado futuramente como: nome do profissional, nome do paciente, e o tipo de procedimento se foi controlado ou livre.

Figura 11 – Janela de informações de identificação



A imagem mostra uma janela de diálogo com o título "Exportar Planilha". No topo, há ícones para minimizar, maximizar e fechar. O conteúdo da janela inclui:

- Um campo de texto rotulado "Profissional:".
- Um campo de texto rotulado "Paciente:".
- Um grupo de opções rotulado "Tipo:" com dois botões de radio button: "Controlado" e "Livre".
- Um botão "Salvar" no canto inferior direito.

Fonte: Próprio autor.

Além das informações de identificação, também serão salvos na planilha Excel a tabela de intervalos pré-definidos e a mediana da imagem, como pode ser observada na Figura 13.

Figura 12 – Planilha Excel

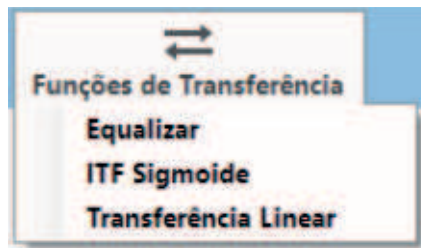
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Profissional	Paciente	Tipo	Mediana			Coluna	Intervalo	Descrição	Quantidade	Porcentagem	
Profissional A	Paciente X	Controlado	42								
							1 [0-4]	Blood	1	0,000142592	
							2 [5-7]	Blood-fat-like interval	0	0	
							3 [8-26]	Fat-like	749	0,106801654	
							4 [27-40]	Fat-muscle-like interval	3083	0,439612149	
							5 41-60	Hypochoic muscle-like	2029	0,289319835	
							6 [61-76]	Hyperechoic muscle-like	606	0,086410951	
							7 [77-90]	Hyperechoic muscle-fiber	191	0,027235135	
							8 [91-111]	Hyperechoic muscle-fiber	151	0,021531442	
							9 [112-132]	Fiber-like: low level	125	0,017824041	
							10 [133-153]	Fiber-like: mid low level	45	0,006416655	
							11 [154-174]	Fiber-like:mid high level	19	0,002709254	
							12 [175-196]	Fiber-like: high level	10	0,001425923	
							13 [197-210]	Fiber-calcium interval	1	0,000142592	
							14 [211-255]	Calcium	3	0,000427777	

Fonte: Próprio autor.

4.2.5. Funções de Transferência

Também estão disponíveis três funções de transferência que podem ser estudadas futuramente em imagens ultrassonográficas são eles: Equalização, ITF Sigmoid e Transferência Linear.

Figura 13 – Funções de transferência



Fonte: Próprio autor.

4.3. Funcionalidades

4.3.1. Importar Imagem

O processamento da imagem é realizado a partir da varredura de pixels em escala de cinza, logo foi necessário fazer uso de imagens que não sofrem compressão de dados, portanto o protótipo permite importação apenas de imagens no formato Bitmap (.bmp), que se resume a um mapa de pixels onde cada pixel é associado a um valor que representa uma cor em escala de cinza.

4.3.2. Normalização

A escala de cinza de uma imagem ultrassom pode ser manipulada pelo profissional, ou seja, ele pode realizar alguns comandos de sua preferência que alteram a visualização da imagem a deixando mais clara ou mais escura. Afim de se obter uma boa imagem alguns valores podem ser ajustados como: ganho de escala de cinza, ganho

com relação a profundidade, dynamics range e mapa de tons de cinza (SIQUEIRA, 2017 apud GOODSITT et al., 1998).

Dessa forma torna-se difícil a comparação de imagens de mesma estrutura quando realizadas por diferentes máquinas ou profissional. Siqueira (2017 apud ELARTROZY, 1998) dá ênfase à necessidade da normalização de forma que as imagens ultrassonográficas possam ser analisadas independente de sua configuração.

Engelhorn et al. (2012) sugere normalizar a imagem ultrassonográfica renal a partir de um ponto preto na imagem para estabelecer como o nível de tom de cinza 0, e a fâscia muscular como nível 200. Entretanto, Siqueira (2017) optou por normalizar a imagem utilizando somente um ponto de referência, a fâscia muscular, já que procurar um ponto preto na imagem seria um comando muito subjetivo. Portanto, utilizando a fâscia como ponto de referência, os níveis de cinza da imagem serão elevados caso a mediana da fâscia m seja menor que Vf , e reduzidos caso contrário. A fórmula utilizada para normalização da imagem está descrita na Figura 14, foi atribuído $Vf = 200$.

Figura 14: Fórmula de normalização com um ponto de referência.

$P = \left \frac{Vf - m}{m} \right $	<p>Legenda <i>P = porcentagem</i> <i>m = mediana da fâscia</i> <i>Vf = valor final da mediana desejado</i> <i>r = valor do pixel</i></p>
<p>Se $m \leq Vf$:</p> $f(r) = P * r + r$	
<p>Se $m > Vf$:</p> $f(r) = r - P * r$	

Fonte: Próprio autor

4.3.3. Intervalos de níveis de cinza e pseudocolorização

Foram definidos os intervalos de níveis de cinza conforme escrito na literatura de Engelhorn, et al. (2012) em que os 256 tons de cinza são calculados e classificados em intervalos que representam a caracterização tecidual renal. Os 14 intervalos foram nomeados pelo autor da seguinte forma: **anecoico** (0-4); **hipoecoico I** (5-7), **hipoecoico II** (8-26), **hipoecoico III** (27-40), **hipoecoico IV** (41-60); **ecoico I** (61-76), **ecoico II** (77-90), **ecoico III** (91-110) e **ecoico IV** (112-132); **hiperecoico I** (133-153),

hiperecoico II (154-174), **hiperecoico III** (175-196), **hiperecoico IV** (197-210) e **saturado** (211-255).

A pseudocolorização é feita a partir de cores selecionadas arbitrariamente para representar cada intervalo (ENGELHORN, et al., 2012). Com a pseudocolorização a visualização da informação é simplificada propiciando ao especialista mais clareza na análise da imagem ultrassonográfica.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo de software que permite a análise de imagens ultrassonográficas, o mesmo pode ser utilizado como uma ferramenta que possibilita um melhor acompanhamento pós-operatório na verificação de rejeição ou não do órgão, e auxilia ao profissional da saúde no diagnóstico de doenças renais.

A normalização da imagem ultrassonográfica é um elemento essencial, tendo em vista que diversos fatores podem resultar a alteração dos níveis de cinza. Dessa forma a normalização foi definida a partir de uma função de transferência a partir de um ponto de referência, permitindo que as imagens sejam analisadas e comparadas independentemente do especialista ou máquina.

A análise da imagem é realizada a partir da observação das informações exibidas por meio de histogramas, tabelas e pseudocolorização da imagem. A visualização dessas informações oferece ao profissional da saúde variáveis que possibilitarão uma melhor interpretação da imagem ultrassom. O protótipo também possibilita a exportação de imagens e planilhas Excel para uma análise posterior.

Como trabalhos futuros, é almejada a criação de novas versões do protótipo com o acréscimo de novas funcionalidades como por exemplo o diagnóstico por aprendizagem de máquina, leitura e exportação de outros formatos de arquivos, e melhorias na apresentação das informações na tela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTO. **Registro Brasileiro de Transplantes Estatística de Transplantes.**

Disponível em: <<http://www.abto.org.br/abtov03/default.aspx?mn=457&c=900&s=0>>.

Acesso em: 21 ago. 2017.

BEACH, K. W., PAUN, M. & PRIMOZICH, J. F. Principles and instruments of diagnostic ultrasound and doppler ultrasound. Em: **Noninvasive Vascular Diagnosis: a practical guide to therapy.** 2ª ed. London: Springer-Verlag, p. 27, 2007.

BOEHM, B.W., **A Spiral Model for Software Development and Enhancement.**

Computer, 1988.

ELATROZY, T. et al. The effect of B-mode ultrasonic image standardisation on the echodensity of symptomatic and asymptomatic carotid bifurcation plaques. **International Angiology**, England, v. 17, p.179-186, set. 1998.

ENGELHORN, A. L., ENGELHORN, C. A. & SALLES-CUNHA, S. X. Ultrasound Tissue Characterization of the Normal Kidney. **Ultrasound Quarterly**, Volume 28, Dezembro de 2012.

ENGELHORN, A. L., ENGELHORN, C. A. & SALLES-CUNHA, S. X. Initial Evaluation of Virtual Histology Ultrasonographic Techniques Applied to a Case of Renal Transplant. **The Journal for Vascular Ultrasound**, Volume 39, pp. 142-144, 2015.

GOODSITT, M. M. et al. **Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures.** Report of AAPM Ultrasound Task Group No. 1. Med. Phys., v. 25, n. 8, p. 1385–1406, 1998.

PORTAL BRASIL. Governo do Brasil. **Doença renal crônica atinge 10% da população mundial, 2015.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2015/03/doenca-renal-cronica-atinge-10-da-populacao-mundial>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

SALLES-CUNHA, S.X. **CATUS: Caracterização tecidual ultrassonográfica.** In: VI Congresso Brasileiro de Ecografia Vascular, Natal - RN, 28 de Agosto de 2014.

SIQUEIRA, G.L. **Caracterização Tecidual Ultrassonográfica Renal (CATUS):** Análise Histológica Virtual Renal Através dos Níveis de Cinza Obtidos pela Ultrassonografia. 2017. Qualificação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde – PPGCTS) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software.** 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

APÊNDICE A – REQUISITOS DO SISTEMA

DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO PROTÓTIPO

- **Requisitos Funcionais (RF)**

[RF 001] Segmentar manualmente

O sistema deve permitir que o usuário segmente a imagem manualmente.

[RF 002] Normalizar a imagem

O sistema deve normalizar a imagem utilizando uma função de transferência a partir da área segmentada

[RF 003] Executar funções de transferências

O sistema deve executar funções de transferências de níveis de cinza da imagem

[RF 004] Definir dos intervalos de tons de cinza

O sistema deve definir os intervalos de cinza a partir de valores de pixels da imagem

[RF 005] Exibir histogramas de escala de cinza

O sistema deve exibir histogramas de escala de cinza [0-255] e dos intervalos de tons de cinza.

[RF 006] Pseudopigmentar a imagem

O sistema deve exibir a imagem pseudopigmentada a partir dos intervalos de cinza.

[RF 007] Calcular mediana da imagem

O sistema deve calcular a mediana da área segmentada da imagem

[RF 008] Exportar arquivos

O sistema deve permitir a exportação de imagem e tabelas

- **Requisitos Não Funcionais (RNF)**

[RNF 001] Utilizar sistema operacional Windows 7 ou superior

É necessário executar o protótipo em um sistema operacional Windows 7 ou superior.

[RNF 002] Utilizar imagens sem compressão

É necessário utilizar apenas imagens sem compressão de dados.

APÊNDICE B – DIAGRAMA DE CASO DE USO

