Diego Armando Cardona Cárdenas

**Quantificação em Imagens de Tomografia por Coerência Óptica
Intravascular**

São Paulo

2013

Diego Armando Cardona Cárdenas

**Quantificação em Imagens de Tomografia por Coerência Óptica
Intravascular**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do
título de MESTRE em ciências.**

**Área de Concentração Engenharia
Biomédica.**

**Orientador: Prof. Titular.
Sérgio Shiguemi Furuie**

São Paulo

2013

Tese defendida e aprovada em 19/08/2013, pela comissão julgadora:

Prof. Dr. Sérgio Shiguemi Furuie
Escola Politécnica (EP)
Universidade de São Paulo – USP

Prof. Dr. Pedro Alves Lemos Neto.
Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo (InCor).

Prof. Dr. Fernando José Ribeiro Sales.
Universidade Federal do ABC (UFABC).

**Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica**

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de setembro de 2013.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Cardona Cardenas, Diego Armando

**Quantificação em imagens de tomografia por coerência
óptica intravascular / D.A. Cardona Cardenas. -- versão corr. --
São Paulo, 2013.
146 p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Telecomunica-
ções e Controle.**

**1. Processamento de imagens 2. Diagnóstico por imagem
3. Tomografia de coerência óptica I. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Telecomuni-
cações e Controle II. t.**

DEDICATÓRIA

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Sérgio Shiguemi Furuie** e ao meu colega **Matheus Cardoso Moraes** pela sua incansável ajuda e acessorias.

Ao LEB-USP (Laboratório Engenharia Biomédica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento), ao InCor (Instituto do Coração da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo) e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	15
1.2.	OBJETIVOS	20
1.3.	TEORIA.....	20
1.3.1.	FUZZY CONNECTEDNESS:	20
1.3.2.	COEFICIENTE DE BHATTACHARYYA:.....	21
1.3.3.	BHATTACHARYYA COMO FUNÇÃO DE AFINIDADE:	22
1.3.4.	SIMILARIDADE ESTRUTURAL (SSIM):.....	22
1.3.5.	SIMILARIDADE ESTRUTURAL COMO FUNÇÃO DE AFINIDADE:.....	23
2.	METODOLOGIA.....	25
2.1.	PRÉ-PROCESSAMENTO GERAL	25
2.2.	SEGMENTAÇÃO DE LÚMEN.....	28
2.2.1.	PRÉ-PROCESSAMENTO	30
2.2.1.1.	MUDANÇA DE INTENSIDADE.....	30
2.2.1.2.	FILTROS	31
2.2.2.	PROCESSAMENTO	31
2.2.3.	PÓS-PROCESSAMENTO	36
2.2.3.1.	TESTE DE “ <i>BRANCH OPENING</i> ”:.....	38
2.2.3.2.	IMAGEM SEM “ <i>BRANCH OPENING</i> ”:	39
2.2.3.3.	IMAGEM COM “ <i>BRANCH OPENING</i> ”:	40
2.3.	SEGMENTAÇÃO DO STENT	43
2.3.1.	PRÉ-PROCESSAMENTO	44
2.3.1.1.	REMOÇÃO DO REFLEXO DO CATETER.....	45
2.3.1.2.	GERAÇÃO DE IMAGENS COMPLEMENTARIAS	45
2.3.2.	PROCESSAMENTO	47
2.3.2.1.	CONVOLUÇÃO E BINARIZAÇÃO	47
2.3.2.2.	OPERAÇÕES DE SELEÇÃO	52
2.3.3.	PÓS-PROCESSAMENTO	56
2.3.3.1.	INTERPOLAÇÃO	56
2.3.3.2.	OPERAÇÕES MORFOLÓGICAS	56
3.	RESULTADOS.....	58
3.1.	AVALIAÇÃO	58
3.1.1.	AVALIAÇÃO SEGMENTAÇÃO DO LÚMEN	58
3.1.2.	AVALIAÇÃO SEGMENTAÇÃO DO STENT	60

4. DISCUSSÃO	61
5. CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
6. APÊNDICE	68
APÊNDICE A	68
DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA AFINIDADE BHATTACHARYYA E RAO DE VIZINHANÇA PARA FUZZY CONNECTEDNESS	68
APÊNDICE B.....	77
GERAÇÃO DO MELHOR PORCENTAGEM DE OTSU PARA DEFINIR LIMAR DE BINARIZAÇÃO	77
APÊNDICE C.....	142
RESULTADOS SEGMENTAÇÃO DO LÚMEN.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Aterosclerose [NHLBI]	15
Figura 1-2 Imagem característica de IOCT	17
Figura 1-3 Esquema OCT com um interferômetro de Michelson (Brezinski (2006))	17
Figura 1-4 (a) imagem característica de IOCT. (b), (c), (d) e (e) Ilustração do kernel circular local em diferentes posições, e seus respectivos histogramas.	22
Figura 2-1 (a) <i>Ioriginal</i> é a imagem padrão de IOCT. (b) <i>Inormalizada</i> é a imagem normalizada em tamanho e intensidade. (c) <i>Isem características</i> é a imagem sem características não desejadas de <i>Inormalizada</i>	26
Figura 2-2 Imagem Tradicional de IOCT.	26
Figura 2-3 (a) <i>Ioriginal</i> é a imagem padrão de IOCT. (b) <i>Icortada e normalizada</i> é o Corte e Normalização da <i>Ioriginal</i> em intensidade. (c) <i>Inormalizada 400x400</i> é a normalização em tamanho de <i>Icortada e normalizada</i>	27
Figura 2-4 atenuação de características não desejadas da imagem de IOCT	28
Figura 2-5 Resumo do processo de segmentação do lúmen	29
Figura 2-6 Mudança de intensidade para ressaltar bordas.	30
Figura 2-7 Resumo do Pré-processamento.	31
Figura 2-8 (a) <i>Inormalizada</i> é a imagem pré-processada sem filtros e sem modificação da intensidade. (b) <i>Iconectividade_{w1 e w2 iguais}</i> é a imagem de valores de conectividade para pesos w_1 e w_2 iguais. (c) <i>Iconectividade_{dinâmicos}</i> é a imagem de valores de conectividade para pesos dinâmicos. (d) <i>Iconectividade_{Bhattacharyya}</i> é a imagem de valores de conectividades Bhattacharyya. (e) <i>Iconectividade_{SSIM}</i> é a imagem de valores de conectividades SSIM'.	33
Figura 2-9 Esquema de como definir o melhor limiar para a binarização após da aplicação do fuzzy connectedness. Exemplo em uma das imagens tomadas para o estudo. (a) <i>ICont_aumentado</i> é a imagem pré-processada sem filtros e com modificação da intensidade por histograma. (b) <i>ICusto_Conectividade</i> é a imagem de valores de conectividades. (c) <i>IBinarizadas</i> é o conjunto de imagens binarizadas com valores que variam entre $t=0.75 \cdot Otsu$ e $t=1.35 \cdot Otsu$. (d) Gráfica que relaciona a função distância VS t . Polinômio de aproximação com grau 4 da gráfica e sinalização do ponto que minimiza o polinômio.	34
Figura 2-10 (a) <i>Inormalizada</i> é a imagem pré-processada. (b) <i>IConectividadeOri_M5_N</i> é a imagem de valores de conectividade para pesos w_1 e w_2 iguais. (c) <i>IBinarizadaOri_M5_N</i> é a imagem binarizada para pesos w_1 e w_2 iguais. (d) <i>IConectividadeOri_M5_PD</i> é a imagem de valores de conectividade para pesos dinâmicos. (e) <i>IBinarizadaOri_M5_PD</i> é a imagem binarizada para pesos dinâmicos. (f) <i>IConectividadeOri_M5_B</i> é a imagem de valores de conectividades Bhattacharyya.	

(g) <i>IBinarizadaOri_M5_B</i> é a imagem binarizada para Bhattacharyya. (h) <i>IBinarizadaOri_M5_S</i> é a imagem de valores de conectividades SSIM. (g) <i>IBinarizadaSSIM</i> é a imagem binarizada para SSIM.....	37
Figura 2-11 (a) Imagem de IOCT sem “Branch Opening”. (b) Imagem binarizada para pesos iguais sem “Branch Opening”. (c) Imagem de IOCT com “Branch Opening”. (d) Imagem binarizada para pesos iguais com “Branch Opening”.....	38
Figura 2-12 (a) <i>IOri_ISF93</i> é a imagem pré-processada com a utilização do filtro ISF com filtros medianas que utilizam elementos estruturantes circulares de raio 9 e 3 respectivamente. (b) <i>IConektividadeOri_ISF93_B</i> é a imagem de valores de conectividade Bhattacharyya. (c) <i>IBinarizadaOri_ISF93_B</i> é a imagem binarizada para Bhattacharyya. (d) <i>Ifechada_5</i> é a imagem saída após de fechar <i>IBinarizadaBhattacharyya</i> com um elemento estruturante de raio 5. (e) <i>Ifill</i> é a imagem fechada preenchida. (f) <i>Ifinal</i> é a imagem final após do fechamento da imagem preenchida com kernel de raio dinâmico <i>R_{din}</i>	39
Figura 2-13 (a) <i>IModOtsu_SemFiltro</i> é a imagem normalizada pré-processada com Mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana.(b) <i>IConektividadeModOtsu_SemFiltro_N</i> é a imagem de valores de conectividade Pesos Iguais. (c) <i>IBinarizadaModOtsu_SemFiltro_N</i> é a imagem binarizada Pesos Iguais apresentando “Branch Opening”. (d) <i>Ifechada_5</i> é a imagem saída após de fechar <i>IBinarizadaModOtsu_SemFiltro_N</i> com um elemento estruturante de raio 5. (e) <i>IP_invertida</i> é a imagem <i>Ifechada_5</i> transformada a polar e invertida. (f) <i>IP_fec(9) – Aberta(12)</i> é imagem <i>IP_invertida</i> após do fechamento com kernel de raio <i>R=9</i> e uma abertura com kernel de raio <i>R=12</i> . (g) <i>IP_preenchida</i> é a imagem <i>IP_fec(9) – Aberta(12)</i> preenchida descendentemente. (h) <i>IP_interpolada</i> é a imagem <i>IP_preenchida</i> após interpolação. (i) <i>IC_invertida</i> é a imagem <i>IP_interpolada</i> transformada para cartesiana e invertida. (j) <i>Ifinal</i> é a imagem final após do fechamento da imagem <i>IC_invertida</i> com kernel de raio dinâmico <i>R_{din}</i>	42
Figura 2-14 Resumo do processo de segmentação do stent	43
Figura 2-15 (a) <i>Inormalizada</i> é a saída do Pré-processamento Geral. (b) <i>ISem cateter</i> é a imagem após remoção do cateter de <i>Inormalizada</i> . (c) <i>IPared</i> é representação dos pixels com maior intensidade após mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana (Pré-processamento Lúmen). (d) <i>Imod_otсу</i> é a imagem de saída após aplicar mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana. (e) <i>ILúmen_Bin</i> é lúmen segmentado por meio de fuzzy connectedness com afinidade Bhattacharyya. (f) <i>ISem_Lúmen</i> é a imagem que representa a subtração do lúmen de <i>ISem cateter</i> . (g) <i>PSem_lúmen</i> , (i) <i>PSem cateter</i> e (h) <i>PPared</i> são as representações em coordenadas polares de <i>ISem_Lúmen</i> , <i>ISem cateter</i> e <i>IPared</i> respectivamente.	44

Figura 2-16 (a) Inormalizada é a saída do Pré-processamento Geral. (b) Pnormalizada é a imagem Inormalizada em coordenadas polares. (c) Pnormalizada_25% é a imagem que representa a área de busca do reflexo do cateter. (d) Pderivada_25% é a derivada vertical de Pnormalizada_25%. (e) ISem cateter é a imagem resultante sem o cateter de Inormalizada.....	46
Figura 2-17 (a)(b) e (c) Imagens auxiliares PSem cateter, PPared e PSem_lúmen respectivamente. (d) Ppre – Stent é a imagem de saída com as informações do stent e ruídos. (e) PStent é a imagem de saída com os stents selecionados.	47
Figura 2-18 (a)(b)(c) imagens complementares. (d)(e)(f)(g)(h) Imagens de saída das diferentes operações de convolução com kernels de valores e tamanhos diferentes e posterior binarização. (j) imagem de saída com informações do stent e ruídos.	48
Figura 2-19 (a) e (b) Imagens normalizadas, saídas do pré-processamento geral, apresentando stents com diferente aparência e diferente distância do Lúmen. (c) e (d) Imagens complementares das imagens normalizadas. (e) e (f) Imagens de saída da primeira convolução com um kernel KS5x5. (g) e (h) Imagens de saída da segunda convolução com um kernel KS5x5. (i) e (j) Inversão das Imagens de saída da segunda convolução para ressaltar o centro das estruturas que geram as bordas. (k) e (l) Imagens de saída após binarização da segunda convolução.....	50
Figura 2-20 (a) imagem auxiliar PPared. (b) Imagem auxiliar PSem cateter. (c) PPared * K1 é a imagem de saída após convolução de PPared com o kernel K1. (d) PSem_cateter * K1 é a imagem de saída após convolução de PSem cateter com o kernel K1. (e) PK1 é a imagem resultado da operação PSemcateter * K1 + Ppared * K1. (f) P_binK1 é a saída da binarização da imagem PK1.	51
Figura 2-21 Resultados de cada filtro aplicado para seleção da informação pertencente ao stent	52
Figura 2-22 Filtro de informação por tamanho (a) Ppre – Stent imagem com informação advinda do grupo de convoluções nas imagens complementares. (b) PFiltro – Tamanho é a imagem após filtro.....	53
Figura 2-23 geração da imagem auxiliar PBordas que contém as bordas do lúmen e as que se dão pela atenuação da luz no tecido.	54
Figura 2-24 Filtro de atenuação por distância com respeito as bordas do lúmen e as bordas produzidas pela atenuação de luz	55
Figura 2-25 Filtro de atenuação por distância com respeito as bordas do lúmen.....	55
Figura 2-26 Esquema de interpolação.....	57
Figura 2-27 Pós-processamento do Stent.....	57
Figura 3-1 Esquema gráfico das Métricas “Verdadeiro Positivo” VP, “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN.....	59

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2-1 Valores que devem ser multiplicados ao limiar de Otsu para definir o limiar da binarização nas imagens obtidas por fuzzy connectedness, conforme o tipo de filtro (sem filtro; mediana; Wiener; ISF) e às condições de cada filtro (ver texto).....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 2-2 Resumo de Operações Morfológicas.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 2-3 Resumo Primeira função de convolução</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 3-1 Resultados da acurácia para a segmentação do Lúmen</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 3-2 Resultados da acurácia para a segmentação do stent</i>	<i>60</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CVD	Doenças cardiovasculares
FC	Fuzzy Connectedness (Conectividade Fuzzy).
FP	Falso Positivo.
Fuzzy	Significa: vago, subjetivo, impreciso, incerto.
InCor	Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
IOCT	Tomografia por Coerência Óptica Intravascular
NHLBI	National Heart Lung and Blood institute.
Pixel	Picture element (elemento de imagem).
Spel	Spacial element (elemento espacial, pode ser um píxel ou um voxel 3D).
VP	Verdadeiro Positivo.
WHO	Organização Mundial da Saúde

RESUMO

Em 2010, doenças cardiovasculares (CVD) causaram 33% do total das mortes no Brasil. O acúmulo de placas lipídicas, calcificadas e/ou fibrosas em vasos sanguíneos é chamado aterosclerose e é uma das principais causas da maioria das internações por doenças coronárias. A implantação de stent é um dos métodos mais comuns para o tratamento de pacientes com obstrução nas coronárias, mas este pode desencadear um crescimento de uma nova íntima e causar novamente o estreitamento do vaso, resultando em problemas de irrigação do coração. Alternativas como Tomografia por Coerência Óptica Intravascular (IOCT) oferecem imagens in vivo para detecção e monitoramento da progressão de CVDs. Adicionalmente, métodos computacionais aplicados a imagens IOCT podem fornecer dados objetivos de estruturas como áreas, perímetros, etc., permitindo mais precisão no diagnóstico. Contudo, ainda é pequena a variedade de métodos quantitativos aplicados a IOCT na literatura, em comparação a outras modalidades relacionadas. Neste trabalho é proposto um método para quantificação da neoíntima após a implantação de stent, fornecendo assim informações para possíveis tratamentos. Para isto são utilizadas imagens reais de IOCT de diferentes fontes: humanos, porcos e coelhos, adquiridas em diferentes períodos após a implantação do stent. Primeiro, é segmentada a parede do vaso (Lúmen), por meio da utilização de modulação de intensidade, filtragem, Fuzzy connectedness e binarização por limiar, seguida de um teste de “*Branch Opening*” e um conjunto de operações morfológicas. Segundo, o stent é identificado e segmentado, utilizando características extraídas de derivadas gerando imagens auxiliares à imagem de IOCT seguido pelo emprego de operações de seleção dos possíveis pontos pertencentes ao Stent. Tendo o lúmen e o stent segmentados, a área correspondente à neointima pode ser calculada, executando esse procedimento em imagens do mesmo local adquiridas em períodos diferentes. Assim pode ser feita a quantificação do crescimento de tecido. Para a avaliação do método, é comparada a área segmentada do lúmen e do stent, com os métodos propostos, com a área segmentada manualmente por especialistas (“*Gold Standard*”).

PALAVRAS-CHAVE:

Ateroscleroses. Reestenose. Neointima. Tomografia Ótica Coerente Intravascular (IOCT). Segmentação.

ABSTRACT

In 2010, cardiovascular disease (CVD) caused 33% of the total deaths in Brazil. The accumulation of lipidic, calcified and fibrous plaque, in the vessel wall is called atherosclerosis, and it is the main reason of most admissions in hospitals due to coronary heart disease. The stent implantation is one of the most common methods for coronary obstruction treatment, but this can trigger a neo-intima restenosis, and cause again narrowing of the vessel wall, resulting again in heart-irrigation problems. Modalities such as Intravascular Optical Coherent Tomography (IOCT) can be important for this kind of investigations, because it provides coronary in vivo for detecting and monitoring the progression of CVDs.

Additionally, computational methods applied to IOCT images, can render objective structure information, such as areas, perimeters, etc., allowing for more accurate diagnosis. However, the variety of methods in the literature applied in IOCT is still small compared to other related modalities. Therefore, we propose a method for neo-intima restenosis quantification after stent implantation, thereby providing information to potential treatments. Consequently, we used real IOCT images from different sources: humans, pigs, and rabbits, acquired in different periods after stent implantation. First, the lumen is segmented by using intensity modulation and filtering, next fuzzy connectedness and thresholding is carried out, followed by a "Branch Opening" test and a set of morphological operations. Second, the stent is identified and segmented using extracted features by derivative operations, generating auxiliary images to the IOCT. Finally, a set of operations to identify and to select possible points which belong to Stent is performed. Having the lumen and stent segmented the area corresponding to the neo-intima can be calculated. By performing the same procedure in images acquired from the same location at different times, the ratio of the neointima growing can be computed. The evaluation is carried out by comparing the segmented new intima area between the proposed and manual method executed by specialist (Gold Standard).

Keywords:

Atherosclerosis. Restenosis. Neointima. Optical Coherent Tomography Intravascular (IOCT). Segmentation.

1. Introdução

1.1. Introdução e justificativa

De acordo com a organização mundial da saúde (WHO), estima-se que no ano 2008 mais de 17 milhões de pessoas morreram por doenças cardiovasculares (CVD), e cerca de 80% dessas mortes ocorreram em países de baixa ou média renda (WHO (2011a)). No Brasil, as mortes por CVD em 2010 corresponderam a 33% das mortes (WHO (2011b)).

O acúmulo de placas calcificadas, lipídicas e fibrosas, em vasos sanguíneos é chamado aterosclerose (Figura 1-1) e é uma das principais causas da maioria das internações por doenças coronarianas (Meng et al. (2007)).

Figura 1-1 Aterosclerose [NHLBI]

A aterosclerose pode causar o estreitamento das artérias, dificultando a irrigação sanguínea das áreas afetadas, podendo levar a trombozes, acidentes vasculares cerebrais, infarto do miocárdio, ou morte cardíaca

súbita (Barajas et al. (2007), Pollock e Wilmore (1993)). Alguns fatores de risco desta doença são, por exemplo, sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo ou histórico familiar de doenças cardíacas. No entanto, algumas pessoas com aterosclerose não apresentam sinais ou sintomas, e as causas da doença não são sempre conhecidas (Pollock e Wilmore (1993)).

A implantação de stent é o método mais comum para tratar pacientes com obstrução nas coronárias (Souza et al. (2004)). Contudo, esta intervenção pode causar traumatismo na parede do vaso, desencadeando uma reestenose, que pode ser definida como o crescimento de uma nova íntima (parte interna da parede do vaso) pela migração de células musculares lisas da camada média para a íntima, com a posterior multiplicação destas células (Costa e Fagundes (2002)). O contínuo crescimento da íntima (neointima) pode causar redução do canal sanguíneo (Lúmen) desencadeando novamente problemas de irrigação do coração. Assim, é importante a criação de tecnologias que possam auxiliar os profissionais da saúde no acompanhamento da obstrução das coronárias, resultando em melhores diagnósticos.

Algumas tecnologias de geração de imagens oferecem alternativas para a detecção in vivo e monitoramento da progressão das doenças coronárias (Meng et al. (2007)). A Tomografia Intravascular por Coerência Ótica (IOCT) é uma nova técnica de imagem médica que vem ganhando importância. Ela se baseia na intensidade das reflexões retro-espalhadas de luz infravermelha para gerar imagens tomográficas (Figura 1-2) em tempo real (Unal et al. (2010)). Apesar da luz infravermelha possuir baixa penetração através do sangue e dos tecidos (Puri et al. (2011)), o IOCT possui uma resolução de 10 μm , a qual é muito melhor quando comparada com a resolução do Ultrassom intravascular (IVUS) que possui resoluções de 100-150 μm (Bouma et al. (2003)), permitindo detectar e caracterizar melhor a composição da placa aterosclerótica (Rieber et al. (2011)).

O princípio básico da geração de imagens IOCT pode ser visto na Figura 1-3. A partir de um interferômetro de Michelson, uma fonte de luz infravermelha é transmitida por meio de um divisor ótico, o qual gera um feixe de referência refletido por um espelho e um feixe de amostra refletido de acordo com a dispersão das diferentes camadas dos tecidos (Rubinstein et al. (2009)). Os feixes refletidos são comparados e se os dois concordam no tempo, é gerado o fenômeno de interferência capturado pelo detector.

Como a distância do espelho é conhecida, é possível determinar a distância das camadas dos tecidos pelo fenômeno de interferência. As diferentes distâncias obtidas são dispostas graficamente, tendo assim uma imagem em sentido axial (A-scan). A contínua geração de A-scans e um alinhamento adequado permite gerar uma imagem bidimensional (tomográfica) (Griñó et al. (2008)).

Figura 1-2 Imagem característica de IOCT

Figura 1-3 Esquema OCT com um interferômetro de Michelson (Brezinski (2006))

Nos equipamentos atuais de IOCT, as imagens são adquiridas através da introdução de um cateter na artéria coronária, seguido por um movimento de retirada. Enquanto removido do vaso, o cateter executa movimentos de rotação emitindo luz radialmente ao tecido vascular, obtendo assim um fluxo contínuo de informações. No entanto, para que informações mais precisas e objetivas a respeito dos vasos, do acompanhamento das doenças e do crescimento de tecido após implantação de stent possam ser extraídas, é necessário a criação de métodos de quantificação, os quais se baseiam na segmentação dessas imagens.

A segmentação de imagens é um processo pelo qual uma imagem é particionada em regiões distintas para identificar e delimitar objetos (Udupa et al. (2006)). A segmentação pode ser feita com uma ampla quantidade de métodos, mas a escolha do método depende das características da imagem e do problema a ser resolvido (Dougherty (2009)). As técnicas de segmentações podem ser feitas em 3 diferentes maneiras:

- Manualmente: Um operador faz o delineamento manual das regiões de interesse.
- Semi-automaticamente: Um operador demarca alguns pontos (sementes) ou faz um contorno aproximado na área de interesse e um algoritmo finaliza a segmentação, ou o algoritmo inicializa a segmentação e o operador a ajusta.
- Automaticamente: Um software faz todo o trabalho de segmentação, o operador ou médico só tem o trabalho de indicar as imagens a ser segmentadas.

Atualmente, alguns enfoques para a segmentação do Lúmen em imagens de IOCT, usando diferentes técnicas, foram propostos na literatura. No trabalho de Tung et al. (2011), os autores fazem a segmentação do lúmen da coronária utilizando uma combinação de um algoritmo de maximização de expectativa (Dempster et al. (1977)), um algoritmo Graph Cuts (Boykov e Jolly (2001)) e contornos ativos (Kass et al. (1988)). No método proposto por Gurmeric et al. (2009), os pesquisadores utilizam contornos ativos que se propagam satisfazendo um modelo descrito por uma equação diferencial ordinária (EDO), com a finalidade de obter uma ótima solução. Dubuisson et al. (2009) propõem um método no qual combina binarização por Otsu (Otsu (1979)), segmentação morfológica e contornos

ativos. Na técnica proposta por Sihan et al. (2008), é empregado um pré-processamento com o filtro gaussiano e operações morfológicas para retirar o lúmen, um filtro de Canny (Canny (1986)) para detectar bordas e um filtro baseado em *threshold* para retirar as bordas que não pertencem ao lúmen. No artigo de Tsantis et al. (2012), é aplicado um processamento com a transformada de Hough e um modelo de Campos Aleatórios de Markov (Besaj (1986)) para obter o lúmen em artéria femoral.

Alguns dos trabalhos apresentados anteriormente também proporcionaram uma abordagem para a detecção do stent. Dubuisson et al. (2009) propõem a utilização de coordenadas polares da imagem de IOCT para a detecção do máximo gradiente radial e a utilização de um modelo que simule a rigidez do stent, com a finalidade de encontrar stents que não gerem sombra. Na técnica proposta por Tsantis et al. (2012), é empregado um grupo de *wavelets* para extração de características e um esquema de classificação para otimizar a detecção do stent. Gurmeric et al. (2009), propõem utilizar contornos ativos que se propagam a partir da informação do contorno do lúmen, procurando as sombras geradas pelos stent, até atingir uma solução ótima. Outros enfoques como o proposto por Ughi et al. (2011) expõe a segmentação do stent a partir de informações extraídas de perfis de intensidade em cada coluna da imagem de IOCT em coordenadas polares. Wang et al. (2012) utilizam, em coordenadas polares, os pixels com maior intensidade em cada linha para posteriormente classificá-los como pertencentes ou não ao stent. Han et al. (2013) utilizam um esquema parecido aos dois últimos, utilizando propriedades do stent em cada linha, como a intensidade e a possível sombra gerada para selecionar candidatos, e se diferencia dos últimos métodos ao eliminar falsos positivos usando a distância dos candidatos com o lúmen segmentado.

Apesar dos esforços, a segmentação da Coronária e o stent ainda é um problema, pois manualmente torna-se uma tarefa cansativa e demorada, e por ser uma modalidade nova em relação ao IVUS, muitas técnicas que apresentam excelentes desempenhos em outras modalidades ainda não foram investigadas para IOCT. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver métodos de segmentação do lúmen e stent para quantificar o crescimento de neointima pós stent.

1.2. Objetivos

- Criar um método de segmentação e comparar quantitativamente o lúmen da artéria coronária em imagens obtidas por IOCT por meio da combinação de duas técnicas: Fuzzy Connectedness (Udupa et al. (1996)), com múltiplas relações de afinidade, e Reconstrução morfológica binária (Moraes e Furuie (2011)).
- Desenvolver um método de segmentação do stent na coronária em imagens obtidas por IOCT.
- Investigar métodos para quantificação do crescimento da área da neointima segmentada.

1.3. Teoria

Para entender a metodologia proposta, se fazem necessários alguns conhecimentos básicos sobre as técnicas usadas neste trabalho. Assim, vamos apresentar a teoria básica sobre fuzzy connectedness, implementada na segmentação do lúmen, e algumas relações de afinidade para fuzzy que serão propostas.

1.3.1. Fuzzy Connectedness:

Fuzzy Connectedness (Udupa et al. (1996)) é um método de segmentação semi-automático, baseado em crescimento por regiões. O crescimento vai depender das características entre os pixels semente e os pixels da imagem, ou seja, a partir das sementes o algoritmo começa a relacionar quais pixels pertencem ao objeto. Essa relação é quantificada com valores entre 0 e 1, indicando o grau de pertinência do pixel, quanto mais perto de 1, maior a possibilidade de o pixel ser parte do objeto (Souza (2010)).

Fuzzy connectedness tem relações locais e globais para estabelecer o grau de pertinência dos pixels. A primeira é chamada relação de afinidade e associa a cada par de pixels (c,d) um valor entre 0 e 1, onde esse valor indica a similaridade entre 2 pixels. Na versão original da técnica, introduzida por Udupa et al. (1996), os autores propõem essa relação como uma combinação de relações locais de proximidade, similaridade e homogeneidade, mas estabelece que mais relações de afinidade podem ser propostas. A afinidade pode ser definida como (Udupa et al. (1996)):

$$\mu_k(c, d) = \mu_\alpha(c, d) [w_1 * \mu_\psi(c, d) + w_2 * \mu_\phi(c, d)] \quad , (1)$$

na qual w_1 e w_2 são pesos que satisfazem

$$w_1 + w_2 = 1 \quad , (2)$$

e μ_α , μ_ψ e μ_ϕ são medidas de adjacência, homogeneidade e intensidade, respectivamente (Udupa et al. (1996)), obtidas por:

$$\mu_\alpha(c, d) = \begin{cases} 1, & \text{se } \sqrt{\sum_i (c_i - d_i)^2} \leq 1 \\ 0, & \text{em outro caso} \end{cases} \quad , (3)$$

$$\mu_\psi(c, d) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|f(c) - f(d)| - m_1}{s_1} \right)^2} \quad , (4)$$

$$\mu_\phi(c, d) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{(0.5 * f(c) + f(d)) - m_2}{s_2} \right)^2} \quad , (5)$$

onde m_1 e s_1 são a média e o desvio padrão das homogeneidades locais dos objetos e m_2 e s_2 são a média e o desvio padrão de intensidades dos objetos.

A relação global é chamada de conectividade. Ela é baseada no caminho mais forte entre 2 pixels (maximização) e a força do caminho é medida como a menor afinidade encontrada em um caminho (Souza (2010)). Esta relação é dada por:

$$\mu_K = \max_p \left(\min_{1 < i < N_p} (\mu_k(s_{i-1}, s_i)) \right) \quad , (6)$$

para N_p sendo o número de pixels entre 'c' e 'd', e s_i e s_{i-1} sendo vizinhos para um determinado caminho p . A saída do algoritmo é uma imagem de custos de conectividade que deve ser binarizada a partir de um limiar, e assim obter o objeto segmentado (Souza (2010)).

Devido ao método de fuzzy connectedness estabelecer que mais relações de afinidade podem ser propostas, neste trabalho vamos expor, além das relações "clássicas", outras baseadas em relações utilizadas para *speckle tracking* e caracterização de qualidade de imagens.

1.3.2. Coeficiente de Bhattacharyya:

O coeficiente de Bhattacharyya é uma medida estatística de afinidade que mede a divergência de duas populações correlatas normais com os mesmos conjuntos de variâncias e covariâncias (Bhattacharyya (1943)). Ele é uma medida geométrica e fornece o cosseno entre dois vetores n-dimensionais. Quanto mais próximo o coeficiente for de 1, mais similares são os vetores.

Sejam 2 populações S e P com elementos pertencentes a N classes com probabilidades associadas $s(i=1), \dots, s(i=N)$ e $p(i=1), \dots, p(i=N)$, respectivamente.

Dado que $s(i)$ e $p(i)$ representam probabilidade $\sum_i^N s_i = \sum_i^N p_i = 1$, o coeficiente de Bhattacharyya pode ser definido por (Aherne et al. (1998)):

$$\rho(S, P) = \sum_{i=1}^N \sqrt{s_i \cdot p_i} \quad . \quad (7)$$

1.3.3. Bhattacharyya como Função de Afinidade:

A função de afinidade Bhattacharyya é definida para um par de pixels (c, d) como:

$$\mu_k(c, d, s) = \frac{1}{2} [\rho(h_s, h_c) + \rho(h_s, h_d)] \quad , \quad (8)$$

onde h_s , h_c e h_d são os histogramas ponderados e normalizados do pixel semente s e dos pixels c e d respectivamente, considerando suas vizinhanças. Para obter os histogramas é necessário estabelecer um kernel circular de raio R_k , onde cada valor estará ponderado com respeito a uma função de distância entre uma posição p , dentro do kernel, e o centro c (Figura 1-4 (b), (c), (d), (e)).

Figura 1-4 (a) imagem característica de IOCT. (b), (c), (d) e (e) Ilustração do kernel circular local em diferentes posições, e seus respectivos histogramas.

1.3.4. Similaridade Estrutural (SSIM):

A similaridade estrutural (Wang et al. (2004)) é uma métrica que mede a semelhança de uma imagem em relação a outra, mensurada dentro do intervalo $[-1, 1]$. Ela é baseada em três fatores: luminosidade, contraste e estrutura dos objetos dentro das imagens. Esta métrica pode ser definida como:

$$SSIM(I_x, I_y) = [L(I_x, I_y)]^\alpha [C(I_x, I_y)]^\beta [S(I_x, I_y)]^\gamma \quad , \quad (10)$$

onde α , β e γ são índices de ponderação e $L(I_x, I_y)$, $C(I_x, I_y)$ e $S(I_x, I_y)$ são as funções que avaliam a luminosidade, o contraste e a estrutura respectivamente. Estas funções são dadas por:

$$L(I_x, I_y) = \frac{2m_x m_y + C_1}{m_x^2 + m_y^2 + C_1}, \quad (11)$$

$$C(I_x, I_y) = \frac{2\sigma_x \sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2}, \quad (12)$$

$$S(I_x, I_y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x \sigma_y + C_3}, \quad (13)$$

com C_1 , C_2 e C_3 sendo constantes pequenas (Wang et al. (2004)) evitando assim a divisão por zero em zonas homogêneas, m_x e m_y são as médias ponderadas das imagens I_x e I_y respectivamente, σ_x e σ_y os desvios padrões ponderados das imagens I_x e I_y e σ_{xy} a covariância de I_x e I_y . As estimativas locais podem ser calculadas como (Wang et al. (2004)):

$$m_x = \sum_{i=1}^N w_i \cdot x_i \quad (14)$$

$$\sigma_x = [\sum_{i=1}^N w_i (x_i - m_x)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

no qual w é a função gaussiana de ponderação normalizada com desvio padrão de 1. Neste trabalho foram utilizados $\alpha=\beta=\gamma=1$. Como a função de afinidade não pode ser negativa, redefinimos a função $S(I_x, I_y)$ por $S'(I_x, I_y)$ detalhada na próxima seção.

1.3.5. Similaridade Estrutural como Função de Afinidade:

Como a métrica SSIM mede a semelhança de uma imagem em relação com outra imagem, a função de afinidade SSIM proposta precisa de uma área que simule o espaço da imagem. Para isso, se estabelece um kernel circular ponderado de raio R_k , como é feito na afinidade Bhattacharyya.

Além disso, como a correlação entre duas imagens pode fazer que a função de estrutura ($S(I_x, I_y)$) seja negativa, desde que a imagem seja de 2^n -bits, tendo valores entre 0 e 2^n , se faz uma correção para que esta função resulte sempre positiva. Assim a função de estrutura fica:

$$S'(I_x, I_y) = \frac{\gamma_{xy} + C_3}{\sqrt{\gamma_{xx}} \sqrt{\gamma_{yy}} + C_3}, \quad (16)$$

para

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w_i \cdot x_i \cdot y_i \quad (17)$$

Dessa maneira, a afinidade proposta $SSIM'$ é definida para um par de pixels (c,d) como:

$$\mu_k(c, d, s) = \frac{1}{2} \left[SSIM'(K_{cp}(s), K_{cp}(c)) + SSIM'(K_{cp}(s), K_{cp}(d)) \right], \quad (18)$$

os quais $K_{cp}(c)$, $K_{cp}(d)$ e $K_{cp}(s)$ são kernels circulares ponderados com centros nos pixels c, d e s respectivamente.

2. Metodologia

Neste estudo é feita a segmentação semi-automática do lúmen e stent de um conjunto de imagens da Coronária de diferentes tamanhos, forma e posição espacial. As imagens são advindas de porcos, coelhos e humanos, cedidas pelo Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor). A avaliação foi feita comparando as imagens segmentadas do lúmen e stent com seus respectivos “*Gold Standards*”, feitos manualmente por especialistas, e posteriormente, comparados com os de estudos publicados.

A metodologia deste trabalho pode ser dividida em etapas (**Pré-Processamento Geral**, **Segmentação do lúmen**, e **Segmentação do stent**), com alguns sub-blocos dentro destas. Primeiro, o **Pré-Processamento Geral**, é necessário para que seja feita a normalização em intensidade e tamanho das imagens a ser estudadas, e que as características não desejadas sejam atenuadas ou eliminadas. Posteriormente, 2 blocos explicam o processo de segmentação do **lúmen** e do **stent** respectivamente. Estes blocos são divididos em 3 subetapas cada: (1) **Pré-processamento** específico de cada etapa para preparação e geração de imagens auxiliares para o objetivo específico; (2) **Processamento**, em que são extraídas informações da parede do vaso ou do stent e (3) **Pós-processamento**, onde operações morfológicas são realizadas para melhorar o resultado final tanto do lúmen como do stent segmentado.

2.1. Pré-processamento Geral

Nesta etapa a imagem original $I_{original}$ (Figura 2.1(a)) é reescalada (400x400) e normalizada em intensidade (0-255) ($I_{normalizada}$, Figura 2.1(b)) e posteriormente são removidas características não desejadas ($I_{sem\ características}$, Figura 2.1(c)).

Este processo começa encontrando a área efetiva de processamento (Figura 2.2). Dentro da $I_{original}$ (Figura 2.1(a)) é encontrada a distância $\odot$ que separa o corte transversal em relação ao mapeamento longitudinal do vaso (Figura 2.2). Esta distância é obtida pelo diâmetro da área efetiva reconstruída pelo aparelho IOCT. Conhecido o diâmetro $\odot$, o centro da área efetiva é procurado por meio da

coordenada $I_{original}$ ($Largura/2$, $\Theta/2$) (Figura 2.3(a)). Obtendo o centro e o diâmetro da área efetiva, é criada uma imagem auxiliar, $I_{cortada}$ e normalizada (Figura 2.3(b)), fazendo um corte da $I_{original}$ num intervalo em coordenada horizontal desde $(Largura/2 - \Theta/2)$ (ponto x_0 , Figura 2.3(a)) até $(Largura/2 + \Theta/2)$ (ponto x_1 , Figura 2.3(a)) e num intervalo em coordenada vertical de (0) até (Θ) . Consequentemente, esta nova imagem é reescalada em dimensão, 400×400 , e normalizada em intensidade, $0-255$ (Figura 2.3(b) e (c)), ($I_{normalizada\ 400 \times 400}$).

Figura 2-1 (a) $I_{original}$ é a imagem padrão de IOCT. (b) $I_{normalizada}$ é a imagem normalizada em tamanho e intensidade. (c) $I_{sem\ características}$ é a imagem sem características não desejadas de $I_{normalizada}$.

Figura 2-2 Imagem Tradicional de IOCT.

Figura 2-3 (a) $I_{original}$ é a imagem padrão de IOCT. (b) $I_{cortada e normalizada}$ é o Corte e Normalização da $I_{original}$ em intensidade. (c) $I_{normalizada 400x400}$ é a normalização em tamanho de $I_{cortada e normalizada}$.

Devido ao equipamento, as imagens podem vir com linhas características (Figura 2.4(a)) que devem ser retiradas para não atrapalhar o crescimento do fuzzy connectedness e a detecção do stent.

As linhas brancas verticais e horizontais que surgem a partir do centro da imagem (Figura 2.4(a)), possuem tamanhos e intensidade conhecidas. Para a remoção destas, é executada uma busca de pixels com intensidade igual a 255 em uma área específica (Figura 2.4(b)). Quando se encontra um pixel p com dada característica, é executada uma filtragem mediana local (Gonzalez e Woods (2008)) com um kernel quadrado de 5x5 centrado no pixel p (Figura 2.4(c)).

As imagens de IOCT possuem uma linha diagonal a qual tem duas intensidades padrões, mas não conhecidas após a normalização da intensidade. Dividindo a linha no centro, percebe-se que as duas linhas resultantes (L1 e L2 Figura 2.4(c)) estão localizadas aproximadamente a 30 e 210 graus em relação ao eixo horizontal da imagem. Para estabelecer a intensidade padrão das linhas, são gerados dois vetores contendo os valores de intensidade dos pixels situados a 30 e 210 graus. Posteriormente é computado o valor que mais se repete (moda), encontrando assim a intensidade padrão de cada linha. Assim, o filtro mediana é executado localmente, nas faixas em torno de 30 e 210°, centralizando o kernel no pixel com valor da moda.

O processo acima é executado com um kernel de 5x5, gerando uma imagem sem esses artefatos (Figura 2.4(d)).

Figura 2-4 atenuação de características não desejadas da imagem de IOCT

2.2. Segmentação de Lúmen

Como foi mencionado anteriormente, esta etapa pode se dividir em 3 subetapas. A primeira é o pré-processamento, em que, dependendo do caso, pode ser feita uma modulação da intensidade e/ou filtragem da $I_{normalizada}$. Na etapa seguinte, o processamento, são extraídas informações da parede do vaso por meio da utilização de fuzzy connectedness e binarização por limiar. Na etapa final, o pós-processamento, um teste de “Branch Opening” seguido por um conjunto de operações morfológicas são realizados para a correção da abertura e para melhorar o resultado final do lúmen segmentado. O diagrama de Blocos na Figura 2-5 resume todo o processo de segmentação do lúmen.

Figura 2-5 Resumo do processo de segmentação do lúmen

2.2.1. Pré-processamento

2.2.1.1. Mudança de intensidade

a) Aumento de contraste por histograma

Dentro da área circular efetiva da $I_{normalizada}$ (Figura 2.6(a)) é computado o histograma e, sobre este, é descartado os 2% iniciais e finais destes dados (Figura 2.6(c)). Em seguida é gerada uma imagem $I_{Cont_aumentado}$ (Figura 2.6 (d)) cujo contraste é aumentando por *contrast Stretching* (Gonzalez e Woods (2008)).

b) Mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana

Nesta etapa, usando Otsu (Otsu (1979)) na área circular efetiva da $I_{normalizada}$ (Figura 2,6(a)), é criada uma imagem auxiliar binária, $I_{auxiliar_Otsu}$ (Figura 2,6(e)). Sobre esta imagem binarizada, $I_{auxiliar_Otsu}$, é executado um filtro mediana com um elemento estruturante circular de diâmetro 3 ($I_{med_auxiliar_Otsu}$ Figura 2.6(f)). Para finalizar, é feito uma busca dos pixels com maior intensidade dentro de $I_{med_auxiliar_Otsu}$, e a intensidade dos correspondentes pixels da $I_{normalizada}$, é aumentado em 50% (I_{mod_otsu} Figura 2.6(g)).

Figura 2-6 Mudança de intensidade para ressaltar bordas.

2.2.1.2. Filtros

Para as imagens $I_{normalizada}$, $I_{Cont_aumentado}$ e I_{mod_otsu} são testadas a influência de alguns filtros no resultado final da segmentação: filtro Mediana com elemento estrutural circular de diâmetro 3, 5, 7, 9 e 11; Filtro Lee-Wiener (Lee 1980) com janela de tamanho 3, 5, 7 e 9 e o Filtro ISF (Cardoso et al. 2011), com elemento estruturante circular de diâmetro 9, 11 e 13 para a mediana inicial e com elemento estruturante circular de raio 3 e 5 para a mediana final.

O diagrama da Figura 2-7 resume as múltiplas saídas do pré-processamento.

Figura 2-7 Resumo do Pré-processamento

2.2.2. Processamento

No processamento, partindo de $I_{pre-processada}$, ou de uma matriz de histogramas M_{hist} para fuzzy connectednes, dependendo da relação de afinidade a ser utilizada, se obtém uma imagem binária do lúmen por meio da realização de duas operações combinadas, fuzzy connectedness e um método de binarização por limiar.

Para os métodos que utilizam relações de afinidade “clássica”, equação (1), mantendo a condição da equação (2), onde $w_1 + w_2 = 1$, são definidas duas relações de afinidade. Na primeira, os pesos w_1 e w_2 são iguais, ou seja,

$$w_1 = w_2 = 0,5 \quad (19)$$

e na segunda função de afinidade, o cálculo dos pesos w_1 e w_2 é dinâmico (Pednekar e Kakadiaris (2006)), usando:

$$w_1 = \frac{\mu_\phi(c,d)}{\mu_\phi(c,d) + \mu_\psi(c,d)} \quad (20)$$

para μ_ψ e μ_ϕ sendo as funções de homogeneidade e intensidade definidas nas equações (4) e (5), e $w_2 = 1 - w_1$. Para a terceira função de afinidade, que é baseada no coeficiente Bhattacharyya, é necessário estabelecer alguns parâmetros.

A partir de estudos realizados sobre um grupo de 30 imagens (Apêndice A), se constatou que um conjunto de valores de parâmetros apresentavam melhores resultados. Assim, os parâmetros pesquisados foram: raio do kernel (R_K) para definir o histograma (R_K igual a 3, 5 ou 7), função de ponderação de distância entre o centro do kernel e os outros pixels dentro do kernel (Gaussiana, inverso da distância euclidiana ou triangular), número de bins do histograma (8, 12, 16, 32 ou 64), raio de vizinhança do método fuzzy connectedness (R_f igual à 1 ou 2) e se o histograma teria que ser normalizado levando em conta valores máximos e mínimos da área circular efetiva do $I_{normalizada}$, (histograma geral) ou do kernel com centro na semente (histograma local). Assim, a combinação que ofereceu melhores resultados foi $R_K=5$, função de ponderação por distância gaussiana, número de classes=32, $R_f=1$ e normalização por histograma local. Tendo estes parâmetros definidos, são calculados e armazenados em uma matriz M_{hist} os histogramas normalizados para todos os pixels pertencentes à imagem pré-processada $I_{pre-processada}$.

Para a última função de afinidade, a qual utiliza a afinidade baseada no SSIM', definida na equação (18), foi definido o valor do raio do kernel circular ponderado R_K igual ao raio do kernel para afinidade Bhattacharyya ($R_K=5$). Os valores dos índices de ponderação α , β e γ são iguais, ou seja:

$$\alpha = \beta = \gamma = 1, \quad (21)$$

e os valores das constantes das funções que definem o SSIM', C_1 , C_2 e C_3 foram definidas empiricamente por:

$$C = C_1 = C_2 = C_3 = (255 * \tau)^2, \quad (22)$$

com $\tau=0.001$, valor que levou ao melhor resultado de segmentação, após variar τ entre 0 e 0.01.

O uso do fuzzy connectedness, utilizando qualquer relação de afinidade proposta, vai gerar uma imagem de custo de conectividade, $I_{conectividade}^{afinidade}$ (Figura 2-8 (b), (c), (d), (e)), que deverá ser binarizada. Para poder definir o valor do limiar e assim binarizar as imagens de custo de conectividade, em cada uma das possíveis combinações de pré-processamento foi realizado o seguinte procedimento:

Figura 2-8 (a) $I_{normalizada}$ é a imagem pré-processada sem filtros e sem modificação da intensidade. (b) $I_{conectividade}^{w_{iguais}}$ é a imagem de valores de conectividade para pesos w_1 e w_2 iguais. (c) $I_{conectividade}^{w_{dinamicos}}$ é a imagem de valores de conectividade para pesos dinâmicos. (d) $I_{conectividade}^{Bhattacharyya}$ é a imagem de valores de conectividades Bhattacharyya. (e) $I_{conectividade}^{SSIM'}$ é a imagem de valores de conectividades SSIM'.

Tendo 30 imagens e seus lúmen definidos, é realizada a respectiva etapa de pré-processamento (Figura 2.9 (a)) e posterior processamento. Para cada uma das 30 imagens de custo de conectividade (Figura 2.9 (b)) é calculado o valor de *Otsu* dentro da área efetiva. Adicionalmente, é feito para as imagens de custo de conectividade, 75 binarizações com valores que crescem linearmente entre $0,75 \cdot Otsu$ e $1,35 \cdot Otsu$ (Figura 2.9 (c)). Estas imagens binarizadas são avaliadas por meio do procedimento proposto por Udupa (Udupa et al. (2006)), o qual consiste no cálculo da média e desvio padrão das métricas “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN.

Considerando uma função

$$d(t) = \sqrt{FP(t)^2 + FN(t)^2} \quad [0,75 \leq t \leq 1,35], \quad (23)$$

é computado o gráfico de *Distancia vs t* (Figura 2.9 (d)), a qual é aproximada a um polinômio $d^*(t)$ de grau 4 para que seu mínimo seja encontrado. Em seguida, é computado a mediana entre os 30 valores que minimizam a aproximação polinomial $d^*(t)$ gerados para cada uma das 30 imagens. Este valor de mediana encontrado vai ser tomado como o limiar de binarização para a respectiva etapa de pré-processamento e posterior processamento (detalhes apêndice B). Este procedimento é repetido para todas as 192 combinações indicadas na tabela 2.1, totalizando 5760 segmentações, 432000 binarizações e 5760 otimizações.

Figura 2-9 Esquema de como definir o melhor limiar para a binarização após da aplicação do fuzzy connectedness. Exemplo em uma das imagens tomadas para o estudo. (a) $I_{Cont_aumentado}$ é a imagem pré-processada sem filtros e com modificação da intensidade por histograma. (b) $I_{Custo_Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividades. (c) $I_{Binarizadas}$ é o conjunto de imagens binarizadas com valores que variam entre $t=0.75 \cdot Otsu$ e $t=1.35 \cdot Otsu$. (d) Gráfica que relaciona a função distância VS t . Polinômio de aproximação com grau 4 da gráfica e sinalização do ponto que minimiza o polinômio.

Na tabela 2.1 são mostrados os diferentes valores encontrados que serão multiplicados pelo valor do limiar de Otsu para ser utilizados como limiar de binarização nas imagens obtidas por fuzzy connectedness, conforme o tipo de filtro (sem filtro; mediana; Wiener; ISF) e às condições de cada filtro. O nome de cada valor codifica, na forma Imagem_Filtro_Tamanhofiltro_Afinidade, a imagem origem (ConAumentado: imagens com contraste aumentado descrito na seção 2.2.1.1(a); Original: imagem original apenas normalizada; ModOtsu: imagens realçadas por Otsu, descrito na seção 2.2.1.1(b); o filtro aplicado; o tamanho do filtro (3,5,7,9); e a afinidade utilizada (B: afinidade baseada no coeficiente de Bhattacharyya, seção 1.3.3 equação (8); N: afinidade clássica com pesos iguais, seção 1.3.1 equação (1) e seção 2.2.2 (19); PD: afinidade classica com pesos dinamicos, seção 1.3.3 equação (1) e seção 2.2.2 (20); S: afinidade baseada na similaridade estrutural, seção 1.3.5 (18)).

Tabela 2-1 Valores que devem ser multiplicados ao limiar de Otsu para definir o limiar da binarização nas imagens obtidas por fuzzy connectedness, conforme o tipo de filtro (sem filtro; mediana; Wiener; ISF) e às condições de cada filtro (ver texto).

SemFiltro					
ConAumentado_SemFiltro_B	1,35	Ori_SemFiltro_B	1,34	ModOtsu_SemFiltro_B	1,35
ConAumentado_SemFiltro_N	1,33	Ori_SemFiltro_N	1,31	ModOtsu_SemFiltro_N	1,35
ConAumentado_SemFiltro_PD	1,35	Ori_SemFiltro_PD	1,35	ModOtsu_SemFiltro_PD	1,35
ConAumentado_SemFiltro_S	1,33	Ori_SemFiltro_S	1,24	ModOtsu_SemFiltro_S	1,31
Mediana					
ConAumentado_M3_B	1,30	Ori_M3_B	1,35	ModOtsu_M3_B	1,35
ConAumentado_M3_N	1,34	Ori_M3_N	1,32	ModOtsu_M3_N	1,35
ConAumentado_M3_PD	1,35	Ori_M3_PD	1,35	ModOtsu_M3_PD	1,35
ConAumentado_M3_S	1,10	Ori_M3_S	1,21	ModOtsu_M3_S	1,26
ConAumentado_M5_B	1,20	Ori_M5_B	1,23	ModOtsu_M5_B	1,26
ConAumentado_M5_N	1,35	Ori_M5_N	1,35	ModOtsu_M5_N	1,35
ConAumentado_M5_PD	1,35	Ori_M5_PD	1,29	ModOtsu_M5_PD	1,31
ConAumentado_M5_S	1,03	Ori_M5_S	1,16	ModOtsu_M5_S	1,18
ConAumentado_M7_B	0,75	Ori_M7_B	0,77	ModOtsu_M7_B	0,76
ConAumentado_M7_N	1,08	Ori_M7_N	1,12	ModOtsu_M7_N	1,19
ConAumentado_M7_PD	1,01	Ori_M7_PD	1,08	ModOtsu_M7_PD	1,11
ConAumentado_M7_S	0,97	Ori_M7_S	1,10	ModOtsu_M7_S	1,12
ConAumentado_M9_B	0,75	Ori_M9_B	0,75	ModOtsu_M9_B	0,75
ConAumentado_M9_N	0,90	Ori_M9_N	0,98	ModOtsu_M9_N	1,08
ConAumentado_M9_PD	0,85	Ori_M9_PD	0,84	ModOtsu_M9_PD	0,85
ConAumentado_M9_S	0,97	Ori_M9_S	1,07	ModOtsu_M9_S	1,08
ConAumentado_M11_B	0,75	Ori_M11_B	0,75	ModOtsu_M11_B	0,75
ConAumentado_M11_N	0,90	Ori_M11_N	0,99	ModOtsu_M11_N	0,80
ConAumentado_M11_PD	0,84	Ori_M11_PD	0,84	ModOtsu_M11_PD	0,85
ConAumentado_M11_S	0,89	Ori_M11_S	1,02	ModOtsu_M11_S	1,10
Wiener					
ConAumentado_W3_B	1,29	Ori_W3_B	1,35	ModOtsu_W3_B	1,35
ConAumentado_W3_N	1,35	Ori_W3_N	1,35	ModOtsu_W3_N	1,35
ConAumentado_W3_PD	1,35	Ori_W3_PD	1,35	ModOtsu_W3_PD	1,35
ConAumentado_W3_S	1,18	Ori_W3_S	1,24	ModOtsu_W3_S	1,35
ConAumentado_W5_B	0,81	Ori_W5_B	1,35	ModOtsu_W5_B	0,93
ConAumentado_W5_N	1,25	Ori_W5_N	1,35	ModOtsu_W5_N	1,23

ConAumentado_W5_PD	0,92	Ori_W5_PD	1,35	ModOtsu_W5_PD	0,86
ConAumentado_W5_S	1,11	Ori_W5_S	1,20	ModOtsu_W5_S	1,26
ConAumentado_W7_B	0,75	Ori_W7_B	0,75	ModOtsu_W7_B	0,75
ConAumentado_W7_N	1,02	Ori_W7_N	1,01	ModOtsu_W7_N	1,10
ConAumentado_W7_PD	0,75	Ori_W7_PD	0,95	ModOtsu_W7_PD	0,75
ConAumentado_W7_S	1,09	Ori_W7_S	1,17	ModOtsu_W7_S	1,26
ConAumentado_W9_B	0,75	Ori_W9_B	0,75	ModOtsu_W9_B	0,75
ConAumentado_W9_N	1,08	Ori_W9_N	0,91	ModOtsu_W9_N	1,12
ConAumentado_W9_PD	0,75	Ori_W9_PD	0,75	ModOtsu_W9_PD	0,75
ConAumentado_W9_S	1,07	Ori_W9_S	1,17	ModOtsu_W9_S	1,24
ISF					
ConAumentado_I93_B	0,90	Ori_I93_B	0,91	ModOtsu_I93_B	0,91
ConAumentado_I93_N	1,30	Ori_I93_N	1,31	ModOtsu_I93_N	1,35
ConAumentado_I93_PD	1,35	Ori_I93_PD	1,32	ModOtsu_I93_PD	1,35
ConAumentado_I93_S	0,91	Ori_I93_S	1,07	ModOtsu_I93_S	1,10
ConAumentado_I95_B	0,77	Ori_I95_B	0,75	ModOtsu_I95_B	0,75
ConAumentado_I95_N	0,95	Ori_I95_N	1,05	ModOtsu_I95_N	1,12
ConAumentado_I95_PD	1,00	Ori_I95_PD	0,91	ModOtsu_I95_PD	0,84
ConAumentado_I95_S	0,86	Ori_I95_S	1,04	ModOtsu_I95_S	1,07
ConAumentado_I113_B	0,80	Ori_I113_B	0,77	ModOtsu_I113_B	0,80
ConAumentado_I113_N	1,27	Ori_I113_N	1,33	ModOtsu_I113_N	1,29
ConAumentado_I113_PD	1,35	Ori_I113_PD	1,33	ModOtsu_I113_PD	1,31
ConAumentado_I113_S	0,88	Ori_I113_S	1,03	ModOtsu_I113_S	1,10
ConAumentado_I115_B	0,75	Ori_I115_B	0,75	ModOtsu_I115_B	0,75
ConAumentado_I115_N	1,06	Ori_I115_N	0,96	ModOtsu_I115_N	1,16
ConAumentado_I115_PD	0,91	Ori_I115_PD	0,86	ModOtsu_I115_PD	0,90
ConAumentado_I115_S	0,85	Ori_I115_S	1,00	ModOtsu_I115_S	1,04
ConAumentado_I133_B	0,75	Ori_I133_B	0,75	ModOtsu_I133_B	0,75
ConAumentado_I133_N	1,27	Ori_I133_N	1,35	ModOtsu_I133_N	1,35
ConAumentado_I133_PD	1,35	Ori_I133_PD	1,35	ModOtsu_I133_PD	1,32
ConAumentado_I133_S	0,87	Ori_I133_S	1,03	ModOtsu_I133_S	1,11
ConAumentado_I135_B	0,75	Ori_I135_B	0,75	ModOtsu_I135_B	0,75
ConAumentado_I135_N	1,07	Ori_I135_N	0,96	ModOtsu_I135_N	1,19
ConAumentado_I135_PD	1,35	Ori_I135_PD	0,93	ModOtsu_I135_PD	1,35
ConAumentado_I135_S	0,82	Ori_I135_S	1,00	ModOtsu_I135_S	1,01

A Figura 2.10 apresenta um exemplo do processo de fuzzy connectedness, mostrando imagens de custo $I_{conectividade}^{imag_filtro_afinidade}$ (Figura 2-10 (b), (d), (f), (h)), e as suas respectivas binarizações, $I_{Binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$ (Figura 2-10 (c), (e), (g), (h)), utilizando os limiares encontrados.

2.2.3. Pós-processamento

Como a qualidade do objeto binarizado depende das características da coronária na imagem original, da relação de afinidade utilizada e do limiar da binarização, torna-se necessária uma fase de pós-processamento para reduzir possíveis inconsistências. Assim, no Pós-processamento é utilizada uma sequência de operações morfológicas, chamada de reconstrução binária morfológica [UMB], para melhorar e estimar informações do objeto extraído anteriormente.

Figura 2-10 (a) $I_{normalizada}$ é a imagem pré-processada. (b) $I_{Ori_M5_N}^{Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividade para pesos w_1 e w_2 iguais. (c) $I_{Ori_M5_N}^{Binarizada}$ é a imagem binarizada para pesos w_1 e w_2 iguais. (d) $I_{Ori_M5_PD}^{Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividade para pesos dinâmicos. (e) $I_{Ori_M5_PD}^{Binarizada}$ é a imagem binarizada para pesos dinâmicos. (f) $I_{Ori_M5_B}^{Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividades Bhattacharyya. (g) $I_{Ori_M5_B}^{Binarizada}$ é a imagem binarizada para Bhattacharyya. (h) $I_{Ori_M5_S}^{Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividades SSIM. (i) $I_{Ori_M5_S}^{Binarizada}$ é a imagem binarizada para SSIM

2.2.3.1. Teste de “*Branch Opening*”:

“*Branch Opening*” são aberturas localizadas na parede da coronária em algumas imagens de IOCT (Figura 2-11(c)), devido à aquisição em regiões de bifurcação. Por causa dessas aberturas, um caminho conectando o lúmen à adventícia é criado, fazendo com que o crescimento baseado em fuzzy connectedness se espalhe também pela adventícia, obtendo, depois da binarização, um objeto muito maior que apenas com o lúmen (Figura 2-11(d)). Devido a essa característica, primeiro se faz um teste de “*Branch Opening*”, o qual consiste em calcular a porcentagem de pixels binarizados em 1 dentro da $I_{binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$. Se essa porcentagem for abaixo de um limiar, conclui-se que a imagem não tem “*Branch Opening*”, pois só o lúmen estaria binário, caso contrário ela tem “*Branch Opening*”. Esse limiar foi definido empiricamente em 30%. Consequentemente, duas sequências de operações morfológicas foram projetadas para cada um dos casos, uma chamada: **Imagem sem “*Branch Opening*”** e a outra **Imagem com “*Branch Opening*”**, todas as operações e possíveis variações devido à função de afinidade, estão resumidas na Tabela 2.2, e serão explicadas abaixo usando imagem binarizada $I_{binarizada}^{w_iguais}$ advinda da utilização da afinidade com pesos iguais.

Figura 2-11 (a) Imagem de IOCT sem “*Branch Opening*”. (b) Imagem binarizada para pesos iguais sem “*Branch Opening*”. (c) Imagem de IOCT com “*Branch Opening*”. (d) Imagem binarizada para pesos iguais com “*Branch Opening*”.

2.2.3.2. Imagem sem “Branch Opening”:

No caso da imagem $I_{binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$ não possuir “Branch Opening” (Figura 2.12(a)), a seguinte sequência de operações morfológicas é usada. Com a finalidade de tirar os pixels pretos na região luminal (Figura 2.12(c)), trazidos devido às características da imagem original de IOCT e do processo de binarização, primeiro, sobre $I_{binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$ (Figura 2-12(c)), é feito um fechamento (Gonzalez e Woods (2008)), (Tabela 2.2 – linha 1), com um elemento estruturante circular de raio 5, S_5 , resultando em $I_{fechada_5}$ (Figura 2.12(d)). Sobre esta, é feita uma operação de preenchimento (Gonzalez e Woods (2008)), (Tabela 2.2 – linha 2), assegurando que possíveis ruídos remanescentes sejam retirados, e assim gerando I_{Fill} (Figura 2.12(e)).

Figura 2-12 (a) I_{Ori_ISF93} é a imagem pré-processada com a utilização do filtro ISF com filtros medianas que utilizam elementos estruturantes circulares de raio 9 e 3 respectivamente. (b) $I_{Ori_ISF93_B_Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividade **Bhattacharyya**. (c) $I_{Ori_ISF93_B_Binarizada}$ é a imagem binarizada para **Bhattacharyya**. (d) $I_{fechada_5}$ é a imagem saída após de fechar $I_{binarizada}^{Bhattacharyya}$ com um elemento estruturante de raio 5. (e) I_{fill} é a imagem fechada preenchida. (f) I_{final} é a imagem final após do fechamento da imagem preenchida com kernel de raio dinâmico

R_{din} .

Após esse processo, para melhorar as bordas do objeto binarizado e segmentado na imagem I_{Fill} (Figura 2.12(e)), é feito um fechamento, (Tabela 2.2 – linha 3), com um elemento estruturante circular, cujo raio é ajustado dinamicamente, R_{din} , proporcional ao menor raio do objeto (Moraes e Furuie (2011)), gerando assim a imagem I_{final} (Figura 2.12(f)).

Tabela 2-2 Resumo de Operações Morfológicas

Branch Opening	Linha	Operação	Equação	Raio
Sem	1	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	5
	2	Fill	$I_{fill_k} = (I_{fill_k-1} \oplus S_{raio}) \cap I_x$	1
	3	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	R_{din}
Com	4	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	5
	5	Polar invertida		-
	6	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	9
	7	Abertura	$I_{aberta} = I_x \circ S_{raio}$	12
	8	Preenchimento	$I_{down} = Fill_{down}(I_{polar_x})$	-
	9	Interpolação	<i>Spline cúbica</i>	-
	10	Cartesiana invertida		-
	11	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	R_3
	12	Fechamento	$I_{fechada} = I_x \bullet S_{raio}$	R_{din}

2.2.3.3. Imagem com “Branch Opening”:

Se a imagem original normalizada pré-processada $I_{normalizada}$, (Figura 2.13(a)) possuir “Branch Opening”, não só o lúmen, mas também as informações da adventícia serão extraídas depois do processamento $I_{binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$ (Figura 2.13(c)). Assim, o conjunto de operações foi projetado para extrair e melhorar a segmentação do lúmen. Portanto, por causa de ruídos trazidos pelas características das imagens IOCT e das operações de fuzzy c connectedness e binarização, sobre $I_{binarizada}^{imag_filtro_afinidade}$ (Figura 2.13(c)) é feito um fechamento, (Tabela 2.2 – linha 4), com um elemento estruturante circular de raio $R=5$, S_5 , resultando em $I_{fechada_5}$ (Figura 2.13(d)). Posteriormente, devido à aquisição, a imagem da coronária e do lúmen tende a ter aspecto circular, o complemento da $I_{fechada_5}$ (Figura 2.13(d)), é transformado para coordenada polar, (Tabela 2.2 – linha 5), obtendo assim a imagem auxiliar $I_{P_invertida}$ (Figura 2.13(e)). Esse domínio foi adotado, pois torna as

operações mais simples (Unal et al. (2008), Gil et al. (2006), Moraes e Furuie (2011)). Em terceiro, para remover os pixels brancos que não pertencem à parede da coronária, é feita sobre $I_{P_invertida}$ (Figura 2.13(e)) uma combinação de fechamento, (Tabela 2.2 – linha 6), com um elemento estruturante circular de raio $R=9$, S_9 , e uma abertura (Gonzalez e Woods (2008)), (Tabela 2.2 – linha 7), com um elemento estruturante circular de raio $R=12$, S_{12} , resultando em $I_{P_fec(9)-Aberta(12)}$ (Figura 2.13(f)). Em seguida, para isolar a área correspondente ao lúmen e ao “Branch Opening”, sobre a imagem $I_{P_fec(9)-Aberta(12)}$ (Figura 2.13(f)), é realizada uma operação de preenchimento descendente, (Tabela 2.2 – linha 8), gerando a imagem $I_{P_preenchida}$ (Figura 2.13(g)). Para remover a área correspondente ao “Branch Opening” e isolar a área do lúmen na imagem $I_{P_preenchida}$ (Figura 2.13(g)) é realizada uma interpolação “spline” cúbica, (Tabela 2.2 – linha 9), sobre esta imagem, originando a $I_{P_interpolada}$ (Figura 2.13(h)). Devido à transformação de coordenadas é necessário voltar para o domínio cartesiano, assim a imagem corrigida $I_{P_interpolada}$ (Figura 2.13(h)) é novamente invertida e trazida para coordenadas Cartesianas (Tabela 2.2 – linha 10), $I_{C_invertida}$ (Figura 2.13(i)). Esta transformação de coordenadas gera pontos pretos sobre a área do lúmen em $I_{C_invertida}$ (Figura 2.13(i)); assim, é executado um procedimento de fechamento com um elemento estruturante circular de raio $R=3$, S_3 (Tabela 2.2 – linha 11), e um último fechamento com elemento estruturante circular, cujo raio é ajustado dinamicamente, R_{din} , é aplicado para tirar ruídos e melhorar as bordas do Lúmen final, gerando assim a imagem I_{final} (Figura 2.13(j)) (Tabela 2.2 – linha 12).

Figura 2-13 (a) $I_{ModOtsu_SemFiltro}$ é a imagem normalizada pré-processada com Mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana. (b) $I_{ModOtsu_SemFiltro_N}^{Conectividade}$ é a imagem de valores de conectividade **Pesos Iguais**. (c) $I_{ModOtsu_SemFiltro_N}^{Binarizada}$ é a imagem binarizada **Pesos Iguais** apresentando “Branch Opening”. (d) $I_{fechada_5}$ é a imagem saída após de fechar $I_{ModOtsu_SemFiltro_N}^{Binarizada}$ com um elemento estruturante de raio 5. (e) $I_{P_invertida}$ é a imagem $I_{fechada_5}$ transformada a polar e invertida. (f) $I_{P_fec(9)-Aberta(12)}$ é imagem $I_{P_invertida}$ após do fechamento com kernel de raio $R=9$ e uma abertura com kernel de raio $R=12$. (g) $I_{P_preenchida}$ é a imagem $I_{P_fec(9)-Aberta(12)}$ preenchida descendentemente. (h) $I_{P_interpolada}$ é a imagem $I_{P_preenchida}$ após interpolação. (i) $I_{C_invertida}$ é a imagem $I_{P_interpolada}$ transformada para cartesiana e invertida. (j) I_{final} é a imagem final após do fechamento da imagem $I_{C_invertida}$ com kernel de raio dinâmico R_{din} .

2.3. Segmentação do Stent

A segmentação do stent é executada em 3 subetapas: pré-processamento, processamento e pós-processamento. Durante o pré-processamento, a partir da $I_{\text{normalizada}}$ são geradas imagens complementares, as quais servirão de base para a extração de informação do stent em etapas seguintes. Subsequentemente durante o processamento é feita a extração de informações do stent por meio da utilização de convoluções das imagens complementares, geradas anteriormente com kernels que ressaltam as bordas. Por último no pós-processamento é executado um grupo de operações para aperfeiçoar a seleção dos possíveis pontos pertencentes ao stent e melhorar a área efetiva deste. O diagrama de Blocos na Figura 2-14 resume o processo.

Figura 2-14 Resumo do processo de segmentação do stent

2.3.1. Pré-processamento

Nesta etapa, um grupo de operações para geração de imagens complementares é executado. Estas imagens serão combinadas para a extração de informações do stent e posterior classificação. A Figura 2.15 resume o Bloco principal desta subetapa.

Figura 2-15 (a) $I_{normalizada}$ é a saída do Pré-processamento Geral. (b) $I_{Sem_cateter}$ é a imagem após remoção do cateter de $I_{normalizada}$. (c) I_{Pared} é representação dos pixels com maior intensidade após mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana (Pré-processamento Lúmen). (d) I_{mod_otsu} é a imagem de saída após aplicar mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana. (e) I_{Lumen_Bin} é lúmen segmentado por meio de fuzzy connectedness com afinidade Bhattacharyya. (f) I_{Sem_Lumen} é a imagem que representa a subtração do lúmen de $I_{Sem_cateter}$. (g) P_{Sem_lumen} , (i) $P_{Sem_cateter}$ e (h) P_{Pared} são as representações em coordenadas polares de I_{Sem_Lumen} , $I_{Sem_cateter}$ e I_{Pared} respectivamente.

2.3.1.1. Remoção do reflexo do Cateter

Sobre $I_{normalizada}$ (Figura 2.16a) é feito um grupo de operações para detectar o raio do reflexo do cateter e assim poder removê-lo. Primeiro a $I_{normalizada}$ é transformada para coordenadas polares, resultando em $P_{normalizada}$ (Figura 2.16b). Sabendo que a guia do cateter possui aproximadamente 0,3556 mm de raio (lightLab) é selecionada uma área com largura igual a 25% do raio da imagem polar de IOCT, equivalendo aproximadamente a 0.75mm, sendo este tamanho suficientemente grande para garantir que nela se encontra o reflexo do cateter sem retirar informação da borda do lúmen ($P_{normalizada_25\%}$ (Figura 2.16(c))). Sobre esta área é feita uma derivada vertical para identificar possíveis bordas ($P_{derivada_25\%}$ (Figura 2.16(d))). Após isto, sobre a imagem de saída da derivada $P_{derivada_25\%}$, é calculado a média e o desvio padrão das intensidades para todas as linhas horizontais. Pelo fato do reflexo do cateter possuir uma intensidade relativamente alta e constante em relação ao meio onde ele está, é procurado entre as 4 linhas com maior média, a linha que tenha menor desvio padrão. Assim, conhecendo o número da linha (ρ), é conhecido o raio do reflexo do cateter, o qual pode ser removido por:

$$I_{Sem_cateter} = \begin{cases} 0, & \text{se } raio < \rho \text{ pixels} \\ I_{normalizada}, & \text{em outro caso} \end{cases} \quad (24)$$

onde $raio$ é o raio entre o pixel atual e o centro da imagem e $I_{normalizada}$ é a intensidade da imagem normalizada.

2.3.1.2. Geração de Imagens Complementarias

Após retirar o cateter da $I_{normalizada}$ (Figura 2.15(a)), o processo seguinte é segmentar o lúmen usando fuzzy connectedness de uma modificação das maiores intensidades de $I_{Sem_cateter}$ (Figura 2.15(b)). Esta modificação foi utilizada na seção de *pré-processamento da Segmentação do Lúmen* e é chamada "**Mudança de intensidade por Otsu e filtro mediana**" (seção 2.2.1.1). Relembrando; esta mudança consiste no realce das maiores intensidades da imagem por meio da utilização de binarização por Otsu e, posteriormente, o uso de um filtro mediana. O emprego desta alteração sobre $I_{Sem_cateter}$ permitirá a saída de uma imagem onde só aparecem os pixels de maior intensidade correspondentes à parede do vaso, ao stent e alguns ruídos remanescentes, I_{pared} (Figura 2.15(c)), e outra onde estes pixels são realçados 50% (I_{mod_otsu} (Figura 2.15(d))). A segmentação do lúmen se

faz sobre esta última imagem, $I_{\text{mod_otsu}}$ (Figura 2.15(d)), e a saída deste processo, $I_{\text{Lumen_Bin}}$ (Figura 2.15(e)), é subtraída de $I_{\text{Sem_cateter}}$ gerando assim a imagem auxiliar $I_{\text{Sem_Lúmen}}$ (Figura 2.15(f)). Segundo Papadogiorgaki et al. 2008 e Moraes e Furuie (2011) “O domínio da imagem pode fazer processamento computacional mais simples, facilitando descrições de regiões locais da imagem”. Assim as imagens $I_{\text{Sem_Lúmen}}$, I_{pared} e $I_{\text{Sem_cateter}}$ são levadas para coordenadas polares gerando assim as imagens $P_{\text{Sem_Lúmen}}$ (Figura 2.15(g)), P_{pared} (Figura 2.15(h)) e $P_{\text{Sem_cateter}}$ (Figura 2.15(i)), das quais serão extraídas as características relevantes do stent.

Figura 2-16 (a) $I_{\text{normalizada}}$ é a saída do Pré-processamento Geral. (b) $P_{\text{normalizada}}$ é a imagem $I_{\text{normalizada}}$ em coordenadas polares. (c) $P_{\text{normalizada_25\%}}$ é a imagem que representa a área de busca do reflexo do cateter. (d) $P_{\text{derivada_25\%}}$ é a derivada vertical de $P_{\text{normalizada_25\%}}$. (e) $I_{\text{Sem_cateter}}$ é a imagem resultante sem o cateter de $I_{\text{normalizada}}$

2.3.2. Processamento

Devido ao fato que geralmente os stents possuem maior contraste em seus centros, é executada uma combinação de derivadas nas imagens complementares $P_{Sem_cateter}$ (Figura 2.17(a)), P_{pared} (Figura 2.17(b)) e $P_{Sem_Lúmen}$ (Figura 2.17(c)), objetivando a geração de informações corretas dos stents (Figura 2.17(d)). Estas informações, além de serem obtidas pelas convoluções das imagens complementares com diferentes kernels e posteriores binarizações, são filtradas para depurá-las ainda mais. (Figura 2.17(e)).

Figura 2-17 (a)(b) e (c) Imagens auxiliares $P_{Sem_cateter}$, P_{Pared} e $P_{Sem_lúmen}$ respectivamente. (d) $P_{pre-Stent}$ é a imagem de saída com as informações do stent e ruídos. (e) P_{Stent} é a imagem de saída com os stents selecionados.

2.3.2.1. Convolução e binarização

Pelo fato do stent variar de aparência e tamanho de acordo com a distância dele ao centro da imagem, parede do vaso (crescimento da neointima), entre outros, é necessário um grupo de operações derivativas usando convoluções com kernels de

valores e tamanhos diferentes, e posteriores binarizações (Figura 2.18). Assim, para que os diferentes tipos de stents sejam obtidos, a primeira função que utiliza as convoluções é dada por:

$$P_{comp-K_{S_{n \times n}}} = 255 - \left[[P_{comp} * K_{S_{n \times n}}] * K_{S_{n \times n}} \right] \quad (25)$$

onde $P_{comp-K_{S_{n \times n}}}$ é a imagem de saída, P_{comp} é a imagem complementar usada e $K_{S_{n \times n}}$ é o kernel de tamanho $n \times n$. Os kernels utilizados podem se definir como kernel *Sobel* (Gonzalez e Woods (2008)) com um tamanho 3×3 , $K_{S_{3 \times 3}}$, e outro kernel de tamanho 5×5 , $K_{S_{5 \times 5}}$, derivado da convolução entre o kernel *Sobel* ($K_{S_{3 \times 3}}$) e uma matriz $A_{3 \times 3}$.

$$K_{S_{3 \times 3}} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}, A_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Portanto, matematicamente definimos $K_{S_{5 \times 5}}$ por:

$$K_{S_{5 \times 5}} = K_{S_{3 \times 3}} * A_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 2 & 8 & 12 & 8 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -8 & -12 & -8 & -2 \\ -1 & -4 & -6 & -4 & -1 \end{bmatrix}. \quad (26)$$

Figura 2-18 (a)(b)(c) imagens complementares. (d)(e)(f)(g)(h) Imagens de saída das diferentes operações de convolução com kernels de valores e tamanhos diferentes e posterior binarização. (j) imagem de saída com informações do stent e ruídos.

A equação (25) e a sua posterior binarização é explicada na Figura 2.19 por meio da implementação em duas imagens que possuem stent com características diferentes (Figura 2.19 (c) e (d)). O processo começa com a primeira convolução sobre a imagem complementar ($P_{comp} * K_{Snxn}$) que, devido à propriedade do kernel K_{Snxn} , ressalta as bordas das estruturas internas (Figura 2.19 (e) e (f)). Na sequência, sobre esta primeira convolução é feita uma segunda convolução ($[P_{comp} * K_{Snxn}] * K_{Snxn}$) com o mesmo kernel K_{Snxn} , com a finalidade de destacar as bordas das bordas que foram ressaltadas no passo anterior (Figura 2.19 (g) e (h)). Posteriormente, é necessária uma inversão para sobressair o centro das estruturas (borda da parede, stent e possíveis ruídos) (Figura 2.19 (i) e (j)). Já obtida uma imagem onde estão ressaltados os centros das estruturas é necessário a binarização para que estas possam ser trabalhadas, permitindo assim a separação das mesmas. Devido a que numa coluna da imagem polar pode haver estruturas tanto da parede como stent, é procurado o quarto valor máximo de cada coluna de $P_{comp-K_{Snxn}}$ (Figura 2.19 (i) e (j)) , o qual servirá como limiar de binarização para dita coluna, gerando assim a imagem de saída $P_{Bin_comp-K_{Snxn}}$ (Figura 2.19 (k) e (l)).

A tabela 2.3 mostra o resumo da implementação da primeira função de convolução (Equação (25)) com o respectivo kernel, e a Figura 2.18 (d), (e), (g) e (h) mostra um exemplo das saídas binarizadas em imagens complementares.

Tabela 2-3 Resumo Primeira função de convolução

Imagem Complementaria	Kernel	Saída
P_{pared}	K_{S3x3}	$P_{Bin_Pared-K_{S3x3}}$
P_{pared}	K_{S5x5}	$P_{Bin_Pared-K_{S5x5}}$
$P_{Sem_cateter}$	K_{S5x5}	$P_{Bin_Sem_cateter-K_{S5x5}}$
$P_{Sem_Lúmen}$	K_{S3x3}	$P_{Bin_Sem_Lumen-K_{S3x3}}$

Uma segunda função de convolução com um processo de binarização diferente é realizada para obter outras informações. Assim é feita a soma entre a convolução de P_{pared} (Figura 2.20(a)) e $P_{Sem_cateter}$ (Figura 2.20(b)) com um kernel K_1 :

$$P_{K_1} = [(P_{Sem_cateter} * K_1) + (P_{pared} * K_1)] \quad (27)$$

onde K_1 é definido como:

$$K_1 = \begin{bmatrix} -6 & -12 & -12 & -12 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 12 & 12 & 12 & 6 \end{bmatrix}$$

A imagem de saída P_{K_1} (Figura 2.20(e)) é binarizada para distinguir as bordas com maior intensidade gerando a imagem $P_{bin_{K_1}}$ (Figura 2.20(f)). O limiar escolhido para a binarização foi obtido experimentalmente e é calculado como:

$$L_{K_1} = \left(\frac{7}{10}\right) [\max(P_{K_1}) - \min(P_{K_1})] + \min(P_{K_1}) \quad (28)$$

onde $\max(P_{K_1})$ e $\min(P_{K_1})$ é o máximo e o mínimo da imagem resultante da convolução. As setas vermelhas na Figura 2.20(a) e 2.20(f) indicam a posição dos stents.

Figura 2-19 (a) e (b) Imagens normalizadas, saídas do pré-processamento geral, apresentando stents com diferente aparência e diferente distância do Lúmen. (c) e (d) Imagens complementares das imagens normalizadas. (e) e (f) Imagens de saída da primeira convolução com um kernel $K_{S5 \times 5}$. (g) e (h) Imagens de saída da segunda convolução com um kernel $K_{S5 \times 5}$. (i) e (j) Inversão das Imagens de saída da segunda convolução para ressaltar o centro das estruturas que geram as bordas. (k) e (l) Imagens de saída após binarização da segunda convolução.

Figura 2-20 (a) imagem auxiliar P_{Pared} . (b) Imagem auxiliar $P_{Sem_cateter}$. (c) $P_{Pared} * K_1$ é a imagem de saída após convolução de P_{Pared} com o kernel K_1 . (d) $P_{Sem_cateter} * K_1$ é a imagem de saída após convolução de $P_{Sem_cateter}$ com o kernel K_1 . (e) P_{K_1} é a imagem resultado da operação $[(P_{Sem_cateter} * K_1) + (P_{Pared} * K_1)]$. (f) $P_{bin_{K_1}}$ é a saída da binarização da imagem P_{K_1} .

Já tendo o grupo de informações sobre os objetos que possuem bordas, tais como parede do vaso, stent e alguns ruídos, nas imagens binárias $P_{Bin_Pared-K_{S3x3}}$, $P_{Bin_Pared-K_{S5x5}}$, $P_{bin_{K_1}}$, $P_{Bin_Sem_cateter-K_{S5x5}}$ e $P_{Bin_Sem_Lumen-K_{S3x3}}$ (Figura 2.18 (d), (e), (f), (g) e (h)), é necessário isolar as características comuns neste grupo de imagens. Para tanto, uma operação binária AND é feita sobre as mesmas, e é representada como:

$$P_{pre-Stent} = [(a)AND(b)AND(c)AND(d)AND(e)] \quad (29)$$

onde $a = P_{Bin_Pared-K_{S3x3}}$, $b = P_{Bin_Pared-K_{S5x5}}$, $c = P_{bin_{K_1}}$, $d = P_{Bin_Sem_cateter-K_{S5x5}}$, $e = P_{Bin_Sem_Lumen-K_{S3x3}}$ e $P_{pre-Stent}$ (Figura 2.18 (i)) são as imagens com a informação em comum. Apesar de $P_{pre-Stent}$ apresentar informações do stent (setas vermelhas na Figura 2.18(i)), também exibe alguns pontos brancos pertencentes à parede do vaso ou a ruídos dentro da imagem original de IOCT. Portanto, é executado um grupo de operações que selecionem quais das informações dentro de $P_{pre-Stent}$ tem maior possibilidade de ser stent ou não.

2.3.2.2. Operações de seleção

Neste bloco são selecionadas informações que podem fazer parte do stent. Primeiro, é utilizado um filtro que elimina informações que não tem um tamanho consistente (Figura 2.21 (b)). Segundo, a partir da criação de uma imagem auxiliar que ressalta as bordas que pertencem à parede do lúmen e bordas que se dão pela atenuação da luz no tecido, são procuradas quais informações estão dentro destas bordas, as quais são conhecidas por não serem stents, para serem descartadas (Figura 2.21 (c)). Para finalizar é executado um último filtro seguindo a localização com respeito à borda do lúmen, eliminando ruídos remanescentes desta, obtendo com isso as informações do stents (Figura 2.21 (d)). A Figura 2.21 exibe a saída de cada filtro utilizado neste bloco.

Figura 2-21 Resultados de cada filtro aplicado para seleção da informação pertencente ao stent

a) Geralmente o stent dentro das imagens de IOCT é visto como uma estrutura retangular com determinado comprimento. Seguindo esta lógica, dentro da imagem $P_{pre-Stent}$ (Figura 2.22(a)) pode se observar pixels ou grupo de pixels isolados de não mais de 2 elementos de comprimento horizontal. Assim, é feito uma busca na imagem $P_{pre-Stent}$ sobre quais pixels não estão ligados horizontalmente com pelo menos 2 elementos, para posteriormente retirá-los, resultando na imagem $P_{Filtro-Tamanho}$ (Figura 2.22(b)).

Figura 2-22 Filtro de informação por tamanho (a) $P_{pre-Stent}$ imagem com informação advinda do grupo de convoluções nas imagens complementares. (b) $P_{Filtro-Tamanho}$ é a imagem após filtro.

b) Apesar de ter depurada a informação do stent, ainda existem informações das bordas pertencentes ao lúmen e bordas que se dão pela atenuação da luz no tecido. Então, é preciso encontrar estas bordas a partir de informações do pré-processamento para utilizá-las como filtro e depurar ainda mais informação do stent. O processo para gerar uma imagem auxiliar com estas bordas começa com a união da binarização da imagem complementar P_{pared} (P_{pared_Bin} Figura 2.23(a)) com o lúmen segmentado em coordenadas polares, P_{Lumen_Bin} (Figura 2.23(b)) originando a imagem $P_{(Lum-Par)_bin}$ (Figura 2.23(c)). Em seguida, sobre esta última, $P_{(Lum-Par)_bin}$, é feita uma operação chamada *Fill-Holes* (imagem j), para remover todas as estruturas

que não pertencem à união do lúmen com a parede do vaso, gerando assim a imagem $P_{fill-holes}$ (Figura 2.23(d)). Devido ao fato do stent poder gerar sombras, ele poderia ficar na borda das lacunas geradas pela sombra (Figura 2.23(d)) e ser confundido como parte da borda gerada pela atenuação da luz no tecido. Para evitar isto, é feita uma abertura, com um elemento estruturante quadrado de comprimento 3 (Gonzalez e Woods (2008)), sobre $P_{fill-holes}$ gerando $P_{open(3)}$ (Figura 2.23(e)). Depois, tendo como referência $P_{open(3)}$, é feita uma operação de preenchimento para acima ($P_{Preenchida-Acima}$ Figura 2.23(f)). Para finalizar, a imagem $P_{Filtro-Bordas}$ (Figura 2.23(g)) é consequência da soma de $P_{Preenchida-Acima}$ e P_{Lumen_Bin} .

Figura 2-23 geração da imagem auxiliar P_{Bordas} que contém as bordas do lúmen e as que se dão pela atenuação da luz no tecido.

Tendo a imagem de bordas P_{Bordas} (Figura 2.24(a)) e a imagem com informação $P_{Filtro-Tamanho}$ (Figura 2.24(b)), é eliminada toda informação de $P_{Filtro-Tamanho}$ que se encontre a uma distância de 3 pixels, definidos empiricamente, abaixo da borda do lúmen ou a 3 pixels acima ou 6 pixels abaixo da borda atenuação. Este filtro gera a imagem $P_{Filtro-Bordas}$ (Figura 2.24(d)),

Figura 2-24 Filtro de atenuação por distância com respeito as bordas do lúmen e as bordas produzidas pela atenuação de luz

c) Embora as informações sobre o stent estejam bastante refinadas (Figura 2.25(b)) ainda persistem alguns ruídos. Portanto, um último filtro é feito supondo que as informações com um padrão de distância em relação ao lúmen (Figura 2.25(c)) tem maior probabilidade de pertencer ao grupo do stent. Assim, é calculada a média (μ) e o desvio padrão (σ) da distância de cada informação em relação ao lúmen para posteriormente eliminar toda informação que não estejam entre ($\mu - \sigma$, $\mu + \sigma$) e gerar a imagem P_{Stent} (Figura 2.25(d)).

Figura 2-25 Filtro de atenuação por distância com respeito as bordas do lúmen

2.3.3. Pós-processamento

Com a informação dos pontos do stent (Figura 2.26(a)) é necessário calcular a área de cobertura e assim obter dados para calcular medidas importantes como o crescimento da neointima. O processo de pós-processamento aplicado aqui é similar ao efetuado para segmentação do lúmen quando as imagens apresentavam “*Branch Opening*”. Ou seja, fazer uma interpolação para que as informações pontuais adquiridas sejam unidas e depois utilizar um grupo de operações morfológicas para melhorar a área do Stent.

2.3.3.1. Interpolação

Considerando que o crescimento da neointima mantém um padrão de contorno similar ao lúmen, as informações do stent são ligadas mantendo este padrão gerando assim o contorno do Stent (Figura 2.26(e)). Ou seja, tendo a imagem do lúmen e as informações pontuais do Stent (Figura 2.26(b)), é gerada uma imagem auxiliar representando a distancia do Stent com respeito ao Lúmen (Figura 2.26(c)). Sobre esta imagem, as informações são unidas por uma interpolação linear (Figura 2.26(d)) e posteriormente a imagem interpolada é retornada ao seu formato polar com o lúmen (Figura 2.26(e)).

2.3.3.2. Operações Morfológicas

Dado que só temos um contorno interpolado (Figura 2.27(c)), o seguinte passo foi preencher a área superior do contorno, gerando $P_{Preenchida}$ (Figura 2.27(d)). Devido à transformação inicial de coordenadas polares, existe a necessidade de voltar novamente as coordenadas cartesianas, para tanto $P_{Preenchida}$ é modificada novamente para o domínio cartesiano ($I_{Stent-Cartesiana}$ Figura 2.27(e)). Esta transformação de coordenadas gera pontos pretos sobre a área do stent em $I_{Stent-Cartesiana}$. Para solucionar isso se faz um procedimento de fechamento com um elemento estruturante circular de raio $R=3$, $I_{Stent-Cerrada-3}$ Figura 2.27(f) e, posteriormente, um novo fechamento com elemento estruturante circular, cujo raio é ajustado dinamicamente, R_{din} é executado para que possíveis irregularidades nas bordas sejam corrigidas, gerando assim nossa imagem final I_{Stent} (Figura 2.27(g)).

Finalmente, tendo o método de segmentação do lúmen e do stent o cálculo da área de neointima pode ser calculada por (Tsantis et al 2011):

$$A_{NI} = A_S - A_L \quad (30)$$

Figura 2-26 Esquema de interpolação

Figura 2-27 Pós-processamento do Stent

3. RESULTADOS

Para avaliar os métodos foram usadas 30 imagens de IOCT de dois humanos, 230 imagens de três porcos e 30 imagens de coelho, fazendo desse, um conjunto de imagens desafiadoras, pois oferecem diferentes características, como a parede da coronária, stent e lúmen de diferentes tamanhos, forma e posição espacial. Todas as imagens foram adquiridas no Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor). O protocolo animal de estudo foi aprovado pelo comitê de ética e os pacientes humanos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A aquisição foi feita com pullback de 0,5mm/s e 20 f/s realizadas por um cateter de LightLab ImageWire unido a um sistema de imagem OCT (LightLab™ Optical Coherence Tomography LightLab Imaging, Inc., U.K). O custo computacional foi baseado num computador pessoal DELL com um processador Intel Core 2 Duo, 2.53 GHz, 4 GB de RAM, Windows 7 a 32 bits e ImageJ. Todas as imagens foram segmentadas e posteriormente comparadas com segmentações manuais “*Gold Standards*” feitas por especialistas

3.1. Avaliação

A avaliação da acurácia foi feita a partir do procedimento proposto por Udupa (Udupa et al. (2006)), o qual consiste no cálculo da média e desvio padrão das taxas (%) de “Verdadeiro Positivo” VP, “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN (Figura 3.1), onde o denominador é o numero de pixels do *Gold Standard*.

3.1.1. Avaliação segmentação do Lúmen

Para esta avaliação foram utilizadas todas as imagens advindas de diferentes espécies, totalizando 290 imagens. Além das métricas propostas por Udupa, outros dois índices foram usados, Overlap Dice (Dice (1945)) definido por:

$$overlap(\%) = \frac{100*VP}{VP+FP+FN} \quad , (30)$$

e Overlap (Kupinski e Giger (1998)) definido como:

$$Dice(\%) = \frac{200*VP}{(2*VP)+FP+FN} \quad , (31)$$

para que os resultados obtidos pudessem ser comparados com estudos publicados. Mais uma índice foi calculado para diferenciar entre todas as possíveis saídas, quais apresentavam *melhores resultados*. Esta métrica é definida como:

$$Dif = \frac{(FP+FN)}{2} \quad (32)$$

A Tabela 3.1 resume a média e o desvio padrão das métricas e o pré-processamento médio dos *melhores resultados*. Os resultados de todas as 192 combinações para Pré-processar o lúmen estão no apêndice C. Como pode ser observado nesta Tabela, os resultados obtidos mostraram uma alta acurácia com um VP entre 97.82% – 98.56% e um FP baixo entre 2.22% - 3.69%. Além disso, o custo computacional em torno de 2,01 s, por imagem segmentada, é muito mais rápido que manualmente (86 s) (Papadogiorgaki et al. 2008).

Figura 0-1 Esquema gráfico das Métricas “Verdadeiro Positivo” VP, “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN

Tabela 0-1 Resultados da acurácia para a segmentação do Lúmen

	<i>Pré-processamento</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dif</i>	<i>Overlap</i>	<i>Dice</i>
<i>Pesos Iguais (N)</i>	ConAumentado	97,82	2,54	2,18	2,36	95,48	97,59
	+ Wiener_7	±4,81	±3,32	±4,81	±2,83	±5,34	±3,46
<i>Pesos Dinâmicos (PD)</i>	ConAumentado	98,56	3,69	1,44	2,56	95,22	97,49
	+ Mediana_5	±3,06	±4,52	±3,06	±2,72	±4,84	±2,71
<i>Bhattacharyya (B)</i>	ConAumentado	98,27	3,09	1,73	2,41	95,43	97,63
	+ Mediana_3	±2,35	±4,07	±2,35	±2,14	±3,60	±1,99
<i>SSIM (S)</i>	ConAumentado	98,51	2,22	1,49	1,86	96,47	98,17
	+ Mediana_7	±1,37	±3,67	±1,37	±1,82	±3,13	±1,70

3.1.2. Avaliação segmentação do Stent

Nesta avaliação foram utilizadas 160 imagens com stents provenientes de porcos, e os mesmos índices de acurácia de VP, FP, FN foram calculados (Tabela 3.2), com resultados de segmentação da área do stent produzindo acurácia tão boa quanto aos resultados obtidos pelo lúmen. A Tabela 3.2 resume as métricas, o pré-processamento e o custo computacional médio dos melhores resultados.

Tabela 0-2 Resultados da acurácia para a segmentação do stent

	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Custo (Segundos)</i>
Média	96,51	6,09	3,49	7,87
Desvio	±5,10	±5,32	±5,10	±3,68

4. DISCUSSÃO

O uso de IOCT para detectar características em coronárias faz que sejam desenvolvidos métodos computacionais que ajudem o médico a tomar decisões. Como foi discutido anteriormente, a literatura mostra alguns enfoques computacionais para a segmentação do lúmen e/ou do stent na coronária em imagens IOCT (Tung et al. (2011), Gurmeric et al. (2009), Dubuisson et al. (2009), Sihan et al. (2008), Tsantis et al. (2012), Ughi et al.(2011), Wang et al. (2012), Han et al. (2013)). Contudo, apesar dos esforços, a ausência de um número razoável de métodos e resultados mais acurados dos mesmos, faz com que a procura de métodos alternativos de segmentação da coronária e do stent continue.

A metodologia apresentada neste trabalho para a segmentação do lúmen pode ser dividida em três etapas. A primeira, pré-processamento, é feita com a finalidade de remover atributos não desejados da imagem original e utilizar filtros pra melhorar as imagens. A segunda, processamento, é utilizado o método de fuzzy connectedness, nunca antes utilizado para segmentação do lúmen na coronária, em conjunto com um método de binarização, para retirar informações do lúmen. Por último, no pós-processamento, é feito uma combinação de múltiplas operações morfológicas, para assim, obter com precisão o objeto do lúmen.

Entre todas as possíveis combinações de pré-processamento do lúmen estudadas, a Tabela 3.1 mostra os melhores resultados para cada relação de afinidade proposta. É interessante observar que entre os filtros utilizados, o filtro ISF não ofereceu nenhuma melhora significativa em todas as relações de afinidade estudadas. Como pode ser visto os métodos em relação às métricas, apresentam bons resultados com respeito à acurácia. Observando a Tabela 3.1, também pode se notar que os métodos apresentam desempenhos similares entre eles, e superiores aos da literatura. Contudo, o método que utiliza afinidade SSIM' mostra ser um pouco melhor e mais robusto, apresentado melhor taxa da métrica *Dif*. Isso pode ser explicado devido a que ele não utilizam somente características da intensidade dos pixels (c,d), mas também características da região vizinha a cada pixel com seu kernel. Comparando com a literatura, Tsantis et al. (2012) oferece um método de segmentação automática do lúmen para imagens da artéria femoral humana com um valor de overlap de $93,7 \pm 4,5$, eficácia quase 1.5% inferior ao da

nossa proposta. Em Tung et al. (2011) a segmentação automática do lúmen de coronárias de humanos é feita obtendo um valor médio de Overlap DICE de $97,25 \pm 2,0$, o qual é relevante, mas ainda inferior ao obtido neste trabalho. Finalmente, na comparação com os métodos já publicados, podemos ver que o método proposto aqui apresentou resultados melhores do que os da literatura. Levando-se em conta as dificuldades das imagens por serem de diferentes fontes, a acurácia e robustez do método são constatadas, oferecendo assim uma nova alternativa semiautomática de realizar a segmentação do lúmen.

A metodologia apresentada neste trabalho para a segmentação do stent também pode ser dividida em três etapas. A primeira, pré-processamento, é feita com a finalidade de gerar imagens complementares que serviram para a extração de informações do stent. A segunda, processamento, é feito um grupo de convoluções de kernels que ressaltam bordas com as imagens complementares com a finalidade de extrair informações do stent. Por último, no pós-processamento, é executado um grupo de operações para aperfeiçoar a seleção dos possíveis pontos pertencentes ao stent e melhorar a área efetiva deste.

Em comparação com métodos aplicados na literatura, onde se propõem diversas metodologias fundamentadas na geração de sombras pelo Stent, como contornos ativos (Gurmeric et al. (2009)), sistemas de classificação baseados em redes neurais após utilização de *wavelet* (Tsantis et al. (2012)), geração de “*clustering*” para candidatos selecionados por perfis de intensidade em coordenadas polares Wang et al. (2012), entre outros, nosso método é baseado em operações simples de baixa complexidade sem requerer informação das sombras.

5. CONCLUSÕES

Em resumo, os métodos aqui propostos apresentam boa acurácia e robustez; no caso da segmentação do lúmen, os resultados são superiores e no caso da segmentação do stent as funções necessárias são de baixa complexidade, comparadas com a literatura.

As principais contribuições deste trabalho são: (i) a utilização de fuzzy connectedness para segmentação de imagens IOCT, (ii) a utilização do coeficiente de Bhattacharyya e SSIM' para fazer novas relações de afinidade para fuzzy connectedness, (iii) um estudo de como as operações de pré-processamento para a segmentação do lúmen afetam aos resultados da acurácia, (iv) um método simples para a detecção do “*Branch Opening*”, (v) a combinação de funções simples para a obtenção do stent. (vi) um conjunto de operações morfológicas, projetadas tanto para quatro diferentes funções de afinidades como para a segmentação do Stent, e por último (vii) a combinação de métodos para extração de características (fuzzy connectedness ou Convoluções) com operações morfológicas para atingir com eficácia a segmentação do objeto.

O fato de o método fuzzy connectedness ser semiautomático pode ser visto como uma limitação para a técnica. Contudo as combinações de pré-processamento e as funções de afinidade podem apresentar desempenho melhor em outras modalidades de imagens, servindo de alternativa para essas. Adicionalmente, para trabalhos futuros, podem ser investigadas alternativas para que o usuário só precise implantar a semente na primeira imagem, e a partir dessa imagem, o algoritmo, se torne automático. Da mesma forma, podem ser criadas novas relações locais de afinidades para fuzzy connectedness, e seus desempenhos serem comparados com as atuais. Com respeito à segmentação do stent, podem ser pesquisados diferentes kernels e filtros, além de outras informações características referentes ao stent, que melhorem a obtenção de sua informação e posterior segmentação.

REFERÊNCIAS

- Aherne F, Thacker N, Rockett P. The Bhattacharyya metric as an absolute similarity measure for frequency coded data. *Kybernetika*. 1998; 32(4): 1–7.
- Barajas, J, Caballero K, Rodrigues O, Radeva P. Cardiac phase extraction in IVUS sequences using 1-D Gabor filters. In: Annual International Conference Of The IEEE, 29. 2007, Lyon. Proceedings... EMBS, 2007. p. 343-346
- Besag J. On the statistical analysis of dirty pictures. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 1986; 48: 259-302.
- Bhattacharyya A. On a measure of divergence between two statistical populations defined by their probability distribution. *Bulletin of the Calcutta Mathematical Society*. 1943; 35: 99–110.
- Bouma BE, Tearney GJ, Yabushita H, Shishkov M, Kauffman CR, Gauthier DD, MacNeill BD, Houser SL, Aretz HT, Halpern EF, Jang IK. Evaluation of intracoronary stenting by intravascular optical coherence tomography. *Heart*. 2003; 89, 317–321.
- Boykov YY, Jolly MP. Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in N-D images. *IEEE International Conference on Computer Vision*. 2001 July 7-14; Vancouver, British Columbia, Canada: p. 105–112.
- Brezinski M. *Optical Coherence Tomography: Principles and Applications*. Academic Press, Ed 1, 2006.
- Canny J. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1986; 8: 679–698.
- Cardoso FC, Matsumoto MMS, Furuie SS. Interference based speckle filter. *SPIE Med Imaging Ultrasound Imaging Tomogr Ther* 2011;34:7968.
- Costa RFB, Fagundes DJ. Modelos experimentais de hiperplasia intimal: efeitos da radiação ionizante. *Acta Cirurgica Brasileira*. 2002; 17 (3): 25-30
- Dempster AP, Laird NM, Rubin DB. Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. 1977: 39 (1): 1–38.
- Dice LR. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*. 1945; 26: 297–302.
- Dougherty G. *Digital Image Processing for Medical Applications*. Cambridge University Press; 2009.
- Dubuisson F, Kauffmann C, Motreff P, Sarry L. In vivo oct coronary imaging augmented with stent reendothelialization score. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*. 2009; 5761: 475–482.

Gil D, Hernandez A, Rodriguez O, Mauri J, Radeva P. Statistical strategy for anisotropic adventitia modelling in IVUS. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2006; 25(6):768-778.

Gonzalez RC, Woods RE. *Digital Image Processing*. Third edition, New Jersey, Pearson Prentice-Hall; 2008.

Griño C, Lugo F, León M, Ligeró S, Ruiz JM, Montero J. Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) Funcionamiento y utilidad en patología macular (I). *Gaceta Óptica*. 2008; 12-14.

Gurmeric S, Isguder GG, Carlier S, Unal G. A new 3-d automated computational method to evaluate in-stent neointimal hyperplasia in in-vivo intravascular optical coherence tomography pullbacks. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*. 2009; 5762: 776–785.

Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: Active contour models. *International Journal of Computer Vision*. 1988; 1(4): 321–331.

Kupinski MA, Giger ML. Automated seeded lesion segmentation on digital mammograms. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 1998; 17:510–517.

Lee JS. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 1980;2:165–168.

M. Han ; D. Kim ; W. Y. Oh ; S. Ryu; High-speed automatic segmentation of intravascular stent struts in optical coherence tomography images . *Proc. SPIE 8565, Photonic Therapeutics and Diagnostics IX*, 85653Z (March 8, 2013); doi:10.1117/12.2004335.

Meng L, Lu B, Zhang S, B Yv. In vivo optical coherence tomography (OCT) of experimental thrombosis in a rabbit carotid model. *Heart*. 2007; 24: 777–780.

Moraes MC, Furuie SS. An approach to automatically segment the media-adventitia borders in IVUS *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*. 2010; 26(3):219-33.

Moraes MC, Furuie SS. Automatic coronary wall segmentation in intravascular ultrasound images using binary morphological reconstruction. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2011; 37: 1486-1499.

NHLBI-National Heart Lung and Blood institute. <http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/atherosclerosis/>. Acesso 24 de setembro 2012.

Otsu N. A threshold selection method from gray-scale histogram. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. 1979;9(1): 62-66.

Papadogiorgaki M, Mezaris V, Chatzizisis YS, Giannoglou GD, Kompatsiaris I. Image analysis techniques for automated ivus contour detection. *Ultrasound Med Biol* 2008;34:1482–1498.

Pednekar A, Kakadiaris IA. Image segmentation based on fuzzy connectedness using dynamic weights. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2006;15:1555–1562.

Pollock ML, Wilmore, JH. Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação. 2 ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1993.

Puri R, Worthley MI, Nicholls SJ. Intravascular Imaging of Vulnerable Coronary Plaque: Current and Future Concepts. *Nature Reviews Cardiology*. 2011; 8(3):131–139; doi:10.1038/nrcardio.2010.210

Rieber J, Meissner O, Babaryka G, Oswald SRM, Koenig A, Schiele, T, Shapiro M, Theisen K, Reiser M, Klauss V, Hoffmann U. Diagnostic Accuracy of Optical Coherence Tomography and Intravascular Ultrasound for the Detection and Characterization of Atherosclerotic Plaque Composition In Ex-Vivo Coronary Specimens: A Comparison With Histology. *Coronary Artery Disease*. 2006; 17(5):425–430.

Rubinstein M, Schalch P, Di Silvio M, Betancourt MA, Wong BJ. Optical coherence tomography applications in otolaryngology. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 2009; 60 (5): 357-363.

Siha K, Botka C, Post F, de Winter S, Regar E, Hamers R, Bruining N. A novel approach to quantitative analysis of intravascular optical coherence tomography imaging. *Computers in Cardiology*; 2008 sep 14-17; Bologna, Italy: p. 1089–1092.
Souza AFL. Abordagens para a segmentação de coronárias em ecocardiografia. [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2010.

Souza AJN, Nascimento AJL, Carvalho AS. Reestenose Intra-stent. Opções Terapêuticas na Realidade Brasileira. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*. 2004; 12(4): 193-202.

Tsantis S, Kagadis G, Katsanos K, Karnabatidis D, Bourantas G, Nikiforidis G. Automatic vessel lumen segmentation and stent strut detection in intravascular optical coherence tomography. *Medical Physics*. 2012; 39: 503-513.

Tung KP, Shi W, De Silva R, Edwards E, Rueckert D. Automatic vessel wall detection in intravascular coronary OCT. *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*. 2011. Mar 30 - Apr 02; Chicago, IL, USA 2011. p. 610-613.

Unal G, Bucher S, Carlier S, Slabaugh G, Fang T, Tanaka K. Shape-driven segmentation of the arterial wall in intravascular ultrasound images. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2008; 12:335–347.

Unal G, Gurmeric S, Carlier SG. Stent Implant Follow-Up in Intravascular Optical Coherence Tomography Images. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2010; 26(7):809-816.

Udupa JK, LeBlanc VR, Zhuge Y, Imielinska C, Schmidt H, Currie LM, Hirsch BE, Woodburn J. A Framework for Evaluating Image Segmentation Algorithms. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2006; 30(2):75–87.

Udupa JK, Samarasekera S. Fuzzy connectedness and object definition: theory, algorithms, and applications in image segmentation. *Graphical Models and Image Processing*. 1996;58(3): 246-261.

Ughi GJ, Adriaenssens T, Onsea K, Kayaert P, Dubois C, Sinnaeve P, Coosemans M, Desmet W, D'hooge J. Automatic segmentation of in vivo intra-coronary optical coherence tomography images to assess stent strut apposition and coverage. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2011; 28(2):229–234.

Wang Z, Bovik A, Sheikh H, Simoncelli E. Image quality assessment: From error visibility to Structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2004; 13: 600–612.

Wang, J. Eggermont, N. Dekker, H. M. Garcia-Garcia, R. Pawar, J. H. C. Reiber, and J. Dijkstra,. Automatic stent strut detection in intravascular optical coherence tomographic pullback runs. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* (2012).

WHO- World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2010. 2011. http://www.who.int/nmh/publications/ncd_report2010/en/

WHO- World Health Organization. Noncommunicable diseases and mental health. http://www.who.int/nmh/countries/bra_en.pdf

6. APÊNDICE

APÊNDICE A

Definição de parâmetros para afinidade Bhattacharyya e raio de vizinhança para fuzzy connectedness

A função de afinidade baseada no coeficiente de Bhattacharyya tem alguns parâmetros a ser calculados:

$R_K \rightarrow$ Raio do kernel para definir a área circular onde será calculado o histograma, podendo ser 3,5 ou 7.

Figura Apêndice 1 Área circular onde será calculado o histograma.

Função ponderação por distância $\rightarrow$ é necessária para valorizar os arredores dos pixels vizinhos com o pixel base localizado no centro do kernel. Assim, a função de distancia entre dois pixels e as funções de ponderação são definidas como:

$$Distância = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \quad (33)$$

$$Peso_{gauss} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \left(e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{Distância}{\sigma} \right)^2} \right) \quad (34)$$

$$Peso_{tri} = 1 - \frac{Distância}{R_K} \quad (35)$$

$$Peso_{inv_dis} = \frac{1}{Distância} \quad (36)$$

onde *Distância* é a distância entre 2 pixels, (x_0, y_0) e (x_1, y_1) são as coordenadas do pixel base e do pixel vizinho respectivamente (Figura Apêndice 1), $Peso_{gauss}$, $Peso_{tri}$ e $Peso_{inv_dis}$ são as funções de ponderação “Gaussiana”, “Triangular” e “inverso da distância euclidiana” (Figura Apêndice 2), e σ é o desvio padrão definido como

$$\sigma = \frac{R_k}{3} \quad (37)$$

Figura Apêndice 2 gráfica de imagens de ponderação por distancia.

Número de classes do histograma → Devido a que a função de afinidade Bhattacharyya é baseada em histogramas de duas populações, o numero de classes pode inferir no calculo desta. Assim, neste trabalho o numero de classes pode ser 8, 12, 16, 32 ou 64.

Normalização do histograma → Os valores para máximos e mínimos para normalizar os histogramas para o calculo da afinidade Bhattacharyya pode ser baseado com respeito à área efetiva da imagem (histograma geral) ou só ao kernel da semente (histograma local).

Alem destes parâmetros, deve ser definido o raio de vizinhança (R_f) para encontrar os pixels a ter em conta no calculo da afinidade do método Fuzzy Connectedness, podendo ser igual a 1 ou 2.

Tabela Apêndice 1 Possibilidades a ser avaliadas

<i>Raio Kernel</i>	<i>Função ponderação por distância</i>	<i>Número de classes do histograma</i>	<i>Normalização do histograma</i>	<i>Raio vizinhança Fuzzy</i>	<i>Total</i>
3	Gaussiana	8	Local	1	
5	Triangular	12	Geral	2	
7	Inverso da distância euclidiana	16			
		32			
		64			
Total	3	3	5	2	180

Em total são 180 possibilidades a ser avaliadas e assim encontrar o grupo de parâmetros com melhores resultados. Assim o seguinte procedimento foi realizado para cada uma das possibilidades:

Tendo 30 imagens de IOCT ($I_{normalizada}$) com lúmen definido e fechado é aplicado o método de fuzzy connectedness, com uma possível combinação: **Raio Kernel, Função ponderação por distância, Número de classes do histograma, Normalização do histograma e Raio vizinhança Fuzzy**. Cada uma das 30 imagens de custo de conectividade gerada é binarizada a partir de um limiar calculado por Otsu da área efetiva. Estas imagens binarizadas são avaliadas por meio do procedimento proposto por Udupa, o qual consiste em calcular a média e desvio padrão das métricas "Verdadeiro Positivo" VP, "Falso Positivo" FP e "Falso Negativo" FN.

O critério para escolher qual pré-processamento apresentava melhores resultados, segundo a relação de afinidade usada, foi a média da segmentação das 30 imagens da métrica Dif (eq (32)).

Devido á semelhança de alguns resultados, foi feita uma comparação dos resultados da média da métrica *Dif* por meio do test T-student, e no caso de dois grupos não apresentar diferenças significativas, era escolhido o melhor por critério próprio. As tabelas a seguir mostram alguns dos resultados deste procedimento ate chegar à escolha da melhor combinação de parâmetros.

Tabela Apêndice 2 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=1$ e $R_k=3$.

Radio Fuzzy					1								
Radio Kernel					3								
Função de ponderação por Distancia	Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana				
	Número de classes	8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
	1,60	1,50	1,38	1,44	1,59	1,51	1,50	1,57	1,57	1,50	1,39	1,43	
	1,77	1,77	1,63	1,72	1,74	1,78	1,63	1,76	1,74	1,71	1,57	1,62	
	1,99	2,05	1,99	1,90	2,09	2,18	2,12	2,01	1,95	1,91	1,98	1,88	
	1,64	1,66	1,61	1,57	1,63	1,67	1,64	1,66	1,70	1,63	1,61	1,59	
	1,95	1,85	1,95	2,03	2,00	1,89	2,00	2,06	1,94	1,76	2,06	1,98	
	1,95	1,80	1,49	1,63	2,00	1,80	1,45	1,56	1,88	1,79	1,51	1,53	
	1,67	1,58	1,53	1,43	1,67	1,58	1,54	1,55	1,70	1,62	1,59	1,45	
	2,18	2,12	1,91	1,77	2,08	2,10	1,84	1,73	2,37	2,27	2,08	1,75	
	1,60	1,69	1,63	1,52	1,70	1,75	1,70	1,58	1,56	1,73	1,62	1,53	
	1,28	1,28	1,12	1,39	1,28	1,21	1,11	1,07	1,48	1,26	1,22	1,12	
	1,61	1,49	1,42	1,37	1,63	1,52	1,41	1,37	1,67	1,58	1,48	1,36	
	1,55	1,41	1,35	1,26	1,61	1,44	1,39	1,28	1,69	1,50	1,47	1,29	
	1,86	1,86	1,74	1,55	1,81	1,78	1,68	1,58	1,92	1,90	1,77	1,68	
	1,56	1,57	1,49	1,49	1,53	1,54	1,50	1,50	1,74	1,76	1,54	1,54	
	1,80	1,72	1,72	1,54	1,69	1,66	1,70	1,55	1,86	1,84	1,84	1,59	
	1,36	1,23	1,26	1,29	1,28	1,23	1,26	1,38	1,43	1,24	1,29	1,18	
	1,82	1,83	1,80	1,69	1,78	1,81	1,79	1,79	1,88	1,77	1,75	1,59	
	1,82	1,77	1,75	1,71	1,79	1,72	1,70	1,64	1,76	1,71	1,70	1,65	
	1,89	2,09	2,07	1,82	1,97	2,08	2,04	1,82	1,81	2,05	2,13	1,82	
	1,86	1,80	1,75	1,70	1,79	1,75	1,70	1,70	1,88	1,81	1,74	1,66	
	1,87	1,77	1,76	1,74	1,99	1,87	1,81	1,72	1,72	1,68	1,57	1,72	
	1,54	1,58	1,40	1,39	1,70	1,61	1,35	1,44	1,55	1,57	1,42	1,33	
	2,54	2,47	2,37	2,41	2,46	2,44	2,33	2,46	2,52	2,51	2,37	2,44	
	2,13	2,05	1,96	1,83	2,07	2,00	1,95	1,78	2,37	2,16	2,08	1,91	
	1,49	1,41	1,38	1,30	1,39	1,41	1,33	1,31	1,72	1,46	1,50	1,38	
	1,60	1,50	1,38	1,39	1,58	1,53	1,36	1,29	1,70	1,58	1,49	1,38	
	1,96	1,76	1,72	1,67	1,88	1,77	1,76	1,70	2,00	1,85	1,82	1,69	
	2,19	2,00	1,98	1,75	2,14	1,96	1,94	1,68	2,39	2,27	2,14	1,97	
	1,60	1,57	1,38	1,21	1,41	1,43	1,26	1,14	1,81	1,83	1,61	1,27	
	2,34	2,36	2,12	2,03	2,25	2,27	2,07	1,96	2,42	2,51	2,29	1,92	
Média	1,80	1,75	1,67	1,62	1,78	1,74	1,66	1,62	1,86	1,79	1,72	1,61	
Desvio Padrão	0,29	0,29	0,29	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,31	0,30	0,28	

Tabela Apêndice 3 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=1$ e $R_k=5$.

Radio Fuzzy		1											
Radio Kernel		5											
Função de ponderação por Distancia		Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana			
Número de classes		8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
		1,24	1,25	1,31	1,23	1,35	1,43	1,41	1,48	1,24	1,25	1,25	1,24
		1,85	1,81	1,74	1,72	1,68	1,68	1,57	1,55	1,81	1,81	1,82	1,84
		1,96	2,03	2,03	1,97	2,06	2,10	2,11	2,02	1,84	1,91	1,98	1,92
		1,62	1,59	1,55	1,47	1,64	1,60	1,57	1,44	1,66	1,62	1,56	1,48
		2,64	2,37	2,47	2,40	2,43	2,12	2,22	2,29	2,76	2,52	2,58	2,51
		1,84	1,84	1,74	1,53	1,90	1,84	1,77	1,48	1,70	1,72	1,65	1,46
		1,68	1,46	1,53	1,45	1,62	1,48	1,49	1,39	1,69	1,49	1,62	1,50
		2,59	2,55	2,44	2,20	2,51	2,41	2,30	2,05	2,59	2,58	2,42	2,24
		1,50	1,56	1,46	1,35	1,59	1,49	1,50	1,38	1,39	1,47	1,40	1,35
		1,47	1,38	1,32	1,20	1,45	1,31	1,31	1,15	1,29	1,30	1,22	1,20
		1,97	1,91	1,93	1,73	1,87	1,84	1,84	1,58	1,98	2,02	1,95	1,75
		1,95	1,90	1,84	1,59	1,71	1,62	1,64	1,45	1,94	1,94	1,95	1,71
		1,95	1,99	2,04	1,78	1,96	1,97	1,96	1,84	1,88	1,92	2,02	1,87
		1,91	1,96	1,76	1,68	1,74	1,80	1,66	1,49	1,76	1,82	1,73	1,67
		2,26	2,15	2,14	1,90	2,07	2,01	1,94	1,78	2,35	2,27	2,23	2,00
		1,35	1,38	1,29	1,18	1,31	1,29	1,25	1,15	1,32	1,37	1,28	1,18
		2,25	2,07	2,11	1,87	2,05	1,91	1,91	1,84	2,29	2,14	2,18	2,03
		1,70	1,88	1,77	1,87	1,70	1,73	1,68	1,80	1,79	1,96	1,88	1,97
		1,96	1,91	1,90	1,70	2,06	2,00	2,03	1,76	1,87	1,96	1,79	1,62
		2,09	2,00	1,95	1,72	1,98	1,88	1,81	1,68	2,09	2,08	1,92	1,79
		1,80	1,83	1,77	1,71	1,75	1,79	1,69	1,71	1,85	1,89	1,87	1,84
		1,84	1,71	1,81	1,56	1,81	1,54	1,67	1,60	1,80	1,65	1,74	1,45
		2,66	2,63	2,54	2,51	2,54	2,57	2,48	2,45	2,68	2,68	2,66	2,60
		2,92	2,77	2,67	2,35	2,61	2,54	2,50	2,22	2,98	2,90	2,87	2,52
		2,20	2,00	2,04	1,73	2,07	1,90	1,88	1,55	2,19	2,08	2,07	1,83
		2,75	2,52	2,41	2,11	2,45	2,19	2,17	1,89	2,74	2,65	2,53	2,21
		2,44	2,30	2,29	1,98	2,04	2,02	2,01	1,72	2,19	2,17	2,18	1,99
		2,56	2,48	2,45	2,26	2,38	2,30	2,22	1,99	2,36	2,36	2,27	2,11
		2,63	2,45	2,46	1,96	2,26	2,12	2,12	1,79	2,72	2,57	2,59	2,20
		2,49	2,64	2,62	2,22	2,35	2,44	2,38	2,09	2,50	2,67	2,65	2,38
Média		2,07	2,01	1,98	1,80	1,96	1,90	1,87	1,72	2,04	2,03	2,00	1,85
Desvio Padrão		0,45	0,41	0,41	0,35	0,36	0,35	0,34	0,32	0,47	0,45	0,44	0,39

Tabela Apêndice 4 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=1$ e $R_k=7$.

Radio Fuzzy		1											
Radio Kernel		7											
Função de ponderação por Distancia		Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana			
Número de classes		8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
		1,17	1,13	1,16	1,16	1,21	1,25	1,25	1,20	1,18	1,15	1,16	1,13
		1,97	2,00	2,01	1,98	1,69	1,69	1,63	1,69	1,66	1,65	1,61	1,72
		1,80	1,82	1,94	1,84	1,83	1,87	1,92	1,84	1,78	1,80	1,86	1,81
		1,59	1,50	1,63	1,52	1,62	1,54	1,58	1,50	1,63	1,57	1,66	1,62
		2,91	2,94	2,83	3,02	2,43	2,54	2,37	2,54	2,81	2,90	2,77	2,84
		1,61	1,55	1,52	1,39	1,66	1,62	1,60	1,43	1,51	1,50	1,47	1,33
		1,74	1,72	1,76	1,86	1,49	1,55	1,49	1,67	1,43	1,46	1,46	1,56
		2,90	2,93	2,85	2,75	2,61	2,63	2,52	2,42	2,84	2,83	2,82	2,78
		1,25	1,31	1,20	1,23	1,33	1,44	1,31	1,29	1,29	1,38	1,32	1,30
		1,11	1,26	1,22	1,24	1,23	1,22	1,18	1,17	1,01	1,16	1,11	1,14
		2,29	2,26	2,21	2,11	2,06	2,03	2,03	1,90	2,26	2,30	2,28	2,15
		2,23	2,23	2,21	2,10	1,98	1,96	1,95	1,78	2,12	2,11	2,12	2,06
		1,90	1,98	2,04	1,97	1,95	2,00	2,03	1,96	1,83	1,92	1,90	1,91
		1,96	1,96	1,95	1,86	1,68	1,71	1,71	1,74	2,02	1,99	1,98	1,96
		2,53	2,60	2,56	2,38	2,35	2,37	2,31	2,11	2,32	2,39	2,36	2,20
		1,22	1,20	1,16	1,09	1,30	1,22	1,19	1,16	1,14	1,13	1,09	1,08
		2,32	2,33	2,32	2,20	2,15	2,12	2,09	2,02	2,07	2,09	2,06	2,01
		1,96	1,94	2,14	2,02	1,73	1,73	1,99	1,85	1,91	1,94	2,04	1,99
		1,56	1,58	1,56	1,66	1,81	1,93	1,94	1,94	1,66	1,58	1,55	1,66
		2,14	2,13	2,10	1,96	2,04	1,96	1,96	1,79	1,98	2,04	2,01	1,87
		1,99	2,12	2,04	2,12	1,79	1,79	1,75	1,90	1,82	1,95	1,86	1,83
		1,63	1,60	1,64	1,62	1,81	1,73	1,74	1,68	1,53	1,52	1,57	1,54
		2,66	2,66	2,69	2,69	2,60	2,63	2,59	2,59	2,57	2,64	2,65	2,66
		2,86	2,93	2,91	2,71	2,71	2,74	2,70	2,49	2,63	2,65	2,79	2,59
		2,16	2,18	2,35	2,28	2,05	2,02	2,12	1,89	1,86	1,84	1,87	1,84
		2,58	2,66	2,55	2,47	2,56	2,53	2,48	2,26	2,38	2,40	2,34	2,24
		2,24	2,35	2,56	2,32	2,10	2,15	2,25	2,10	2,08	2,07	2,28	2,11
		2,02	1,97	1,85	1,71	2,26	2,17	2,01	1,90	1,80	1,71	1,69	1,51
		3,22	3,21	3,18	2,78	2,76	2,71	2,68	2,42	2,99	3,01	2,94	2,65
		2,79	2,79	2,79	2,91	2,57	2,58	2,66	2,61	2,79	2,81	2,80	2,91
Média		2,08	2,09	2,10	2,03	1,98	1,98	1,97	1,89	1,96	1,98	1,98	1,93
Desvio Padrão		0,56	0,57	0,56	0,53	0,45	0,46	0,45	0,42	0,53	0,54	0,54	0,52

Tabela Apêndice 5 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=2$ e $R_k=3$.

Radio Fuzzy		2											
Radio Kernel		3											
Função de ponderação por Distancia		Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana			
Número de classes		8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
		1,82	1,88	1,58	1,65	1,75	1,86	1,83	1,67	1,90	1,89	1,73	1,69
		1,92	1,94	1,78	1,92	2,05	1,97	1,93	1,99	1,83	1,79	1,76	1,80
		2,14	2,16	2,18	2,09	2,15	2,28	2,39	2,20	2,15	2,10	2,12	2,08
		1,85	1,83	1,84	1,83	1,83	1,88	1,86	1,83	1,91	1,89	1,82	1,81
		2,30	2,15	2,48	2,53	2,35	2,22	2,50	2,47	2,41	2,13	2,50	2,50
		2,13	2,00	1,81	1,83	2,15	1,94	1,54	1,77	2,14	1,94	1,63	1,72
		1,89	1,81	1,76	1,76	1,86	1,80	1,74	1,75	1,76	1,79	1,68	1,69
		2,63	2,51	2,39	2,18	2,64	2,55	2,45	2,29	2,81	2,76	2,56	2,27
		1,82	1,97	1,88	1,74	1,87	1,97	2,02	1,81	1,79	1,94	1,91	1,72
		1,78	1,61	1,50	1,40	1,75	1,62	1,47	1,33	1,76	1,54	1,39	1,36
		1,98	1,85	1,79	1,65	1,95	1,85	1,74	1,65	1,98	1,90	1,85	1,64
		1,89	1,73	1,66	1,58	1,90	1,73	1,71	1,60	2,03	1,83	1,83	1,62
		2,15	2,15	2,08	1,99	2,08	2,06	1,99	1,88	2,26	2,27	2,14	2,03
		2,04	2,02	1,86	1,86	2,00	1,98	1,96	1,96	2,08	2,07	1,96	1,96
		2,17	2,11	2,09	1,94	2,12	2,11	2,13	1,92	2,31	2,26	2,20	1,95
		1,50	1,41	1,37	1,45	1,50	1,38	1,40	1,53	1,57	1,41	1,42	1,35
		2,18	2,16	2,13	2,04	2,12	2,17	2,21	2,19	2,24	2,14	2,11	2,04
		2,05	1,94	2,07	2,07	2,01	1,86	2,10	2,02	2,01	1,91	1,92	1,92
		2,15	2,46	2,46	2,16	2,12	2,44	2,40	2,24	2,18	2,31	2,40	2,09
		2,21	2,12	2,06	1,90	2,16	2,14	2,03	1,95	2,18	2,14	2,03	1,84
		2,14	2,09	1,99	2,02	2,28	2,18	2,24	1,99	2,05	2,01	1,91	2,19
		1,95	1,90	1,66	1,63	1,98	1,85	1,65	1,69	2,07	1,78	1,73	1,62
		2,62	2,54	2,43	2,48	2,59	2,52	2,43	2,46	2,58	2,52	2,46	2,46
		2,68	2,46	2,33	2,17	2,59	2,40	2,37	2,18	2,75	2,55	2,42	2,24
		2,01	1,73	1,72	1,58	1,96	1,72	1,73	1,63	2,09	1,88	1,76	1,73
		2,04	2,01	1,89	1,78	1,98	2,04	1,82	1,72	2,16	1,98	1,97	1,79
		2,31	2,29	2,23	2,01	2,34	2,35	2,32	2,06	2,35	2,28	2,19	2,02
		2,56	2,56	2,30	2,17	2,64	2,56	2,41	2,15	2,78	2,69	2,63	2,35
		2,16	2,09	1,92	1,68	2,03	1,97	1,83	1,59	2,42	2,33	2,16	1,82
		2,62	2,77	2,60	2,39	2,59	2,74	2,52	2,30	2,72	2,81	2,71	2,32
Média		2,12	2,08	1,99	1,92	2,11	2,07	2,02	1,93	2,18	2,10	2,03	1,92
Desvio Padrão		0,28	0,31	0,31	0,28	0,29	0,31	0,33	0,29	0,32	0,34	0,35	0,30

Tabela Apêndice 6 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=2$ e $R_k=5$.

Radio Fuzzy		2											
Radio Kernel		5											
Função de ponderação por Distancia		Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana			
Número de classes		8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
		1,47	1,56	1,55	1,52	1,56	1,69	1,76	1,71	1,43	1,47	1,41	1,42
		2,18	2,18	2,13	2,07	1,97	1,97	1,94	1,91	2,23	2,25	2,21	2,17
		2,16	2,25	2,23	2,24	2,24	2,32	2,36	2,32	2,08	2,20	2,22	2,20
		1,88	1,89	1,84	1,74	1,83	1,75	1,78	1,68	1,93	1,87	1,83	1,70
		3,26	2,97	3,10	2,92	3,01	2,80	2,80	2,84	3,41	3,16	3,22	3,01
		2,08	2,09	1,95	1,71	2,17	2,12	2,04	1,75	1,95	1,96	1,90	1,75
		1,96	1,80	1,90	1,76	1,88	1,76	1,76	1,66	1,95	1,82	1,89	1,75
		3,13	2,99	2,84	2,67	2,98	2,83	2,73	2,55	3,25	3,25	3,09	2,86
		1,82	1,96	1,74	1,75	1,92	1,83	1,78	1,68	1,76	1,80	1,72	1,67
		1,75	1,68	1,76	1,53	1,82	1,69	1,69	1,49	1,64	1,59	1,53	1,58
		2,44	2,33	2,35	2,02	2,28	2,25	2,23	1,96	2,51	2,39	2,38	2,13
		2,34	2,32	2,21	2,02	2,18	2,09	2,06	1,94	2,38	2,40	2,33	2,15
		2,35	2,34	2,39	2,22	2,34	2,30	2,39	2,25	2,26	2,28	2,34	2,17
		2,19	2,18	2,13	1,91	2,12	2,14	2,06	1,84	2,11	2,19	2,16	2,05
		2,74	2,58	2,54	2,31	2,53	2,44	2,41	2,25	2,88	2,81	2,76	2,48
		1,71	1,66	1,56	1,44	1,60	1,56	1,46	1,41	1,61	1,63	1,59	1,45
		2,73	2,55	2,58	2,44	2,47	2,32	2,38	2,32	2,70	2,60	2,61	2,50
		2,13	2,30	2,16	2,29	2,06	2,16	2,11	2,20	2,22	2,36	2,29	2,40
		2,40	2,43	2,28	1,91	2,47	2,42	2,46	2,14	2,35	2,37	2,23	2,08
		2,48	2,38	2,33	2,13	2,34	2,28	2,24	2,04	2,49	2,42	2,34	2,15
		2,22	2,29	2,19	2,16	2,22	2,26	2,09	2,08	2,19	2,23	2,20	2,21
		2,18	1,98	2,13	1,91	2,21	1,86	2,04	1,95	2,14	2,05	2,09	1,84
		2,76	2,75	2,70	2,67	2,70	2,72	2,62	2,63	2,78	2,77	2,76	2,71
		3,39	3,25	3,20	2,87	3,07	3,00	3,05	2,67	3,29	3,21	3,25	2,84
		2,63	2,47	2,50	2,24	2,44	2,31	2,32	2,13	2,68	2,63	2,62	2,38
		3,17	3,00	2,83	2,52	2,94	2,75	2,68	2,43	3,03	2,91	2,85	2,56
		2,85	2,74	2,68	2,44	2,69	2,65	2,59	2,35	2,75	2,62	2,62	2,48
		2,95	2,87	2,88	2,69	2,85	2,74	2,67	2,44	2,73	2,71	2,67	2,50
		3,14	3,04	2,97	2,55	2,77	2,66	2,66	2,33	3,38	3,21	3,16	2,71
		2,96	3,08	3,09	2,70	2,85	2,88	2,91	2,51	3,01	3,06	3,21	2,91
Média		2,45	2,40	2,36	2,18	2,35	2,29	2,27	2,12	2,44	2,41	2,38	2,23
Desvio Padrão		0,51	0,46	0,46	0,41	0,42	0,41	0,40	0,36	0,54	0,50	0,52	0,44

Tabela Apêndice 7 Resultados para métrica *Dif* com $R_f=2$ e $R_k=7$.

Radio Fuzzy		2											
Radio Kernel		7											
Função de ponderação por Distancia		Triangular				Gaussiana				Inverso da distância euclidiana			
Número de classes		8	12	16	32	8	12	16	32	8	12	16	32
		1,41	1,45	1,43	1,43	1,46	1,53	1,48	1,45	1,38	1,43	1,37	1,41
		2,24	2,28	2,24	2,28	2,04	2,11	2,05	2,07	1,98	2,02	1,98	2,09
		2,03	2,06	2,25	2,11	2,00	2,02	2,15	2,05	1,98	2,03	2,15	2,03
		1,91	1,85	1,92	1,84	1,93	1,86	1,90	1,83	1,90	1,85	1,92	1,89
		3,49	3,54	3,41	3,45	2,98	3,22	3,09	3,12	3,37	3,44	3,32	3,42
		1,86	1,83	1,81	1,71	1,93	1,88	1,81	1,67	1,80	1,79	1,74	1,62
		2,05	2,03	2,02	2,11	1,88	1,99	1,83	1,97	1,84	1,79	1,81	1,99
		3,51	3,45	3,42	3,29	3,22	3,17	3,14	3,07	3,50	3,50	3,38	3,36
		1,57	1,64	1,61	1,63	1,74	1,79	1,67	1,65	1,56	1,69	1,62	1,65
		1,41	1,66	1,53	1,61	1,56	1,70	1,55	1,59	1,32	1,51	1,45	1,50
		2,72	2,80	2,68	2,50	2,51	2,52	2,51	2,38	2,77	2,79	2,75	2,59
		2,59	2,62	2,63	2,49	2,41	2,42	2,36	2,23	2,57	2,60	2,57	2,51
		2,30	2,36	2,45	2,39	2,31	2,40	2,40	2,35	2,25	2,30	2,36	2,37
		2,44	2,41	2,36	2,31	2,15	2,20	2,13	2,13	2,41	2,48	2,44	2,39
		2,98	3,03	2,96	2,76	2,79	2,90	2,78	2,59	2,81	2,88	2,84	2,64
		1,57	1,55	1,50	1,44	1,61	1,60	1,59	1,48	1,50	1,44	1,39	1,37
		2,79	2,82	2,74	2,58	2,55	2,57	2,48	2,45	2,46	2,48	2,47	2,47
		2,37	2,41	2,55	2,42	2,19	2,19	2,45	2,28	2,32	2,38	2,53	2,43
		2,16	2,12	2,06	2,24	2,29	2,40	2,33	2,42	2,15	2,12	2,05	2,15
		2,49	2,54	2,49	2,27	2,41	2,36	2,28	2,20	2,41	2,45	2,40	2,26
		2,38	2,44	2,38	2,41	2,23	2,26	2,22	2,36	2,23	2,33	2,25	2,17
		1,97	1,96	2,05	1,97	2,17	2,08	2,10	2,07	1,90	1,95	1,98	1,96
		2,79	2,81	2,86	2,87	2,73	2,78	2,75	2,75	2,77	2,77	2,83	2,80
		3,35	3,37	3,36	3,15	3,21	3,23	3,22	3,01	3,13	3,16	3,20	2,96
		2,58	2,66	2,74	2,70	2,51	2,51	2,61	2,46	2,31	2,33	2,36	2,36
		2,91	2,90	2,95	2,84	2,89	2,90	2,82	2,70	2,75	2,75	2,81	2,67
		2,70	2,63	2,90	2,77	2,58	2,56	2,80	2,61	2,52	2,48	2,68	2,56
		2,51	2,40	2,24	2,14	2,62	2,53	2,37	2,26	2,29	2,23	2,11	2,01
		3,68	3,67	3,62	3,25	3,32	3,26	3,22	2,91	3,46	3,51	3,48	3,15
		3,33	3,25	3,40	3,45	3,12	3,11	3,18	3,19	3,23	3,25	3,34	3,43
Média		2,47	2,48	2,49	2,41	2,38	2,40	2,38	2,31	2,36	2,39	2,39	2,34
Desvio Padrão		0,62	0,61	0,61	0,57	0,51	0,50	0,52	0,48	0,60	0,60	0,60	0,57

APÊNDICE B

Geração do melhor porcentagem de Otsu para definir limiar de binarização

Dado o pré-processamento do lúmen, no qual foram testados múltiplos filtros e mudanças de intensidades na $I_{\text{normalizada}}$. O diagrama de Figura Apêndice 3 resume as múltiplas saídas para este pré-processamento. Tendo em conta que são 4 relações de afinidade, 3 tipos de imagens de entrada ($I_{\text{normalizada}}$, $I_{\text{Cont_aumentado}}$ e $I_{\text{mod_otsu}}$), um filtro mediana com elemento estrutural circular de diâmetro 3, 5, 7, 9 ou 11, um filtro Lee-Wiener com janela de tamanho 3, 5, 7 ou 9 ou um Filtro ISF com elemento estruturante circular de diâmetro 9, 11 e 13 para a mediana inicial e com elemento estruturante circular de raio 3 e 5 para a mediana final, contamos que para cada imagem a segmentar temos:

Tabela Apêndice 8 Possibilidades a ser estudadas para obter o fator que será multiplicado por Otsu para a posterior Binarização

<i>Entrada</i>	<i>Afinidade</i>	<i>Filtros</i>	<i>Numero Saídas</i>
$I_{\text{normalizada}}$ (1)	Pesos Iguais (1)	Mediana (5)	60
$I_{\text{Cont_aumentado}}$ (1)	Pesos Dinâmicos (1)	Lee-Wiener (4)	48
$I_{\text{mod_otsu}}$ (1)	Bhattacharyya (1)	ISF (6)	72
	SSIM' (1)	Nenhum (1)	12
Total	3	4	192

Figura Apêndice 3 Resumo do Pré-processamento

Sabendo que são 192 imagens de custo de conectividade por cada imagem de IOCT que foi segmentada, é necessário definir 192 valores de porcentagens de Otsu que gerem os melhores resultados. Assim o seguinte procedimento foi realizado para cada uma das possibilidades (lentrada_filtro_afinidade):

Tendo 30 imagens de IOCT com seus lúmen definidos e fechados, é realizada a respectiva etapa de pré-processamento e, posteriormente, é aplicado o método de fuzzy connectedness, com a referente função de afinidade, gerando assim 30 imagens de custo de conectividade. Para cada uma destas imagens é calculado o valor de Otsu dentro da área efetiva. Adicionalmente, é feito para cada imagem de custo de conectividade, 75 binarizações com valores que crescem linearmente entre $0,75 \cdot \text{Otsu}$ e $1,35 \cdot \text{Otsu}$. Estas imagens binarizadas são avaliadas por meio do procedimento proposto por Udupa, o qual consiste em calcular a média e desvio padrão das métricas “Falso Positivo” FP e “Falso Negativo” FN.

Para poder estabelecer o valor que minimiza a relação entre FN e FP, se considera uma função discreta:

$$d(t) = \sqrt{FP(t)^2 + FN(t)^2} \quad [0,75 \leq t \leq 1,35], \quad (38)$$

e seu gráfico é computado. Partindo deste gráfico, é procurada uma linha de tendência que se aproxima, por mínimos quadrados, a um polinômio $d^*(t)$ de grau 4, para, posteriormente, encontrar seu mínimo. Esse mínimo indica o fator a multiplicar o limiar de Otsu, o qual faz que a binarização do objeto seja a que tenha a melhor relação entre FP e FN.

Tendo encontrado os 30 mínimos para cada imagem de custo de conectividade, é computada a mediana entre eles. Este valor de mediana encontrado vai ser tomado como o fator final de binarização para a respectiva etapa de pré-processamento e posterior processamento.

Figura Apêndice 4 Esquema de como definir o melhor limiar para a binarização após da aplicação do fuzzy connectedness. Exemplo em uma das imagens tomadas para o estudo. (a) $I_{\text{Cont_aumentado}}$ é a imagem pré-processada sem filtros e com modificação da intensidade por histograma. (b) $I_{\text{Custo_Conectividade}}$ é a imagem de valores de conectividades. (c) $I_{\text{Binarizadas}}$ é o conjunto de imagens binarizadas com valores que variam entre $t=0,75 \cdot \text{Otsu}$ e $t=1,35 \cdot \text{Otsu}$. (d) Gráfica que relaciona a função distância VS t . Polinômio de aproximação com grau 4 da gráfica e sinalização do ponto que minimiza o polinômio.

Na Tabela Apêndice 9 são mostrados os diferentes valores encontrados que serão multiplicados pelo valor de Otsu para ser utilizados como limiar de binarização, em um formato Imagem_Filtro_Tamanhodofiltro_Afinidade. Nas Tabelas subsequentes é mostrado o calculo do fator para Ori_W5_S.

Tabela Apêndice 9 Valores de multiplicação de Otsu para binarização

SemFiltro			
ConAumentado_SemFiltro_B	1,35	Ori_SemFiltro_B	1,34
ConAumentado_SemFiltro_N	1,33	Ori_SemFiltro_N	1,31
ConAumentado_SemFiltro_PD	1,35	Ori_SemFiltro_PD	1,35
ConAumentado_SemFiltro_S	1,33	Ori_SemFiltro_S	1,24
ModOtsu_SemFiltro_B	1,35	ModOtsu_SemFiltro_N	1,35
ModOtsu_SemFiltro_PD	1,35	ModOtsu_SemFiltro_S	1,31
Mediana			
ConAumentado_M3_B	1,30	Ori_M3_B	1,35
ConAumentado_M3_N	1,34	Ori_M3_N	1,32
ConAumentado_M3_PD	1,35	Ori_M3_PD	1,35
ConAumentado_M3_S	1,10	Ori_M3_S	1,21
ConAumentado_M5_B	1,20	Ori_M5_B	1,23
ConAumentado_M5_N	1,35	Ori_M5_N	1,35
ConAumentado_M5_PD	1,35	Ori_M5_PD	1,29
ConAumentado_M5_S	1,03	Ori_M5_S	1,16
ConAumentado_M7_B	0,75	Ori_M7_B	0,77
ConAumentado_M7_N	1,08	Ori_M7_N	1,12
ConAumentado_M7_PD	1,01	Ori_M7_PD	1,08
ConAumentado_M7_S	0,97	Ori_M7_S	1,10
ConAumentado_M9_B	0,75	Ori_M9_B	0,75
ConAumentado_M9_N	0,90	Ori_M9_N	0,98
ConAumentado_M9_PD	0,85	Ori_M9_PD	0,84
ConAumentado_M9_S	0,97	Ori_M9_S	1,07
ConAumentado_M11_B	0,75	Ori_M11_B	0,75
ConAumentado_M11_N	0,90	Ori_M11_N	0,99
ConAumentado_M11_PD	0,84	Ori_M11_PD	0,84
ConAumentado_M11_S	0,89	Ori_M11_S	1,02
ModOtsu_M3_B	1,35	ModOtsu_M3_N	1,35
ModOtsu_M3_PD	1,35	ModOtsu_M3_S	1,26
ModOtsu_M5_B	1,26	ModOtsu_M5_N	1,35
ModOtsu_M5_PD	1,31	ModOtsu_M5_S	1,18
ModOtsu_M7_B	0,76	ModOtsu_M7_N	1,19
ModOtsu_M7_PD	1,11	ModOtsu_M7_S	1,12
ModOtsu_M9_B	0,75	ModOtsu_M9_N	1,08
ModOtsu_M9_PD	0,85	ModOtsu_M9_S	1,08
ModOtsu_M11_B	0,75	ModOtsu_M11_N	0,80
ModOtsu_M11_PD	0,85	ModOtsu_M11_S	1,10
Wiener			
ConAumentado_W3_B	1,29	Ori_W3_B	1,35
ConAumentado_W3_N	1,35	Ori_W3_N	1,35
ConAumentado_W3_PD	1,35	Ori_W3_PD	1,35
ConAumentado_W3_S	1,18	Ori_W3_S	1,24
ConAumentado_W5_B	0,81	Ori_W5_B	1,35
ConAumentado_W5_N	1,25	Ori_W5_N	1,35
ConAumentado_W5_PD	0,92	Ori_W5_PD	1,35
ConAumentado_W5_S	1,11	Ori_W5_S	1,20
ConAumentado_W7_B	0,75	Ori_W7_B	0,75
ConAumentado_W7_N	1,02	Ori_W7_N	1,01
ConAumentado_W7_PD	0,75	Ori_W7_PD	0,95
ConAumentado_W7_S	1,09	Ori_W7_S	1,17
ConAumentado_W9_B	0,75	Ori_W9_B	0,75
ConAumentado_W9_N	1,08	Ori_W9_N	0,91
ConAumentado_W9_PD	0,75	Ori_W9_PD	0,75
ConAumentado_W9_S	1,07	Ori_W9_S	1,17
ModOtsu_W3_B	1,35	ModOtsu_W3_N	1,35
ModOtsu_W3_PD	1,35	ModOtsu_W3_S	1,35
ModOtsu_W5_B	0,93	ModOtsu_W5_N	1,23
ModOtsu_W5_PD	0,86	ModOtsu_W5_S	1,26
ModOtsu_W7_B	0,75	ModOtsu_W7_N	1,10
ModOtsu_W7_PD	0,75	ModOtsu_W7_S	1,26
ModOtsu_W9_B	0,75	ModOtsu_W9_N	1,12
ModOtsu_W9_PD	0,75	ModOtsu_W9_S	1,24
ISF			
ConAumentado_I93_B	0,90	Ori_I93_B	0,91
ConAumentado_I93_N	1,30	Ori_I93_N	1,31
ConAumentado_I93_PD	1,35	Ori_I93_PD	1,32
ConAumentado_I93_S	0,91	Ori_I93_S	1,07
ConAumentado_I95_B	0,77	Ori_I95_B	0,75
ConAumentado_I95_N	0,95	Ori_I95_N	1,05
ConAumentado_I95_PD	1,00	Ori_I95_PD	0,91
ConAumentado_I95_S	0,86	Ori_I95_S	1,04
ModOtsu_I93_B	0,91	ModOtsu_I93_N	1,35
ModOtsu_I93_PD	1,35	ModOtsu_I93_S	1,10
ModOtsu_I95_B	0,75	ModOtsu_I95_N	1,12
ModOtsu_I95_PD	0,84	ModOtsu_I95_S	1,07

ConAumentado_I113_B	0,80	Ori_I113_B	0,77	ModOtsu_I113_B	0,80
ConAumentado_I113_N	1,27	Ori_I113_N	1,33	ModOtsu_I113_N	1,29
ConAumentado_I113_PD	1,35	Ori_I113_PD	1,33	ModOtsu_I113_PD	1,31
ConAumentado_I113_S	0,88	Ori_I113_S	1,03	ModOtsu_I113_S	1,10
ConAumentado_I115_B	0,75	Ori_I115_B	0,75	ModOtsu_I115_B	0,75
ConAumentado_I115_N	1,06	Ori_I115_N	0,96	ModOtsu_I115_N	1,16
ConAumentado_I115_PD	0,91	Ori_I115_PD	0,86	ModOtsu_I115_PD	0,90
ConAumentado_I115_S	0,85	Ori_I115_S	1,00	ModOtsu_I115_S	1,04
ConAumentado_I133_B	0,75	Ori_I133_B	0,75	ModOtsu_I133_B	0,75
ConAumentado_I133_N	1,27	Ori_I133_N	1,35	ModOtsu_I133_N	1,35
ConAumentado_I133_PD	1,35	Ori_I133_PD	1,35	ModOtsu_I133_PD	1,32
ConAumentado_I133_S	0,87	Ori_I133_S	1,03	ModOtsu_I133_S	1,11
ConAumentado_I135_B	0,75	Ori_I135_B	0,75	ModOtsu_I135_B	0,75
ConAumentado_I135_N	1,07	Ori_I135_N	0,96	ModOtsu_I135_N	1,19
ConAumentado_I135_PD	1,35	Ori_I135_PD	0,93	ModOtsu_I135_PD	1,35
ConAumentado_I135_S	0,82	Ori_I135_S	1,00	ModOtsu_I135_S	1,01

Imagem Custo de conectividade 1					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	4,672	0,000	4,672	1,000
2	0,758	4,647	0,000	4,647	0,993
3	0,766	4,538	0,000	4,538	0,960
4	0,774	4,467	0,000	4,467	0,939
5	0,782	4,417	0,000	4,417	0,925
6	0,791	4,385	0,000	4,385	0,915
7	0,799	4,233	0,000	4,233	0,870
8	0,807	4,131	0,000	4,131	0,840
9	0,815	4,023	0,006	4,023	0,808
10	0,823	3,964	0,006	3,964	0,791
11	0,831	3,905	0,006	3,905	0,773
12	0,839	3,841	0,006	3,841	0,754
13	0,847	3,783	0,006	3,783	0,737
14	0,855	3,720	0,006	3,720	0,718
15	0,864	3,612	0,006	3,612	0,686
16	0,872	3,567	0,013	3,567	0,673
17	0,880	3,488	0,013	3,488	0,650
18	0,888	3,451	0,013	3,451	0,639
19	0,896	3,280	0,019	3,280	0,588
20	0,904	3,235	0,038	3,236	0,575
21	0,912	3,210	0,038	3,210	0,568
22	0,920	3,176	0,051	3,177	0,558
23	0,928	3,104	0,083	3,105	0,536
24	0,936	3,066	0,083	3,067	0,525
25	0,945	2,758	0,083	2,759	0,434
26	0,953	2,698	0,083	2,700	0,417
27	0,961	2,641	0,083	2,642	0,399
28	0,969	2,628	0,096	2,630	0,396
29	0,977	2,589	0,115	2,592	0,385
30	0,985	2,521	0,122	2,524	0,365
31	0,993	2,483	0,128	2,486	0,353
32	1,001	2,470	0,128	2,473	0,350
33	1,009	2,425	0,199	2,433	0,338
34	1,018	2,353	0,218	2,363	0,317
35	1,026	2,293	0,237	2,306	0,300
36	1,034	2,144	0,250	2,159	0,257
37	1,042	2,112	0,263	2,129	0,248

	Dist_norma
Max	4,672
Min	1,292
Resta	3,380

Valor que minimiza o Polinômio	1,2309
--------------------------------	--------

38	1,050	2,024	0,263	2,041	0,222
39	1,058	1,986	0,314	2,010	0,213
40	1,066	1,914	0,327	1,941	0,192
41	1,074	1,894	0,327	1,922	0,187
42	1,082	1,873	0,340	1,904	0,181
43	1,091	1,809	0,385	1,850	0,165
44	1,099	1,622	0,385	1,667	0,111
45	1,107	1,602	0,398	1,651	0,106
46	1,115	1,577	0,404	1,628	0,099
47	1,123	1,497	0,416	1,554	0,078
48	1,131	1,472	0,467	1,544	0,075
49	1,139	1,465	0,474	1,540	0,074
50	1,147	1,453	0,474	1,528	0,070
51	1,155	1,395	0,512	1,486	0,057
52	1,164	1,337	0,551	1,446	0,046
53	1,172	1,284	0,551	1,397	0,031
54	1,180	1,233	0,608	1,375	0,025
55	1,188	1,135	0,692	1,329	0,011
56	1,196	1,109	0,748	1,338	0,014
57	1,204	1,084	0,832	1,366	0,022
58	1,212	1,052	0,864	1,361	0,021
59	1,220	1,002	0,921	1,361	0,021
60	1,228	0,951	0,960	1,351	0,018
61	1,236	0,887	0,992	1,330	0,011
62	1,245	0,855	0,998	1,314	0,007
63	1,253	0,814	1,017	1,303	0,003
64	1,261	0,782	1,062	1,319	0,008
65	1,269	0,725	1,069	1,292	0,000
66	1,277	0,668	1,178	1,354	0,018
67	1,285	0,661	1,190	1,362	0,021
68	1,293	0,642	1,240	1,397	0,031
69	1,301	0,642	1,290	1,441	0,044
70	1,309	0,623	1,406	1,538	0,073
71	1,318	0,565	1,457	1,562	0,080
72	1,326	0,528	1,508	1,598	0,091
73	1,334	0,501	1,712	1,783	0,145
74	1,342	0,475	1,745	1,809	0,153
75	1,350	0,463	1,790	1,849	0,165

<i>Imagem Custo de conectividade 2</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,150	0,031	2,150	1,000
2	0,758	2,150	0,031	2,150	1,000
3	0,766	2,119	0,031	2,119	0,976
4	0,774	2,044	0,044	2,044	0,917
5	0,782	2,006	0,044	2,006	0,888
6	0,791	1,975	0,044	1,975	0,864
7	0,799	1,950	0,044	1,950	0,844
8	0,807	1,950	0,044	1,950	0,844
9	0,815	1,942	0,044	1,942	0,838
10	0,823	1,879	0,056	1,880	0,790
11	0,831	1,842	0,063	1,843	0,761
12	0,839	1,810	0,069	1,812	0,736
13	0,847	1,754	0,075	1,755	0,693
14	0,855	1,729	0,081	1,731	0,674
15	0,864	1,729	0,081	1,731	0,674
16	0,872	1,708	0,081	1,710	0,658
17	0,880	1,690	0,081	1,692	0,643
18	0,888	1,671	0,081	1,673	0,629
19	0,896	1,625	0,088	1,628	0,594
20	0,904	1,594	0,100	1,597	0,570
21	0,912	1,549	0,124	1,554	0,537
22	0,920	1,549	0,124	1,554	0,537
23	0,928	1,524	0,124	1,530	0,517
24	0,936	1,475	0,143	1,482	0,480
25	0,945	1,475	0,143	1,482	0,480
26	0,953	1,450	0,162	1,459	0,462
27	0,961	1,413	0,181	1,425	0,436
28	0,969	1,401	0,181	1,412	0,426
29	0,977	1,401	0,181	1,412	0,426
30	0,985	1,369	0,187	1,382	0,402
31	0,993	1,351	0,206	1,366	0,390
32	1,001	1,301	0,237	1,322	0,356
33	1,009	1,257	0,275	1,287	0,329
34	1,018	1,214	0,287	1,247	0,297
35	1,026	1,207	0,300	1,244	0,295
36	1,034	1,207	0,300	1,244	0,295
37	1,042	1,195	0,300	1,232	0,286

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,150
Min	0,865
Resta	1,285

Valor que minimiza o Polinômio	1,2486
--------------------------------	--------

38	1,050	1,146	0,331	1,193	0,255
39	1,058	1,077	0,375	1,141	0,215
40	1,066	1,046	0,381	1,113	0,193
41	1,074	1,021	0,394	1,094	0,179
42	1,082	1,021	0,394	1,094	0,179
43	1,091	0,982	0,424	1,070	0,159
44	1,099	0,944	0,431	1,038	0,135
45	1,107	0,888	0,431	0,987	0,095
46	1,115	0,882	0,437	0,984	0,093
47	1,123	0,869	0,456	0,981	0,091
48	1,131	0,869	0,481	0,993	0,100
49	1,139	0,869	0,481	0,993	0,100
50	1,147	0,863	0,493	0,994	0,100
51	1,155	0,842	0,506	0,983	0,092
52	1,164	0,811	0,512	0,959	0,073
53	1,172	0,805	0,537	0,968	0,080
54	1,180	0,785	0,568	0,969	0,081
55	1,188	0,767	0,580	0,961	0,075
56	1,196	0,767	0,580	0,961	0,075
57	1,204	0,718	0,599	0,935	0,055
58	1,212	0,674	0,599	0,902	0,029
59	1,220	0,662	0,599	0,892	0,021
60	1,228	0,624	0,624	0,882	0,014
61	1,236	0,611	0,643	0,887	0,017
62	1,245	0,574	0,674	0,885	0,016
63	1,253	0,574	0,674	0,885	0,016
64	1,261	0,555	0,680	0,878	0,010
65	1,269	0,518	0,693	0,865	0,000
66	1,277	0,505	0,718	0,878	0,010
67	1,285	0,455	0,743	0,871	0,005
68	1,293	0,442	0,749	0,870	0,004
69	1,301	0,417	0,824	0,924	0,046
70	1,309	0,417	0,824	0,924	0,046
71	1,318	0,405	0,837	0,930	0,050
72	1,326	0,392	0,857	0,942	0,060
73	1,334	0,378	0,888	0,965	0,078
74	1,342	0,378	0,937	1,011	0,113
75	1,350	0,366	0,981	1,047	0,142

<i>Imagem Custo de conectividade 3</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,933	0,000	2,933	1,000
2	0,758	2,933	0,000	2,933	1,000
3	0,766	2,860	0,000	2,860	0,966
4	0,774	2,810	0,000	2,810	0,942
5	0,782	2,771	0,006	2,771	0,924
6	0,791	2,712	0,006	2,712	0,896
7	0,799	2,660	0,006	2,660	0,872
8	0,807	2,660	0,006	2,660	0,872
9	0,815	2,647	0,006	2,647	0,865
10	0,823	2,619	0,006	2,619	0,853
11	0,831	2,574	0,006	2,574	0,831
12	0,839	2,541	0,006	2,541	0,816
13	0,847	2,535	0,006	2,535	0,813
14	0,855	2,489	0,006	2,489	0,791
15	0,864	2,489	0,006	2,489	0,791
16	0,872	2,441	0,006	2,441	0,768
17	0,880	2,389	0,006	2,389	0,744
18	0,888	2,356	0,006	2,356	0,729
19	0,896	2,317	0,006	2,317	0,710
20	0,904	2,265	0,006	2,265	0,686
21	0,912	2,220	0,006	2,220	0,665
22	0,920	2,220	0,006	2,220	0,665
23	0,928	2,200	0,006	2,200	0,655
24	0,936	2,161	0,006	2,161	0,637
25	0,945	2,092	0,006	2,092	0,604
26	0,953	2,079	0,006	2,079	0,598
27	0,961	2,053	0,026	2,053	0,586
28	0,969	2,027	0,052	2,028	0,574
29	0,977	2,027	0,052	2,028	0,574
30	0,985	1,997	0,052	1,997	0,560
31	0,993	1,949	0,052	1,950	0,538
32	1,001	1,917	0,052	1,918	0,522
33	1,009	1,917	0,058	1,918	0,522
34	1,018	1,854	0,058	1,855	0,493
35	1,026	1,828	0,058	1,829	0,480
36	1,034	1,828	0,058	1,829	0,480
37	1,042	1,798	0,071	1,800	0,467

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,933
Min	0,808
Resta	2,125

Valor que minimiza o Polinômio	1,3209
--------------------------------	--------

38	1,050	1,716	0,071	1,717	0,428
39	1,058	1,626	0,071	1,628	0,386
40	1,066	1,587	0,071	1,589	0,368
41	1,074	1,556	0,084	1,559	0,353
42	1,082	1,556	0,084	1,559	0,353
43	1,091	1,519	0,117	1,524	0,337
44	1,099	1,492	0,117	1,497	0,324
45	1,107	1,445	0,130	1,451	0,303
46	1,115	1,412	0,130	1,418	0,287
47	1,123	1,357	0,130	1,363	0,261
48	1,131	1,313	0,143	1,321	0,241
49	1,139	1,313	0,143	1,321	0,241
50	1,147	1,274	0,143	1,282	0,223
51	1,155	1,222	0,149	1,231	0,199
52	1,164	1,196	0,149	1,205	0,187
53	1,172	1,176	0,169	1,189	0,179
54	1,180	1,138	0,169	1,151	0,161
55	1,188	1,073	0,208	1,093	0,134
56	1,196	1,073	0,208	1,093	0,134
57	1,204	1,033	0,247	1,062	0,120
58	1,212	0,962	0,304	1,009	0,095
59	1,220	0,936	0,330	0,992	0,087
60	1,228	0,896	0,349	0,961	0,072
61	1,236	0,857	0,356	0,928	0,057
62	1,245	0,836	0,397	0,926	0,055
63	1,253	0,836	0,397	0,926	0,055
64	1,261	0,791	0,417	0,894	0,040
65	1,269	0,791	0,442	0,906	0,046
66	1,277	0,791	0,442	0,906	0,046
67	1,285	0,689	0,462	0,829	0,010
68	1,293	0,669	0,501	0,836	0,013
69	1,301	0,650	0,507	0,824	0,008
70	1,309	0,650	0,507	0,824	0,008
71	1,318	0,650	0,507	0,824	0,008
72	1,326	0,585	0,570	0,817	0,004
73	1,334	0,572	0,589	0,822	0,006
74	1,342	0,532	0,608	0,808	0,000
75	1,350	0,520	0,634	0,820	0,006

Imagem Custo de conectividade 4					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	3,266	0,006	3,266	1,000
2	0,758	3,266	0,006	3,266	1,000
3	0,766	3,247	0,006	3,247	0,991
4	0,774	3,193	0,006	3,193	0,967
5	0,782	3,146	0,006	3,146	0,946
6	0,791	3,079	0,006	3,079	0,915
7	0,799	3,065	0,006	3,065	0,909
8	0,807	3,030	0,006	3,030	0,894
9	0,815	2,971	0,006	2,971	0,867
10	0,823	2,971	0,006	2,971	0,867
11	0,831	2,913	0,006	2,913	0,840
12	0,839	2,869	0,006	2,869	0,821
13	0,847	2,770	0,024	2,771	0,776
14	0,855	2,759	0,024	2,759	0,771
15	0,864	2,675	0,024	2,675	0,733
16	0,872	2,657	0,024	2,657	0,725
17	0,880	2,633	0,024	2,634	0,715
18	0,888	2,633	0,024	2,634	0,715
19	0,896	2,589	0,030	2,589	0,694
20	0,904	2,565	0,030	2,565	0,684
21	0,912	2,541	0,030	2,541	0,673
22	0,920	2,529	0,030	2,529	0,668
23	0,928	2,511	0,036	2,512	0,659
24	0,936	2,470	0,036	2,470	0,641
25	0,945	2,452	0,048	2,452	0,633
26	0,953	2,446	0,048	2,446	0,630
27	0,961	2,446	0,048	2,446	0,630
28	0,969	2,416	0,048	2,417	0,617
29	0,977	2,387	0,048	2,388	0,603
30	0,985	2,292	0,060	2,293	0,561
31	0,993	2,263	0,060	2,264	0,548
32	1,001	2,234	0,067	2,235	0,535
33	1,009	2,206	0,067	2,207	0,522
34	1,018	2,182	0,079	2,184	0,512
35	1,026	2,182	0,079	2,184	0,512
36	1,034	2,130	0,085	2,132	0,488
37	1,042	2,124	0,091	2,126	0,486

	Dist_norma
Max	3,266
Min	1,050
Resta	2,216

Valor que minimiza o Polinômio	1,35
--------------------------------	------

38	1,050	2,083	0,097	2,085	0,467
39	1,058	2,045	0,109	2,048	0,450
40	1,066	2,010	0,109	2,013	0,435
41	1,074	1,987	0,115	1,990	0,424
42	1,082	1,911	0,121	1,915	0,390
43	1,091	1,911	0,121	1,915	0,390
44	1,099	1,857	0,121	1,861	0,366
45	1,107	1,792	0,138	1,797	0,337
46	1,115	1,726	0,177	1,735	0,309
47	1,123	1,714	0,177	1,723	0,304
48	1,131	1,677	0,177	1,686	0,287
49	1,139	1,647	0,195	1,659	0,275
50	1,147	1,629	0,195	1,641	0,267
51	1,155	1,588	0,201	1,600	0,248
52	1,164	1,588	0,201	1,600	0,248
53	1,172	1,564	0,219	1,579	0,239
54	1,180	1,536	0,225	1,552	0,226
55	1,188	1,494	0,231	1,512	0,208
56	1,196	1,458	0,237	1,477	0,193
57	1,204	1,409	0,243	1,430	0,171
58	1,212	1,349	0,277	1,378	0,148
59	1,220	1,326	0,283	1,356	0,138
60	1,228	1,326	0,283	1,356	0,138
61	1,236	1,265	0,289	1,298	0,112
62	1,245	1,259	0,316	1,298	0,112
63	1,253	1,234	0,333	1,278	0,103
64	1,261	1,229	0,339	1,275	0,101
65	1,269	1,192	0,339	1,239	0,085
66	1,277	1,138	0,357	1,193	0,064
67	1,285	1,126	0,381	1,189	0,063
68	1,293	1,126	0,381	1,189	0,063
69	1,301	1,102	0,409	1,176	0,057
70	1,309	1,074	0,409	1,149	0,045
71	1,318	1,032	0,421	1,114	0,029
72	1,326	0,996	0,457	1,096	0,020
73	1,334	0,960	0,457	1,063	0,006
74	1,342	0,936	0,487	1,055	0,002
75	1,350	0,924	0,499	1,050	0,000

Imagem Custo de conectividade 5					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,969	0,000	2,969	1,000
2	0,758	2,969	0,000	2,969	1,000
3	0,766	2,920	0,012	2,920	0,976
4	0,774	2,890	0,012	2,890	0,961
5	0,782	2,847	0,012	2,847	0,941
6	0,791	2,847	0,018	2,847	0,941
7	0,799	2,753	0,031	2,753	0,895
8	0,807	2,704	0,031	2,704	0,871
9	0,815	2,649	0,037	2,649	0,845
10	0,823	2,564	0,037	2,565	0,804
11	0,831	2,534	0,037	2,534	0,789
12	0,839	2,534	0,037	2,534	0,789
13	0,847	2,497	0,037	2,497	0,771
14	0,855	2,446	0,037	2,447	0,747
15	0,864	2,391	0,037	2,391	0,720
16	0,872	2,323	0,037	2,324	0,687
17	0,880	2,317	0,037	2,318	0,684
18	0,888	2,287	0,037	2,287	0,669
19	0,896	2,256	0,043	2,256	0,654
20	0,904	2,213	0,043	2,213	0,634
21	0,912	2,163	0,043	2,164	0,609
22	0,920	2,109	0,043	2,110	0,583
23	0,928	2,109	0,043	2,110	0,583
24	0,936	2,024	0,055	2,024	0,542
25	0,945	1,988	0,055	1,988	0,524
26	0,953	1,906	0,061	1,907	0,485
27	0,961	1,852	0,061	1,853	0,459
28	0,969	1,833	0,061	1,834	0,450
29	0,977	1,815	0,068	1,816	0,441
30	0,985	1,752	0,068	1,753	0,411
31	0,993	1,709	0,068	1,710	0,390
32	1,001	1,672	0,074	1,674	0,372
33	1,009	1,661	0,074	1,662	0,366
34	1,018	1,661	0,074	1,662	0,366
35	1,026	1,630	0,074	1,632	0,352
36	1,034	1,588	0,074	1,590	0,331
37	1,042	1,562	0,074	1,564	0,319

	Dist_norma
Max	2,969
Min	0,906
Resta	2,063

Valor que minimiza o Polinômio	1,35
--------------------------------	------

38	1,050	1,531	0,104	1,535	0,305
39	1,058	1,482	0,123	1,487	0,282
40	1,066	1,451	0,160	1,460	0,268
41	1,074	1,421	0,160	1,430	0,254
42	1,082	1,408	0,172	1,419	0,248
43	1,091	1,402	0,172	1,413	0,245
44	1,099	1,402	0,172	1,413	0,245
45	1,107	1,372	0,178	1,383	0,231
46	1,115	1,329	0,190	1,342	0,211
47	1,123	1,329	0,190	1,342	0,211
48	1,131	1,298	0,190	1,312	0,197
49	1,139	1,261	0,203	1,277	0,180
50	1,147	1,220	0,227	1,241	0,162
51	1,155	1,183	0,233	1,206	0,145
52	1,164	1,140	0,262	1,170	0,128
53	1,172	1,128	0,275	1,161	0,123
54	1,180	1,108	0,301	1,148	0,117
55	1,188	1,108	0,301	1,148	0,117
56	1,196	1,090	0,313	1,134	0,110
57	1,204	1,072	0,344	1,125	0,106
58	1,212	1,041	0,344	1,096	0,092
59	1,220	0,986	0,362	1,050	0,070
60	1,228	0,955	0,417	1,042	0,066
61	1,236	0,924	0,417	1,014	0,052
62	1,245	0,875	0,430	0,975	0,033
63	1,253	0,857	0,442	0,964	0,028
64	1,261	0,838	0,473	0,962	0,027
65	1,269	0,812	0,479	0,943	0,018
66	1,277	0,812	0,479	0,943	0,018
67	1,285	0,800	0,491	0,939	0,016
68	1,293	0,751	0,522	0,914	0,004
69	1,301	0,739	0,540	0,915	0,004
70	1,309	0,726	0,558	0,916	0,005
71	1,318	0,682	0,601	0,909	0,001
72	1,326	0,676	0,619	0,916	0,005
73	1,334	0,645	0,639	0,908	0,001
74	1,342	0,621	0,664	0,909	0,001
75	1,350	0,590	0,688	0,906	0,000

Imagem Custo de conectividade 6					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,370	0,038	2,370	1,000
2	0,758	2,370	0,038	2,370	1,000
3	0,766	2,325	0,044	2,326	0,967
4	0,774	2,287	0,051	2,288	0,939
5	0,782	2,229	0,051	2,229	0,895
6	0,791	2,184	0,051	2,185	0,862
7	0,799	2,172	0,051	2,172	0,852
8	0,807	2,172	0,051	2,172	0,852
9	0,815	2,151	0,051	2,152	0,837
10	0,823	2,138	0,051	2,139	0,827
11	0,831	2,105	0,063	2,106	0,803
12	0,839	2,049	0,063	2,050	0,761
13	0,847	2,024	0,083	2,026	0,743
14	0,855	1,967	0,083	1,969	0,700
15	0,864	1,967	0,083	1,969	0,700
16	0,872	1,948	0,083	1,950	0,686
17	0,880	1,925	0,090	1,927	0,669
18	0,888	1,849	0,109	1,852	0,613
19	0,896	1,796	0,109	1,799	0,573
20	0,904	1,745	0,115	1,749	0,536
21	0,912	1,685	0,115	1,689	0,491
22	0,920	1,685	0,115	1,689	0,491
23	0,928	1,641	0,128	1,646	0,458
24	0,936	1,616	0,147	1,622	0,441
25	0,945	1,596	0,153	1,604	0,427
26	0,953	1,558	0,172	1,568	0,400
27	0,961	1,495	0,172	1,505	0,353
28	0,969	1,489	0,178	1,499	0,349
29	0,977	1,489	0,178	1,499	0,349
30	0,985	1,469	0,204	1,483	0,337
31	0,993	1,444	0,204	1,458	0,318
32	1,001	1,387	0,204	1,401	0,276
33	1,009	1,362	0,216	1,379	0,259
34	1,018	1,343	0,242	1,365	0,248
35	1,026	1,292	0,242	1,315	0,211
36	1,034	1,292	0,242	1,315	0,211
37	1,042	1,261	0,248	1,285	0,188

	Dist_norma
Max	2,370
Min	1,033
Rest	1,337

Valor que minimiza o Polinômio	1,2096
--------------------------------	--------

38	1,050	1,211	0,286	1,244	0,158
39	1,058	1,185	0,299	1,222	0,142
40	1,066	1,166	0,330	1,212	0,134
41	1,074	1,142	0,343	1,192	0,119
42	1,082	1,142	0,343	1,192	0,119
43	1,091	1,097	0,362	1,156	0,092
44	1,099	1,070	0,401	1,143	0,082
45	1,107	1,051	0,407	1,128	0,071
46	1,115	1,026	0,420	1,109	0,057
47	1,123	1,007	0,439	1,099	0,049
48	1,131	0,994	0,445	1,089	0,042
49	1,139	0,994	0,445	1,089	0,042
50	1,147	0,950	0,483	1,066	0,025
51	1,155	0,931	0,509	1,061	0,021
52	1,164	0,925	0,534	1,068	0,026
53	1,172	0,892	0,566	1,056	0,018
54	1,180	0,862	0,621	1,063	0,022
55	1,188	0,830	0,639	1,048	0,011
56	1,196	0,830	0,639	1,048	0,011
57	1,204	0,782	0,679	1,036	0,002
58	1,212	0,761	0,717	1,046	0,010
59	1,220	0,736	0,749	1,050	0,013
60	1,228	0,704	0,792	1,060	0,020
61	1,236	0,656	0,799	1,034	0,001
62	1,245	0,642	0,816	1,038	0,004
63	1,253	0,642	0,816	1,038	0,004
64	1,261	0,628	0,835	1,045	0,009
65	1,269	0,608	0,835	1,033	0,000
66	1,277	0,576	0,860	1,035	0,002
67	1,285	0,551	0,917	1,070	0,028
68	1,293	0,539	0,930	1,075	0,032
69	1,301	0,533	0,975	1,111	0,058
70	1,309	0,533	0,975	1,111	0,058
71	1,318	0,533	1,019	1,150	0,088
72	1,326	0,521	1,057	1,178	0,109
73	1,334	0,497	1,070	1,179	0,110
74	1,342	0,483	1,081	1,185	0,113
75	1,350	0,476	1,120	1,217	0,138

Imagem Custo de conectividade 7					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	3,251	0,097	3,252	1,000
2	0,758	3,251	0,097	3,252	1,000
3	0,766	3,219	0,097	3,220	0,985
4	0,774	3,171	0,097	3,172	0,962
5	0,782	3,147	0,097	3,148	0,951
6	0,791	3,086	0,097	3,087	0,922
7	0,799	3,025	0,097	3,027	0,893
8	0,807	3,019	0,103	3,021	0,890
9	0,815	2,976	0,109	2,978	0,870
10	0,823	2,957	0,109	2,959	0,861
11	0,831	2,957	0,109	2,959	0,861
12	0,839	2,928	0,140	2,931	0,848
13	0,847	2,873	0,146	2,877	0,822
14	0,855	2,788	0,152	2,792	0,782
15	0,864	2,758	0,158	2,762	0,768
16	0,872	2,744	0,158	2,749	0,761
17	0,880	2,683	0,170	2,689	0,733
18	0,888	2,665	0,182	2,671	0,725
19	0,896	2,626	0,188	2,633	0,706
20	0,904	2,626	0,188	2,633	0,706
21	0,912	2,535	0,188	2,542	0,663
22	0,920	2,467	0,188	2,474	0,631
23	0,928	2,436	0,188	2,444	0,617
24	0,936	2,407	0,194	2,414	0,603
25	0,945	2,383	0,206	2,392	0,592
26	0,953	2,316	0,230	2,328	0,562
27	0,961	2,275	0,248	2,288	0,543
28	0,969	2,221	0,248	2,234	0,517
29	0,977	2,196	0,248	2,210	0,506
30	0,985	2,196	0,248	2,210	0,506
31	0,993	2,170	0,248	2,185	0,494
32	1,001	2,152	0,261	2,168	0,486
33	1,009	2,122	0,274	2,139	0,472
34	1,018	2,103	0,280	2,121	0,464
35	1,026	2,066	0,298	2,087	0,447
36	1,034	2,029	0,316	2,054	0,432
37	1,042	1,999	0,358	2,031	0,421

	Dist_norma
Max	3,252
Min	1,143
Resta	2,109

Valor que minimiza o Polinômio	1,35
--------------------------------	------

38	1,050	1,981	0,358	2,013	0,412
39	1,058	1,981	0,358	2,013	0,412
40	1,066	1,937	0,388	1,976	0,395
41	1,074	1,919	0,388	1,958	0,386
42	1,082	1,871	0,400	1,913	0,365
43	1,091	1,835	0,406	1,879	0,349
44	1,099	1,798	0,419	1,846	0,333
45	1,107	1,737	0,437	1,791	0,307
46	1,115	1,724	0,443	1,780	0,302
47	1,123	1,694	0,455	1,754	0,290
48	1,131	1,694	0,455	1,754	0,290
49	1,139	1,664	0,467	1,728	0,277
50	1,147	1,634	0,479	1,703	0,265
51	1,155	1,588	0,485	1,660	0,245
52	1,164	1,545	0,492	1,621	0,227
53	1,172	1,527	0,522	1,614	0,223
54	1,180	1,515	0,522	1,602	0,218
55	1,188	1,463	0,527	1,555	0,195
56	1,196	1,445	0,539	1,542	0,189
57	1,204	1,427	0,539	1,525	0,181
58	1,212	1,427	0,539	1,525	0,181
59	1,220	1,378	0,564	1,489	0,164
60	1,228	1,332	0,570	1,448	0,145
61	1,236	1,289	0,599	1,421	0,132
62	1,245	1,263	0,636	1,414	0,128
63	1,253	1,228	0,661	1,394	0,119
64	1,261	1,222	0,661	1,389	0,116
65	1,269	1,191	0,698	1,381	0,113
66	1,277	1,143	0,704	1,342	0,094
67	1,285	1,143	0,704	1,342	0,094
68	1,293	1,173	0,618	1,326	0,087
69	1,301	1,143	0,624	1,302	0,075
70	1,309	1,112	0,643	1,285	0,067
71	1,318	1,106	0,678	1,297	0,073
72	1,326	1,026	0,738	1,264	0,057
73	1,334	0,934	0,805	1,232	0,042
74	1,342	0,890	0,823	1,212	0,032
75	1,350	0,768	0,847	1,143	0,000

Imagem Custo de conectividade 8					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,494	2,119	3,272	0,041
2	0,758	2,494	2,119	3,272	0,041
3	0,766	2,460	2,142	3,262	0,026
4	0,774	2,428	2,179	3,262	0,026
5	0,782	2,428	2,179	3,262	0,026
6	0,791	2,423	2,197	3,271	0,039
7	0,799	2,376	2,230	3,258	0,021
8	0,807	2,376	2,230	3,258	0,021
9	0,815	2,348	2,262	3,260	0,024
10	0,823	2,326	2,262	3,244	0,000
11	0,831	2,326	2,262	3,244	0,000
12	0,839	2,307	2,280	3,244	0,000
13	0,847	2,281	2,308	3,245	0,001
14	0,855	2,281	2,308	3,245	0,001
15	0,864	2,239	2,359	3,252	0,012
16	0,872	2,207	2,382	3,247	0,005
17	0,880	2,207	2,382	3,247	0,005
18	0,888	2,202	2,392	3,252	0,011
19	0,896	2,161	2,452	3,268	0,035
20	0,904	2,161	2,452	3,268	0,035
21	0,912	2,147	2,480	3,280	0,053
22	0,920	2,147	2,517	3,308	0,093
23	0,928	2,147	2,517	3,308	0,093
24	0,936	2,101	2,554	3,307	0,091
25	0,945	2,046	2,558	3,276	0,046
26	0,953	1,995	2,586	3,266	0,032
27	0,961	1,995	2,586	3,266	0,032
28	0,969	1,962	2,623	3,275	0,046
29	0,977	1,911	2,661	3,276	0,047
30	0,985	1,911	2,661	3,276	0,047
31	0,993	1,906	2,712	3,315	0,103
32	1,001	1,874	2,743	3,322	0,113
33	1,009	1,874	2,743	3,322	0,113
34	1,018	1,856	2,752	3,319	0,109
35	1,026	1,838	2,783	3,336	0,133
36	1,034	1,838	2,783	3,336	0,133
37	1,042	1,834	2,829	3,372	0,186

	Dist_norma
Max	3,932
Min	3,244
Resta	0,688

Valor que minimiza o Polinômio	0,8366
--------------------------------	--------

38	1,050	1,820	2,843	3,376	0,192
39	1,058	1,820	2,843	3,376	0,192
40	1,066	1,815	2,853	3,381	0,199
41	1,074	1,755	2,862	3,357	0,164
42	1,082	1,755	2,862	3,357	0,164
43	1,091	1,751	2,899	3,386	0,207
44	1,099	1,740	2,926	3,405	0,234
45	1,107	1,740	2,926	3,405	0,234
46	1,115	1,731	2,943	3,414	0,247
47	1,123	1,727	2,952	3,420	0,255
48	1,131	1,727	2,952	3,420	0,255
49	1,139	1,695	2,984	3,432	0,273
50	1,147	1,679	3,007	3,444	0,290
51	1,155	1,650	3,099	3,511	0,388
52	1,164	1,650	3,099	3,511	0,388
53	1,172	1,613	3,103	3,498	0,369
54	1,180	1,563	3,150	3,516	0,395
55	1,188	1,563	3,150	3,516	0,395
56	1,196	1,549	3,187	3,543	0,434
57	1,204	1,549	3,213	3,567	0,469
58	1,212	1,549	3,213	3,567	0,469
59	1,220	1,530	3,232	3,576	0,482
60	1,228	1,530	3,272	3,613	0,536
61	1,236	1,530	3,272	3,613	0,536
62	1,245	1,530	3,282	3,621	0,548
63	1,253	1,526	3,291	3,627	0,557
64	1,261	1,526	3,291	3,627	0,557
65	1,269	1,517	3,300	3,632	0,564
66	1,277	1,507	3,343	3,667	0,615
67	1,285	1,507	3,343	3,667	0,615
68	1,293	1,475	3,388	3,696	0,656
69	1,301	1,457	3,430	3,726	0,701
70	1,309	1,457	3,430	3,726	0,701
71	1,318	1,453	3,484	3,775	0,771
72	1,326	1,448	3,540	3,824	0,843
73	1,334	1,448	3,540	3,824	0,843
74	1,342	1,448	3,616	3,895	0,946
75	1,350	1,443	3,658	3,932	1,000

Imagem Custo de conectividade 9					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,414	0,359	2,440	1,000
2	0,758	2,414	0,359	2,440	1,000
3	0,766	2,393	0,359	2,420	0,984
4	0,774	2,343	0,369	2,371	0,944
5	0,782	2,307	0,385	2,339	0,917
6	0,791	2,277	0,405	2,312	0,895
7	0,799	2,209	0,420	2,249	0,843
8	0,807	2,138	0,445	2,184	0,789
9	0,815	2,107	0,462	2,157	0,767
10	0,823	2,089	0,497	2,148	0,760
11	0,831	2,019	0,508	2,082	0,706
12	0,839	1,974	0,519	2,041	0,672
13	0,847	1,954	0,534	2,025	0,660
14	0,855	1,954	0,534	2,025	0,660
15	0,864	1,894	0,539	1,969	0,613
16	0,872	1,865	0,544	1,943	0,592
17	0,880	1,821	0,544	1,901	0,557
18	0,888	1,791	0,555	1,874	0,536
19	0,896	1,763	0,566	1,851	0,517
20	0,904	1,709	0,591	1,808	0,481
21	0,912	1,668	0,596	1,772	0,451
22	0,920	1,639	0,607	1,748	0,432
23	0,928	1,619	0,607	1,729	0,416
24	0,936	1,614	0,612	1,726	0,413
25	0,945	1,584	0,637	1,708	0,399
26	0,953	1,540	0,657	1,674	0,371
27	0,961	1,540	0,657	1,674	0,371
28	0,969	1,455	0,678	1,605	0,314
29	0,977	1,424	0,693	1,584	0,297
30	0,985	1,377	0,708	1,548	0,268
31	0,993	1,335	0,713	1,514	0,239
32	1,001	1,299	0,723	1,487	0,218
33	1,009	1,294	0,723	1,483	0,214
34	1,018	1,249	0,759	1,462	0,197
35	1,026	1,225	0,769	1,446	0,184
36	1,034	1,148	0,799	1,399	0,145
37	1,042	1,117	0,805	1,376	0,127

	Dist_norma
Max	2,440
Min	1,222
Resta	1,218

Valor que minimiza o Polinômio	1,1253
--------------------------------	--------

38	1,050	1,093	0,830	1,372	0,123
39	1,058	1,093	0,830	1,372	0,123
40	1,066	1,062	0,855	1,363	0,116
41	1,074	1,027	0,870	1,346	0,102
42	1,082	0,969	0,880	1,309	0,071
43	1,091	0,937	0,895	1,296	0,061
44	1,099	0,814	0,911	1,222	0,000
45	1,107	0,801	0,926	1,224	0,002
46	1,115	0,771	0,961	1,232	0,009
47	1,123	0,765	0,987	1,248	0,022
48	1,131	0,739	1,032	1,270	0,039
49	1,139	0,694	1,068	1,274	0,043
50	1,147	0,689	1,103	1,301	0,065
51	1,155	0,664	1,182	1,356	0,110
52	1,164	0,664	1,182	1,356	0,110
53	1,172	0,654	1,202	1,369	0,120
54	1,180	0,604	1,207	1,350	0,105
55	1,188	0,588	1,258	1,389	0,137
56	1,196	0,588	1,279	1,407	0,152
57	1,204	0,572	1,304	1,424	0,166
58	1,212	0,562	1,329	1,443	0,182
59	1,220	0,542	1,355	1,459	0,195
60	1,228	0,537	1,360	1,462	0,197
61	1,236	0,522	1,391	1,486	0,217
62	1,245	0,516	1,492	1,579	0,293
63	1,253	0,497	1,539	1,618	0,325
64	1,261	0,497	1,539	1,618	0,325
65	1,269	0,461	1,570	1,636	0,340
66	1,277	0,388	1,696	1,740	0,425
67	1,285	0,372	1,741	1,780	0,458
68	1,293	0,345	1,782	1,815	0,487
69	1,301	0,330	1,807	1,837	0,505
70	1,309	0,289	1,888	1,910	0,565
71	1,318	0,289	1,919	1,940	0,590
72	1,326	0,279	1,954	1,974	0,617
73	1,334	0,279	1,994	2,013	0,649
74	1,342	0,258	2,251	2,266	0,857
75	1,350	0,258	2,307	2,321	0,903

<i>Imagem Custo de conectividade 10</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,364	0,245	2,376	0,610
2	0,758	2,316	0,245	2,328	0,576
3	0,766	2,248	0,266	2,263	0,529
4	0,774	2,156	0,297	2,177	0,467
5	0,782	2,098	0,302	2,119	0,426
6	0,791	2,055	0,323	2,080	0,398
7	0,799	2,030	0,339	2,058	0,382
8	0,807	1,987	0,365	2,020	0,355
9	0,815	1,981	0,370	2,016	0,352
10	0,823	1,921	0,375	1,957	0,310
11	0,831	1,874	0,407	1,917	0,282
12	0,839	1,853	0,407	1,897	0,267
13	0,847	1,815	0,417	1,862	0,242
14	0,855	1,789	0,459	1,847	0,231
15	0,864	1,752	0,480	1,817	0,210
16	0,872	1,746	0,511	1,819	0,211
17	0,880	1,667	0,553	1,757	0,167
18	0,888	1,626	0,563	1,721	0,141
19	0,896	1,615	0,563	1,711	0,134
20	0,904	1,600	0,568	1,698	0,125
21	0,912	1,558	0,584	1,664	0,100
22	0,920	1,527	0,605	1,642	0,085
23	0,928	1,490	0,621	1,614	0,065
24	0,936	1,469	0,642	1,603	0,057
25	0,945	1,440	0,668	1,587	0,045
26	0,953	1,398	0,704	1,565	0,030
27	0,961	1,377	0,746	1,566	0,031
28	0,969	1,372	0,767	1,572	0,035
29	0,977	1,355	0,788	1,567	0,031
30	0,985	1,327	0,803	1,552	0,020
31	0,993	1,290	0,871	1,556	0,024
32	1,001	1,253	0,913	1,550	0,019
33	1,009	1,222	0,918	1,529	0,004
34	1,018	1,222	0,934	1,538	0,011
35	1,026	1,207	0,969	1,548	0,017
36	1,034	1,195	0,985	1,548	0,018
37	1,042	1,158	0,990	1,523	0,000

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,922
Min	1,523
Resta	1,399

Valor que minimiza o Polinômio	1,0183
--------------------------------	--------

38	1,050	1,147	1,027	1,540	0,012
39	1,058	1,102	1,109	1,564	0,029
40	1,066	1,085	1,125	1,563	0,029
41	1,074	1,064	1,156	1,572	0,035
42	1,082	1,038	1,203	1,589	0,047
43	1,091	1,038	1,236	1,614	0,065
44	1,099	1,023	1,282	1,640	0,083
45	1,107	1,002	1,303	1,643	0,086
46	1,115	0,986	1,365	1,684	0,115
47	1,123	0,939	1,381	1,670	0,105
48	1,131	0,918	1,402	1,676	0,109
49	1,139	0,908	1,428	1,692	0,121
50	1,147	0,897	1,465	1,718	0,139
51	1,155	0,840	1,532	1,747	0,160
52	1,164	0,810	1,543	1,742	0,157
53	1,172	0,795	1,637	1,820	0,212
54	1,180	0,769	1,684	1,851	0,234
55	1,188	0,748	1,701	1,858	0,239
56	1,196	0,736	1,758	1,906	0,274
57	1,204	0,701	1,790	1,922	0,285
58	1,212	0,690	1,822	1,949	0,304
59	1,220	0,660	1,904	2,016	0,352
60	1,228	0,638	1,967	2,068	0,389
61	1,236	0,643	2,035	2,134	0,437
62	1,245	0,575	2,087	2,165	0,459
63	1,253	0,570	2,147	2,221	0,499
64	1,261	0,517	2,220	2,279	0,540
65	1,269	0,496	2,282	2,336	0,581
66	1,277	0,491	2,350	2,401	0,627
67	1,285	0,491	2,361	2,411	0,635
68	1,293	0,486	2,408	2,456	0,667
69	1,301	0,465	2,512	2,555	0,737
70	1,309	0,465	2,592	2,633	0,793
71	1,318	0,465	2,671	2,711	0,849
72	1,326	0,449	2,686	2,723	0,858
73	1,334	0,439	2,755	2,790	0,906
74	1,342	0,428	2,855	2,887	0,975
75	1,350	0,386	2,896	2,922	1,000

Imagem Custo de conectividade 11					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,429	0,155	2,434	1,000
2	0,758	2,429	0,155	2,434	1,000
3	0,766	2,370	0,155	2,375	0,952
4	0,774	2,335	0,160	2,341	0,924
5	0,782	2,302	0,165	2,308	0,898
6	0,791	2,302	0,165	2,308	0,898
7	0,799	2,287	0,165	2,293	0,885
8	0,807	2,253	0,165	2,259	0,858
9	0,815	2,204	0,180	2,211	0,820
10	0,823	2,151	0,189	2,159	0,777
11	0,831	2,151	0,189	2,159	0,777
12	0,839	2,131	0,194	2,140	0,762
13	0,847	2,102	0,194	2,111	0,739
14	0,855	2,068	0,199	2,078	0,712
15	0,864	2,031	0,214	2,042	0,683
16	0,872	2,031	0,214	2,042	0,683
17	0,880	2,007	0,218	2,019	0,664
18	0,888	1,983	0,228	1,996	0,645
19	0,896	1,942	0,243	1,957	0,614
20	0,904	1,942	0,243	1,957	0,614
21	0,912	1,883	0,243	1,899	0,567
22	0,920	1,863	0,252	1,880	0,552
23	0,928	1,801	0,256	1,819	0,503
24	0,936	1,792	0,261	1,810	0,495
25	0,945	1,792	0,261	1,810	0,495
26	0,953	1,734	0,270	1,755	0,450
27	0,961	1,734	0,289	1,758	0,453
28	0,969	1,718	0,299	1,744	0,442
29	0,977	1,714	0,299	1,740	0,438
30	0,985	1,714	0,299	1,740	0,438
31	0,993	1,685	0,299	1,711	0,415
32	1,001	1,636	0,312	1,666	0,378
33	1,009	1,617	0,340	1,653	0,368
34	1,018	1,617	0,340	1,653	0,368
35	1,026	1,598	0,361	1,638	0,356
36	1,034	1,574	0,366	1,616	0,338
37	1,042	1,546	0,376	1,591	0,318

	Dist_norma
Max	2,434
Min	1,198
Resta	1,236

Valor que minimiza o Polinômio	1,263
--------------------------------	-------

38	1,050	1,518	0,428	1,577	0,306
39	1,058	1,518	0,428	1,577	0,306
40	1,066	1,456	0,442	1,522	0,262
41	1,074	1,435	0,457	1,506	0,249
42	1,082	1,382	0,467	1,459	0,211
43	1,091	1,329	0,467	1,408	0,170
44	1,099	1,329	0,467	1,408	0,170
45	1,107	1,281	0,467	1,364	0,134
46	1,115	1,262	0,473	1,347	0,121
47	1,123	1,238	0,477	1,327	0,104
48	1,131	1,238	0,477	1,327	0,104
49	1,139	1,207	0,502	1,307	0,088
50	1,147	1,178	0,526	1,290	0,074
51	1,155	1,133	0,541	1,256	0,046
52	1,164	1,110	0,550	1,239	0,033
53	1,172	1,110	0,550	1,239	0,033
54	1,180	1,085	0,618	1,249	0,041
55	1,188	1,057	0,638	1,234	0,029
56	1,196	1,047	0,642	1,229	0,024
57	1,204	1,006	0,681	1,215	0,013
58	1,212	1,006	0,681	1,215	0,013
59	1,220	0,982	0,706	1,209	0,009
60	1,228	0,955	0,740	1,208	0,008
61	1,236	0,939	0,749	1,201	0,003
62	1,245	0,939	0,749	1,201	0,003
63	1,253	0,934	0,759	1,204	0,004
64	1,261	0,934	0,788	1,222	0,019
65	1,269	0,900	0,807	1,209	0,009
66	1,277	0,881	0,812	1,198	0,000
67	1,285	0,881	0,812	1,198	0,000
68	1,293	0,855	0,855	1,209	0,009
69	1,301	0,826	0,927	1,241	0,035
70	1,309	0,802	0,942	1,237	0,031
71	1,318	0,797	0,946	1,237	0,032
72	1,326	0,797	0,946	1,237	0,032
73	1,334	0,749	1,000	1,250	0,041
74	1,342	0,720	1,015	1,244	0,037
75	1,350	0,710	1,045	1,264	0,053

Imagem Custo de conectividade 12					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	3,267	0,026	3,267	1,000
2	0,758	3,267	0,026	3,267	1,000
3	0,766	3,234	0,021	3,234	0,986
4	0,774	3,203	0,021	3,203	0,972
5	0,782	3,182	0,021	3,182	0,963
6	0,791	3,161	0,021	3,161	0,954
7	0,799	3,161	0,021	3,161	0,954
8	0,807	2,864	0,021	2,864	0,824
9	0,815	2,802	0,052	2,802	0,797
10	0,823	2,714	0,077	2,715	0,759
11	0,831	2,662	0,077	2,664	0,736
12	0,839	2,662	0,077	2,664	0,736
13	0,847	2,615	0,088	2,616	0,716
14	0,855	2,599	0,093	2,601	0,709
15	0,864	2,584	0,098	2,586	0,702
16	0,872	2,491	0,138	2,495	0,663
17	0,880	2,491	0,138	2,495	0,663
18	0,888	2,439	0,138	2,443	0,640
19	0,896	2,388	0,138	2,392	0,618
20	0,904	2,308	0,148	2,313	0,583
21	0,912	2,287	0,153	2,293	0,574
22	0,920	2,287	0,153	2,293	0,574
23	0,928	2,251	0,159	2,257	0,559
24	0,936	2,220	0,164	2,226	0,545
25	0,945	2,200	0,179	2,208	0,537
26	0,953	2,150	0,184	2,158	0,515
27	0,961	2,150	0,184	2,158	0,515
28	0,969	1,486	0,215	1,502	0,229
29	0,977	1,430	0,236	1,449	0,206
30	0,985	1,415	0,236	1,434	0,199
31	0,993	1,405	0,242	1,425	0,195
32	1,001	1,405	0,242	1,425	0,195
33	1,009	1,358	0,253	1,382	0,176
34	1,018	1,321	0,293	1,353	0,163
35	1,026	1,218	0,329	1,261	0,123
36	1,034	1,202	0,354	1,253	0,120
37	1,042	1,202	0,354	1,253	0,120

	Dist_norma
Max	3,267
Min	0,979
Resta	2,288

Valor que minimiza o Polinômio	1,1748
--------------------------------	--------

38	1,050	1,177	0,370	1,233	0,111
39	1,058	1,095	0,380	1,159	0,079
40	1,066	1,063	0,430	1,146	0,073
41	1,074	1,016	0,473	1,121	0,062
42	1,082	1,016	0,473	1,121	0,062
43	1,091	0,984	0,483	1,096	0,051
44	1,099	0,954	0,501	1,078	0,043
45	1,107	0,923	0,543	1,070	0,040
46	1,115	0,887	0,563	1,050	0,031
47	1,123	0,887	0,563	1,050	0,031
48	1,131	0,871	0,589	1,052	0,032
49	1,139	0,814	0,604	1,014	0,015
50	1,147	0,809	0,625	1,023	0,019
51	1,155	0,799	0,640	1,024	0,020
52	1,164	0,799	0,640	1,024	0,020
53	1,172	0,763	0,661	1,009	0,013
54	1,180	0,732	0,671	0,993	0,006
55	1,188	0,707	0,677	0,979	0,000
56	1,196	0,707	0,692	0,990	0,005
57	1,204	0,707	0,692	0,990	0,005
58	1,212	0,682	0,707	0,982	0,002
59	1,220	0,656	0,765	1,008	0,013
60	1,228	0,640	0,771	1,002	0,010
61	1,236	0,630	0,781	1,003	0,011
62	1,245	0,630	0,781	1,003	0,011
63	1,253	0,623	0,781	0,999	0,009
64	1,261	0,602	0,822	1,019	0,018
65	1,269	0,597	0,858	1,046	0,029
66	1,277	0,566	0,920	1,080	0,044
67	1,285	0,566	0,920	1,080	0,044
68	1,293	0,561	0,925	1,082	0,045
69	1,301	0,551	0,950	1,098	0,052
70	1,309	0,495	1,012	1,126	0,064
71	1,318	0,459	1,054	1,150	0,075
72	1,326	0,459	1,054	1,150	0,075
73	1,334	0,454	1,090	1,181	0,088
74	1,342	0,438	1,116	1,199	0,096
75	1,350	0,412	1,147	1,219	0,105

Imagem Custo de conectividade 13					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,187	0,059	2,187	1,000
2	0,758	2,187	0,059	2,187	1,000
3	0,766	2,132	0,064	2,133	0,956
4	0,774	2,132	0,064	2,133	0,956
5	0,782	2,132	0,064	2,133	0,956
6	0,791	2,012	0,064	2,013	0,859
7	0,799	1,943	0,069	1,944	0,802
8	0,807	1,908	0,109	1,911	0,776
9	0,815	1,908	0,109	1,911	0,776
10	0,823	1,888	0,119	1,892	0,760
11	0,831	1,848	0,119	1,852	0,728
12	0,839	1,848	0,119	1,852	0,728
13	0,847	1,778	0,119	1,782	0,671
14	0,855	1,739	0,124	1,743	0,639
15	0,864	1,679	0,129	1,684	0,591
16	0,872	1,679	0,129	1,684	0,591
17	0,880	1,644	0,134	1,649	0,563
18	0,888	1,604	0,139	1,610	0,532
19	0,896	1,604	0,139	1,610	0,532
20	0,904	1,549	0,139	1,556	0,487
21	0,912	1,535	0,169	1,544	0,478
22	0,920	1,525	0,169	1,534	0,470
23	0,928	1,525	0,169	1,534	0,470
24	0,936	1,505	0,194	1,517	0,456
25	0,945	1,474	0,213	1,489	0,434
26	0,953	1,440	0,228	1,458	0,408
27	0,961	1,440	0,228	1,458	0,408
28	0,969	1,340	0,263	1,366	0,333
29	0,977	1,281	0,278	1,310	0,288
30	0,985	1,281	0,278	1,310	0,288
31	0,993	1,251	0,292	1,285	0,267
32	1,001	1,231	0,326	1,273	0,258
33	1,009	1,206	0,331	1,251	0,240
34	1,018	1,206	0,331	1,251	0,240
35	1,026	1,166	0,360	1,220	0,215
36	1,034	1,093	0,404	1,165	0,170
37	1,042	1,093	0,404	1,165	0,170

	Dist_norma
Max	2,187
Min	0,955
Resta	1,232

Valor que minimiza o Polinômio	1,2068
---------------------------------------	---------------

38	1,050	1,088	0,429	1,169	0,174
39	1,058	1,048	0,429	1,132	0,144
40	1,066	1,033	0,439	1,123	0,136
41	1,074	1,033	0,439	1,123	0,136
42	1,082	1,008	0,444	1,102	0,119
43	1,091	0,997	0,459	1,098	0,116
44	1,099	0,997	0,459	1,098	0,116
45	1,107	0,972	0,474	1,081	0,103
46	1,115	0,946	0,484	1,063	0,087
47	1,123	0,936	0,499	1,061	0,086
48	1,131	0,936	0,499	1,061	0,086
49	1,139	0,906	0,520	1,045	0,073
50	1,147	0,851	0,538	1,007	0,042
51	1,155	0,816	0,568	0,994	0,032
52	1,164	0,816	0,568	0,994	0,032
53	1,172	0,778	0,602	0,984	0,023
54	1,180	0,748	0,622	0,973	0,015
55	1,188	0,748	0,622	0,973	0,015
56	1,196	0,737	0,637	0,974	0,015
57	1,204	0,707	0,642	0,955	0,000
58	1,212	0,682	0,691	0,971	0,013
59	1,220	0,682	0,691	0,971	0,013
60	1,228	0,667	0,721	0,982	0,022
61	1,236	0,657	0,732	0,984	0,023
62	1,245	0,657	0,732	0,984	0,023
63	1,253	0,627	0,772	0,994	0,032
64	1,261	0,622	0,821	1,031	0,061
65	1,269	0,588	0,881	1,059	0,085
66	1,277	0,588	0,881	1,059	0,085
67	1,285	0,583	0,906	1,077	0,099
68	1,293	0,538	0,931	1,075	0,098
69	1,301	0,538	0,931	1,075	0,098
70	1,309	0,508	0,946	1,074	0,096
71	1,318	0,474	1,011	1,116	0,131
72	1,326	0,459	1,045	1,142	0,151
73	1,334	0,459	1,045	1,142	0,151
74	1,342	0,441	1,065	1,153	0,160
75	1,350	0,424	1,140	1,216	0,212

Imagem Custo de conectividade 14					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,988	0,031	2,988	1,000
2	0,758	2,988	0,031	2,988	1,000
3	0,766	2,967	0,031	2,967	0,990
4	0,774	2,900	0,031	2,900	0,958
5	0,782	2,804	0,042	2,805	0,913
6	0,791	2,768	0,042	2,768	0,895
7	0,799	2,678	0,042	2,678	0,853
8	0,807	2,657	0,042	2,657	0,843
9	0,815	2,615	0,042	2,615	0,823
10	0,823	2,515	0,052	2,516	0,775
11	0,831	2,509	0,067	2,510	0,773
12	0,839	2,476	0,067	2,477	0,757
13	0,847	2,418	0,067	2,419	0,730
14	0,855	2,392	0,067	2,393	0,717
15	0,864	2,382	0,073	2,383	0,712
16	0,872	2,341	0,078	2,342	0,693
17	0,880	2,315	0,078	2,316	0,680
18	0,888	2,252	0,088	2,254	0,651
19	0,896	2,231	0,088	2,233	0,641
20	0,904	2,185	0,088	2,186	0,619
21	0,912	2,157	0,088	2,159	0,606
22	0,920	2,126	0,088	2,127	0,591
23	0,928	2,041	0,115	2,044	0,551
24	0,936	2,020	0,120	2,024	0,541
25	0,945	1,930	0,109	1,933	0,498
26	0,953	1,909	0,109	1,913	0,488
27	0,961	1,862	0,120	1,866	0,466
28	0,969	1,826	0,136	1,831	0,449
29	0,977	1,789	0,141	1,794	0,432
30	0,985	1,747	0,141	1,753	0,412
31	0,993	1,667	0,141	1,673	0,374
32	1,001	1,642	0,151	1,649	0,363
33	1,009	1,601	0,182	1,611	0,345
34	1,018	1,580	0,187	1,591	0,335
35	1,026	1,501	0,203	1,515	0,299
36	1,034	1,465	0,219	1,481	0,283
37	1,042	1,402	0,235	1,421	0,255

	Dist_norma
Max	2,988
Min	0,886
Rest	2,101

Valor que minimiza o Polinômio	1,2433
--------------------------------	--------

38	1,050	1,352	0,240	1,373	0,232
39	1,058	1,336	0,250	1,359	0,225
40	1,066	1,300	0,261	1,326	0,209
41	1,074	1,269	0,266	1,296	0,195
42	1,082	1,227	0,266	1,255	0,176
43	1,091	1,201	0,286	1,234	0,166
44	1,099	1,185	0,301	1,223	0,160
45	1,107	1,157	0,301	1,196	0,147
46	1,115	1,132	0,317	1,175	0,138
47	1,123	1,099	0,322	1,145	0,123
48	1,131	1,073	0,338	1,125	0,114
49	1,139	1,047	0,338	1,100	0,102
50	1,147	1,031	0,354	1,090	0,097
51	1,155	1,001	0,364	1,065	0,085
52	1,164	0,989	0,369	1,056	0,081
53	1,172	0,931	0,385	1,008	0,058
54	1,180	0,907	0,449	1,012	0,060
55	1,188	0,833	0,455	0,949	0,030
56	1,196	0,790	0,481	0,925	0,018
57	1,204	0,719	0,519	0,886	0,000
58	1,212	0,698	0,576	0,905	0,009
59	1,220	0,671	0,607	0,905	0,009
60	1,228	0,645	0,638	0,907	0,010
61	1,236	0,629	0,648	0,904	0,008
62	1,245	0,591	0,674	0,897	0,005
63	1,253	0,560	0,695	0,893	0,003
64	1,261	0,519	0,723	0,890	0,002
65	1,269	0,498	0,791	0,935	0,023
66	1,277	0,483	0,791	0,926	0,019
67	1,285	0,472	0,817	0,944	0,027
68	1,293	0,402	0,852	0,942	0,027

Imagem Custo de conectividade 15					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,614	0,145	2,618	1,000
2	0,758	2,564	0,145	2,568	0,966
3	0,766	2,494	0,150	2,498	0,919
4	0,774	2,469	0,170	2,475	0,903
5	0,782	2,439	0,170	2,445	0,882
6	0,791	2,346	0,170	2,352	0,820
7	0,799	2,326	0,170	2,332	0,806
8	0,807	2,301	0,170	2,307	0,789
9	0,815	2,266	0,175	2,273	0,766
10	0,823	2,185	0,184	2,193	0,712
11	0,831	2,111	0,184	2,119	0,662
12	0,839	2,087	0,184	2,096	0,646
13	0,847	2,062	0,189	2,071	0,629
14	0,855	2,028	0,189	2,036	0,605
15	0,864	2,023	0,194	2,032	0,602
16	0,872	1,978	0,204	1,988	0,573
17	0,880	1,922	0,209	1,934	0,536
18	0,888	1,903	0,209	1,914	0,523
19	0,896	1,883	0,209	1,895	0,509
20	0,904	1,863	0,209	1,875	0,496
21	0,912	1,843	0,214	1,856	0,483
22	0,920	1,813	0,214	1,825	0,462
23	0,928	1,793	0,214	1,805	0,449
24	0,936	1,721	0,234	1,737	0,402
25	0,945	1,706	0,244	1,723	0,393
26	0,953	1,712	0,269	1,733	0,399
27	0,961	1,697	0,289	1,721	0,391
28	0,969	1,652	0,289	1,677	0,362
29	0,977	1,636	0,314	1,666	0,354
30	0,985	1,611	0,344	1,648	0,342
31	0,993	1,556	0,353	1,596	0,307
32	1,001	1,502	0,368	1,546	0,273
33	1,009	1,437	0,368	1,483	0,230
34	1,018	1,366	0,378	1,417	0,185
35	1,026	1,336	0,388	1,391	0,168
36	1,034	1,291	0,388	1,348	0,138
37	1,042	1,261	0,393	1,321	0,120

	Dist_norma
Max	2,618
Min	1,144
Resta	1,474

Valor que minimiza o Polinômio	1,1765
--------------------------------	--------

38	1,050	1,251	0,398	1,313	0,115
39	1,058	1,212	0,428	1,285	0,096
40	1,066	1,187	0,438	1,265	0,082
41	1,074	1,130	0,462	1,221	0,052
42	1,082	1,116	0,472	1,212	0,046
43	1,091	1,106	0,482	1,206	0,042
44	1,099	1,091	0,482	1,193	0,033
45	1,107	1,070	0,482	1,173	0,020
46	1,115	1,018	0,567	1,165	0,015
47	1,123	0,999	0,582	1,156	0,008
48	1,131	0,979	0,606	1,152	0,005
49	1,139	0,934	0,660	1,144	0,000
50	1,147	0,929	0,679	1,151	0,005
51	1,155	0,924	0,684	1,150	0,004
52	1,164	0,909	0,699	1,147	0,002
53	1,172	0,899	0,744	1,167	0,016
54	1,180	0,840	0,833	1,183	0,026
55	1,188	0,802	0,869	1,182	0,026
56	1,196	0,752	0,879	1,156	0,008
57	1,204	0,742	0,899	1,165	0,014
58	1,212	0,723	0,935	1,182	0,026
59	1,220	0,708	0,935	1,173	0,020
60	1,228	0,688	0,980	1,197	0,036
61	1,236	0,653	1,050	1,236	0,063
62	1,245	0,633	1,085	1,256	0,076
63	1,253	0,622	1,124	1,285	0,096
64	1,261	0,607	1,144	1,295	0,102
65	1,269	0,562	1,202	1,327	0,124
66	1,277	0,542	1,242	1,355	0,143
67	1,285	0,532	1,273	1,380	0,160
68	1,293	0,532	1,293	1,399	0,173
69	1,301	0,463	1,303	1,383	0,162
70	1,309	0,413	1,364	1,425	0,191
71	1,318	0,373	1,409	1,457	0,213
72	1,326	0,353	1,473	1,515	0,252
73	1,334	0,337	1,594	1,629	0,329
74	1,342	0,297	1,609	1,636	0,334
75	1,350	0,297	1,700	1,726	0,395

Imagem Custo de conectividade 16					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	1,796	0,076	1,797	1,000
2	0,758	1,796	0,076	1,797	1,000
3	0,766	1,765	0,076	1,767	0,967
4	0,774	1,717	0,086	1,720	0,916
5	0,782	1,680	0,096	1,683	0,877
6	0,791	1,650	0,112	1,654	0,845
7	0,799	1,650	0,112	1,654	0,845
8	0,807	1,585	0,117	1,589	0,776
9	0,815	1,519	0,117	1,523	0,705
10	0,823	1,508	0,117	1,513	0,694
11	0,831	1,478	0,122	1,483	0,662
12	0,839	1,478	0,122	1,483	0,662
13	0,847	1,457	0,132	1,463	0,641
14	0,855	1,442	0,132	1,448	0,624
15	0,864	1,405	0,132	1,411	0,585
16	0,872	1,359	0,147	1,367	0,537
17	0,880	1,329	0,163	1,339	0,507
18	0,888	1,329	0,163	1,339	0,507
19	0,896	1,302	0,168	1,313	0,479
20	0,904	1,287	0,178	1,299	0,464
21	0,912	1,256	0,198	1,272	0,435
22	0,920	1,241	0,198	1,256	0,418
23	0,928	1,241	0,198	1,256	0,418
24	0,936	1,211	0,219	1,230	0,390
25	0,945	1,201	0,264	1,229	0,389
26	0,953	1,185	0,264	1,214	0,373
27	0,961	1,157	0,290	1,192	0,350
28	0,969	1,157	0,290	1,192	0,350
29	0,977	1,111	0,290	1,148	0,302
30	0,985	1,079	0,295	1,119	0,270
31	0,993	1,058	0,315	1,104	0,255
32	1,001	1,043	0,326	1,093	0,242
33	1,009	1,028	0,341	1,083	0,232
34	1,018	1,028	0,341	1,083	0,232
35	1,026	1,013	0,386	1,084	0,232
36	1,034	0,997	0,396	1,073	0,221
37	1,042	0,966	0,405	1,048	0,194

	Dist_norma
Max	1,797
Min	0,867
Resta	0,930

Valor que minimiza o Polinômio	1,183
--------------------------------	-------

38	1,050	0,966	0,405	1,048	0,194
39	1,058	0,966	0,405	1,048	0,194
40	1,066	0,925	0,456	1,032	0,177
41	1,074	0,915	0,472	1,029	0,174
42	1,082	0,876	0,554	1,036	0,182
43	1,091	0,850	0,560	1,018	0,162
44	1,099	0,850	0,560	1,018	0,162
45	1,107	0,840	0,560	1,009	0,153
46	1,115	0,809	0,565	0,987	0,128
47	1,123	0,784	0,580	0,975	0,116
48	1,131	0,733	0,590	0,941	0,079
49	1,139	0,672	0,600	0,901	0,036
50	1,147	0,672	0,600	0,901	0,036
51	1,155	0,636	0,605	0,878	0,012
52	1,164	0,595	0,631	0,867	0,000
53	1,172	0,575	0,678	0,889	0,023
54	1,180	0,554	0,704	0,896	0,031
55	1,188	0,554	0,704	0,896	0,031
56	1,196	0,524	0,714	0,886	0,020
57	1,204	0,519	0,744	0,908	0,043
58	1,212	0,499	0,749	0,900	0,035
59	1,220	0,473	0,779	0,912	0,048
60	1,228	0,473	0,779	0,912	0,048
61	1,236	0,443	0,825	0,937	0,074
62	1,245	0,428	0,841	0,943	0,081
63	1,253	0,407	0,907	0,994	0,136
64	1,261	0,415	0,972	1,058	0,204
65	1,269	0,415	1,002	1,085	0,234
66	1,277	0,415	1,002	1,085	0,234
67	1,285	0,390	1,018	1,090	0,239
68	1,293	0,390	1,023	1,095	0,244
69	1,301	0,390	1,043	1,114	0,265
70	1,309	0,390	1,058	1,128	0,280
71	1,318	0,390	1,058	1,128	0,280
72	1,326	0,359	1,089	1,147	0,301
73	1,334	0,348	1,120	1,172	0,328
74	1,342	0,331	1,150	1,197	0,354
75	1,350	0,321	1,196	1,239	0,399

<i>Imagem Custo de conectividade 17</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,288	0,024	2,288	1,000
2	0,758	2,288	0,024	2,288	1,000
3	0,766	2,255	0,024	2,255	0,974
4	0,774	2,217	0,024	2,217	0,943
5	0,782	2,217	0,024	2,217	0,943
6	0,791	2,169	0,024	2,169	0,906
7	0,799	2,099	0,024	2,099	0,850
8	0,807	2,047	0,024	2,047	0,809
9	0,815	2,047	0,024	2,047	0,809
10	0,823	2,009	0,024	2,009	0,779
11	0,831	1,976	0,024	1,976	0,752
12	0,839	1,948	0,029	1,948	0,730
13	0,847	1,948	0,029	1,948	0,730
14	0,855	1,929	0,048	1,929	0,715
15	0,864	1,891	0,052	1,891	0,685
16	0,872	1,857	0,057	1,858	0,658
17	0,880	1,857	0,057	1,858	0,658
18	0,888	1,800	0,066	1,801	0,613
19	0,896	1,752	0,071	1,754	0,576
20	0,904	1,703	0,076	1,705	0,537
21	0,912	1,703	0,076	1,705	0,537
22	0,920	1,680	0,090	1,683	0,519
23	0,928	1,661	0,095	1,664	0,505
24	0,936	1,618	0,095	1,621	0,471
25	0,945	1,618	0,095	1,621	0,471
26	0,953	1,576	0,095	1,578	0,437
27	0,961	1,537	0,127	1,543	0,408
28	0,969	1,504	0,131	1,510	0,382
29	0,977	1,504	0,131	1,510	0,382
30	0,985	1,452	0,150	1,460	0,343
31	0,993	1,414	0,174	1,424	0,315
32	1,001	1,374	0,174	1,385	0,284
33	1,009	1,374	0,174	1,385	0,284
34	1,018	1,341	0,179	1,353	0,258
35	1,026	1,332	0,179	1,344	0,251
36	1,034	1,317	0,208	1,334	0,243
37	1,042	1,317	0,208	1,334	0,243

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,288
Min	1,028
Resta	1,260

Valor que minimiza o Polinômio	1,2503
--------------------------------	--------

38	1,050	1,288	0,231	1,309	0,223
39	1,058	1,265	0,255	1,290	0,208
40	1,066	1,251	0,274	1,280	0,200
41	1,074	1,251	0,274	1,280	0,200
42	1,082	1,232	0,283	1,264	0,187
43	1,091	1,151	0,302	1,190	0,128
44	1,099	1,141	0,307	1,182	0,122
45	1,107	1,141	0,307	1,182	0,122
46	1,115	1,113	0,307	1,154	0,100
47	1,123	1,094	0,326	1,142	0,090
48	1,131	1,067	0,354	1,124	0,076
49	1,139	1,067	0,354	1,124	0,076
50	1,147	1,015	0,378	1,083	0,044
51	1,155	1,010	0,414	1,091	0,050
52	1,164	0,986	0,428	1,075	0,037
53	1,172	0,986	0,428	1,075	0,037
54	1,180	0,977	0,515	1,104	0,060
55	1,188	0,937	0,548	1,086	0,046
56	1,196	0,914	0,577	1,080	0,042
57	1,204	0,914	0,577	1,080	0,042
58	1,212	0,895	0,595	1,074	0,037
59	1,220	0,880	0,619	1,076	0,038
60	1,228	0,814	0,652	1,043	0,012
61	1,236	0,814	0,652	1,043	0,012
62	1,245	0,799	0,682	1,050	0,018
63	1,253	0,738	0,716	1,028	0,000
64	1,261	0,722	0,735	1,030	0,002
65	1,269	0,722	0,735	1,030	0,002
66	1,277	0,708	0,754	1,034	0,005
67	1,285	0,684	0,768	1,029	0,001
68	1,293	0,679	0,782	1,036	0,006
69	1,301	0,679	0,782	1,036	0,006
70	1,309	0,670	0,811	1,052	0,019
71	1,318	0,627	0,834	1,044	0,013
72	1,326	0,623	0,909	1,102	0,059
73	1,334	0,623	0,909	1,102	0,059
74	1,342	0,608	0,947	1,126	0,078
75	1,350	0,594	0,971	1,139	0,088

Imagem Custo de conectividade 18					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,169	0,030	2,169	1,000
2	0,758	2,169	0,030	2,169	1,000
3	0,766	2,156	0,034	2,157	0,990
4	0,774	2,127	0,038	2,127	0,967
5	0,782	2,071	0,043	2,072	0,925
6	0,791	2,037	0,043	2,038	0,899
7	0,799	2,003	0,047	2,004	0,873
8	0,807	1,974	0,055	1,975	0,851
9	0,815	1,953	0,060	1,954	0,835
10	0,823	1,927	0,060	1,928	0,815
11	0,831	1,901	0,060	1,902	0,795
12	0,839	1,896	0,064	1,898	0,792
13	0,847	1,860	0,102	1,863	0,765
14	0,855	1,860	0,102	1,863	0,765
15	0,864	1,825	0,107	1,828	0,739
16	0,872	1,761	0,115	1,765	0,690
17	0,880	1,748	0,124	1,753	0,681
18	0,888	1,706	0,132	1,711	0,649
19	0,896	1,665	0,136	1,671	0,618
20	0,904	1,597	0,136	1,603	0,566
21	0,912	1,554	0,149	1,562	0,535
22	0,920	1,504	0,158	1,513	0,497
23	0,928	1,458	0,162	1,466	0,462
24	0,936	1,398	0,162	1,407	0,417
25	0,945	1,368	0,183	1,380	0,396
26	0,953	1,321	0,196	1,336	0,362
27	0,961	1,321	0,196	1,336	0,362
28	0,969	1,291	0,200	1,306	0,339
29	0,977	1,287	0,205	1,303	0,337
30	0,985	1,214	0,222	1,234	0,284
31	0,993	1,209	0,222	1,229	0,280
32	1,001	1,163	0,234	1,187	0,248
33	1,009	1,183	0,226	1,204	0,261
34	1,018	1,150	0,247	1,176	0,239
35	1,026	1,126	0,303	1,166	0,232
36	1,034	1,096	0,315	1,141	0,213
37	1,042	1,082	0,324	1,130	0,204

	Dist_norma
Max	2,169
Min	0,863
Resta	1,306

Valor que minimiza o Polinômio	1,1986
--------------------------------	--------

38	1,050	1,064	0,324	1,113	0,191
39	1,058	1,064	0,324	1,113	0,191
40	1,066	1,043	0,332	1,095	0,177
41	1,074	1,012	0,341	1,068	0,157
42	1,082	0,987	0,341	1,044	0,139
43	1,091	0,940	0,341	1,000	0,105
44	1,099	0,893	0,349	0,959	0,073
45	1,107	0,880	0,358	0,950	0,067
46	1,115	0,851	0,358	0,923	0,046
47	1,123	0,795	0,362	0,873	0,008
48	1,131	0,791	0,383	0,879	0,012
49	1,139	0,783	0,383	0,871	0,006
50	1,147	0,770	0,396	0,866	0,002
51	1,155	0,766	0,400	0,864	0,001
52	1,164	0,766	0,400	0,864	0,001
53	1,172	0,766	0,413	0,870	0,005
54	1,180	0,748	0,446	0,871	0,006
55	1,188	0,727	0,480	0,871	0,006
56	1,196	0,723	0,488	0,872	0,007
57	1,204	0,702	0,523	0,875	0,009
58	1,212	0,680	0,531	0,863	0,000
59	1,220	0,663	0,565	0,871	0,006
60	1,228	0,655	0,578	0,873	0,008
61	1,236	0,638	0,583	0,864	0,001
62	1,245	0,629	0,609	0,876	0,010
63	1,253	0,591	0,643	0,873	0,008
64	1,261	0,591	0,643	0,873	0,008
65	1,269	0,568	0,669	0,878	0,011
66	1,277	0,550	0,715	0,903	0,030
67	1,285	0,546	0,767	0,941	0,060
68	1,293	0,525	0,813	0,968	0,080
69	1,301	0,512	0,839	0,983	0,092
70	1,309	0,499	0,851	0,987	0,095
71	1,318	0,477	0,860	0,983	0,092
72	1,326	0,469	0,954	1,063	0,153
73	1,334	0,419	0,983	1,069	0,158
74	1,342	0,384	1,030	1,099	0,181
75	1,350	0,367	1,035	1,098	0,179

Imagem Custo de conectividade 19					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,234	0,062	2,234	1,000
2	0,758	2,234	0,062	2,234	1,000
3	0,766	2,191	0,062	2,192	0,970
4	0,774	2,092	0,075	2,093	0,901
5	0,782	2,030	0,075	2,032	0,857
6	0,791	1,978	0,084	1,980	0,821
7	0,799	1,935	0,084	1,937	0,790
8	0,807	1,935	0,084	1,937	0,790
9	0,815	1,892	0,088	1,894	0,760
10	0,823	1,866	0,088	1,868	0,742
11	0,831	1,833	0,110	1,836	0,719
12	0,839	1,797	0,123	1,801	0,695
13	0,847	1,763	0,123	1,768	0,671
14	0,855	1,724	0,127	1,729	0,644
15	0,864	1,724	0,127	1,729	0,644
16	0,872	1,681	0,127	1,686	0,613
17	0,880	1,623	0,131	1,629	0,573
18	0,888	1,601	0,131	1,607	0,557
19	0,896	1,584	0,136	1,590	0,545
20	0,904	1,526	0,152	1,533	0,506
21	0,912	1,460	0,152	1,468	0,460
22	0,920	1,460	0,152	1,468	0,460
23	0,928	1,438	0,161	1,447	0,445
24	0,936	1,395	0,165	1,405	0,415
25	0,945	1,343	0,165	1,353	0,379
26	0,953	1,339	0,170	1,349	0,376
27	0,961	1,282	0,174	1,294	0,337
28	0,969	1,234	0,178	1,247	0,304
29	0,977	1,234	0,178	1,247	0,304
30	0,985	1,181	0,187	1,196	0,268
31	0,993	1,155	0,191	1,171	0,250
32	1,001	1,100	0,204	1,119	0,213
33	1,009	1,078	0,221	1,101	0,201
34	1,018	1,065	0,235	1,091	0,194
35	1,026	1,026	0,252	1,057	0,170
36	1,034	1,026	0,252	1,057	0,170
37	1,042	0,991	0,278	1,030	0,151

	Dist_norma
Max	2,234
Min	0,816
Resta	1,418

Valor que minimiza o Polinômio	1,1959
--------------------------------	--------

38	1,050	0,942	0,282	0,983	0,118
39	1,058	0,917	0,299	0,964	0,105
40	1,066	0,895	0,304	0,946	0,091
41	1,074	0,881	0,308	0,934	0,083
42	1,082	0,881	0,308	0,934	0,083
43	1,091	0,854	0,330	0,916	0,070
44	1,099	0,816	0,343	0,885	0,049
45	1,107	0,773	0,347	0,847	0,022
46	1,115	0,786	0,342	0,858	0,029
47	1,123	0,773	0,354	0,851	0,024
48	1,131	0,760	0,385	0,852	0,026
49	1,139	0,760	0,385	0,852	0,026
50	1,147	0,760	0,398	0,858	0,030
51	1,155	0,734	0,436	0,854	0,027
52	1,164	0,713	0,475	0,857	0,029
53	1,172	0,705	0,489	0,858	0,030
54	1,180	0,675	0,520	0,852	0,025
55	1,188	0,666	0,524	0,848	0,022
56	1,196	0,666	0,524	0,848	0,022
57	1,204	0,614	0,538	0,816	0,000
58	1,212	0,579	0,598	0,833	0,012
59	1,220	0,561	0,632	0,845	0,020
60	1,228	0,552	0,649	0,852	0,025
61	1,236	0,517	0,657	0,837	0,015
62	1,245	0,508	0,692	0,859	0,030
63	1,253	0,508	0,692	0,859	0,030
64	1,261	0,500	0,696	0,857	0,029
65	1,269	0,478	0,705	0,852	0,025
66	1,277	0,465	0,718	0,856	0,028
67	1,285	0,457	0,740	0,869	0,038
68	1,293	0,447	0,757	0,879	0,045
69	1,301	0,430	0,775	0,886	0,049
70	1,309	0,430	0,775	0,886	0,049
71	1,318	0,425	0,835	0,937	0,085
72	1,326	0,413	0,861	0,955	0,098
73	1,334	0,402	0,900	0,986	0,120
74	1,342	0,402	0,938	1,021	0,144
75	1,350	0,389	0,977	1,052	0,166

<i>Imagem Custo de conectividade 20</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,179	0,047	2,180	1,000
2	0,758	2,179	0,047	2,180	1,000
3	0,766	2,145	0,047	2,146	0,974
4	0,774	2,102	0,047	2,103	0,940
5	0,782	2,033	0,047	2,034	0,886
6	0,791	2,033	0,047	2,034	0,886
7	0,799	1,978	0,047	1,979	0,843
8	0,807	1,912	0,047	1,913	0,792
9	0,815	1,874	0,052	1,874	0,762
10	0,823	1,874	0,052	1,874	0,762
11	0,831	1,852	0,069	1,853	0,746
12	0,839	1,805	0,086	1,807	0,709
13	0,847	1,736	0,095	1,738	0,656
14	0,855	1,710	0,095	1,712	0,636
15	0,864	1,710	0,095	1,712	0,636
16	0,872	1,693	0,095	1,695	0,622
17	0,880	1,644	0,095	1,647	0,584
18	0,888	1,618	0,108	1,622	0,565
19	0,896	1,618	0,108	1,622	0,565
20	0,904	1,592	0,112	1,596	0,545
21	0,912	1,514	0,116	1,519	0,485
22	0,920	1,488	0,151	1,496	0,467
23	0,928	1,458	0,151	1,466	0,443
24	0,936	1,458	0,151	1,466	0,443
25	0,945	1,419	0,155	1,428	0,414
26	0,953	1,358	0,164	1,368	0,367
27	0,961	1,337	0,168	1,348	0,351
28	0,969	1,337	0,168	1,348	0,351
29	0,977	1,289	0,177	1,302	0,315
30	0,985	1,254	0,190	1,269	0,290
31	0,993	1,242	0,194	1,257	0,281
32	1,001	1,242	0,194	1,257	0,281
33	1,009	1,225	0,194	1,240	0,267
34	1,018	1,169	0,233	1,192	0,230
35	1,026	1,164	0,241	1,189	0,228
36	1,034	1,117	0,263	1,148	0,195
37	1,042	1,117	0,263	1,148	0,195

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,180
Min	0,897
Resta	1,282

Valor que minimiza o Polinômio	1,1559
--------------------------------	--------

38	1,050	1,092	0,263	1,123	0,176
39	1,058	1,071	0,267	1,104	0,161
40	1,066	1,062	0,276	1,097	0,156
41	1,074	1,062	0,276	1,097	0,156
42	1,082	1,045	0,322	1,093	0,153
43	1,091	1,028	0,348	1,085	0,146
44	1,099	1,006	0,399	1,082	0,144
45	1,107	0,989	0,420	1,074	0,138
46	1,115	0,989	0,420	1,074	0,138
47	1,123	0,980	0,425	1,068	0,133
48	1,131	0,960	0,429	1,051	0,120
49	1,139	0,930	0,429	1,024	0,099
50	1,147	0,930	0,429	1,024	0,099
51	1,155	0,917	0,433	1,014	0,091
52	1,164	0,867	0,455	0,979	0,064
53	1,172	0,863	0,459	0,977	0,062
54	1,180	0,863	0,459	0,977	0,062
55	1,188	0,841	0,488	0,973	0,059
56	1,196	0,807	0,510	0,954	0,044
57	1,204	0,775	0,518	0,933	0,028
58	1,212	0,754	0,540	0,927	0,023
59	1,220	0,754	0,540	0,927	0,023
60	1,228	0,745	0,570	0,938	0,032
61	1,236	0,728	0,579	0,930	0,025
62	1,245	0,698	0,583	0,909	0,009
63	1,253	0,698	0,583	0,909	0,009
64	1,261	0,671	0,596	0,897	0,000
65	1,269	0,667	0,600	0,897	0,000
66	1,277	0,653	0,643	0,916	0,015
67	1,285	0,632	0,682	0,929	0,025
68	1,293	0,632	0,682	0,929	0,025
69	1,301	0,611	0,730	0,952	0,043
70	1,309	0,602	0,743	0,957	0,046
71	1,318	0,594	0,765	0,968	0,055
72	1,326	0,594	0,765	0,968	0,055
73	1,334	0,565	0,782	0,964	0,052
74	1,342	0,533	0,832	0,988	0,071
75	1,350	0,520	0,849	0,996	0,077

Imagem Custo de conectividade 21					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,220	0,034	2,220	1,000
2	0,758	2,220	0,034	2,220	1,000
3	0,766	2,188	0,034	2,188	0,975
4	0,774	2,167	0,034	2,167	0,959
5	0,782	2,147	0,034	2,147	0,943
6	0,791	2,133	0,041	2,134	0,933
7	0,799	2,113	0,061	2,114	0,918
8	0,807	2,086	0,061	2,087	0,897
9	0,815	2,052	0,061	2,053	0,870
10	0,823	2,039	0,061	2,039	0,860
11	0,831	2,039	0,061	2,039	0,860
12	0,839	1,984	0,061	1,985	0,818
13	0,847	1,918	0,061	1,919	0,766
14	0,855	1,871	0,068	1,872	0,730
15	0,864	1,862	0,068	1,864	0,723
16	0,872	1,829	0,074	1,830	0,697
17	0,880	1,795	0,074	1,796	0,671
18	0,888	1,749	0,081	1,751	0,635
19	0,896	1,742	0,081	1,744	0,630
20	0,904	1,742	0,081	1,744	0,630
21	0,912	1,736	0,095	1,739	0,626
22	0,920	1,702	0,102	1,705	0,600
23	0,928	1,675	0,108	1,679	0,579
24	0,936	1,641	0,115	1,646	0,554
25	0,945	1,635	0,115	1,639	0,548
26	0,953	1,587	0,115	1,591	0,512
27	0,961	1,460	0,122	1,465	0,414
28	0,969	1,413	0,149	1,421	0,379
29	0,977	1,399	0,163	1,409	0,370
30	0,985	1,399	0,163	1,409	0,370
31	0,993	1,338	0,176	1,349	0,323
32	1,001	1,317	0,176	1,329	0,307
33	1,009	1,277	0,190	1,291	0,278
34	1,018	1,195	0,190	1,210	0,215
35	1,026	1,160	0,217	1,180	0,192
36	1,034	1,139	0,217	1,160	0,176
37	1,042	1,126	0,244	1,152	0,170

	Dist_norma
Max	2,220
Min	0,933
Resta	1,287

Valor que minimiza o Polinômio	1,2014
--------------------------------	--------

38	1,050	1,099	0,244	1,126	0,149
39	1,058	1,099	0,244	1,126	0,149
40	1,066	1,038	0,298	1,080	0,114
41	1,074	0,997	0,312	1,045	0,087
42	1,082	0,970	0,332	1,025	0,071
43	1,091	0,943	0,345	1,004	0,055
44	1,099	0,936	0,352	1,000	0,052
45	1,107	0,930	0,366	0,999	0,051
46	1,115	0,923	0,372	0,995	0,048
47	1,123	0,909	0,379	0,985	0,040
48	1,131	0,909	0,379	0,985	0,040
49	1,139	0,902	0,386	0,982	0,037
50	1,147	0,887	0,400	0,973	0,031
51	1,155	0,853	0,447	0,963	0,023
52	1,164	0,840	0,454	0,955	0,016
53	1,172	0,833	0,522	0,983	0,039
54	1,180	0,799	0,549	0,970	0,028
55	1,188	0,738	0,590	0,945	0,009
56	1,196	0,719	0,604	0,939	0,004
57	1,204	0,712	0,617	0,942	0,007
58	1,212	0,712	0,617	0,942	0,007
59	1,220	0,698	0,624	0,937	0,002
60	1,228	0,658	0,670	0,939	0,005
61	1,236	0,651	0,677	0,939	0,005
62	1,245	0,604	0,712	0,933	0,000
63	1,253	0,583	0,759	0,958	0,019
64	1,261	0,563	0,759	0,945	0,009
65	1,269	0,536	0,778	0,945	0,009
66	1,277	0,522	0,792	0,948	0,012
67	1,285	0,522	0,792	0,948	0,012
68	1,293	0,509	0,812	0,958	0,019
69	1,301	0,468	0,832	0,955	0,017
70	1,309	0,468	0,900	1,014	0,063
71	1,318	0,448	0,907	1,011	0,061
72	1,326	0,429	0,954	1,046	0,088
73	1,334	0,429	1,025	1,111	0,138
74	1,342	0,407	1,052	1,128	0,152
75	1,350	0,394	1,052	1,123	0,148

<i>Imagem Custo de conectividade 22</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	1,859	0,199	1,870	1,000
2	0,758	1,859	0,199	1,870	1,000
3	0,766	1,844	0,209	1,856	0,982
4	0,774	1,804	0,209	1,816	0,929
5	0,782	1,804	0,209	1,816	0,929
6	0,791	1,759	0,219	1,773	0,872
7	0,799	1,679	0,229	1,695	0,768
8	0,807	1,664	0,229	1,680	0,749
9	0,815	1,664	0,229	1,680	0,749
10	0,823	1,629	0,239	1,647	0,705
11	0,831	1,589	0,249	1,609	0,654
12	0,839	1,553	0,274	1,577	0,612
13	0,847	1,553	0,274	1,577	0,612
14	0,855	1,543	0,284	1,569	0,602
15	0,864	1,518	0,289	1,545	0,570
16	0,872	1,463	0,304	1,494	0,503
17	0,880	1,463	0,304	1,494	0,503
18	0,888	1,438	0,304	1,470	0,471
19	0,896	1,373	0,329	1,411	0,393
20	0,904	1,318	0,339	1,361	0,326
21	0,912	1,318	0,339	1,361	0,326
22	0,920	1,303	0,349	1,349	0,310
23	0,928	1,298	0,369	1,349	0,310
24	0,936	1,283	0,374	1,336	0,293
25	0,945	1,283	0,374	1,336	0,293
26	0,953	1,248	0,374	1,302	0,249
27	0,961	1,168	0,388	1,230	0,153
28	0,969	1,163	0,433	1,241	0,167
29	0,977	1,163	0,433	1,241	0,167
30	0,985	1,123	0,433	1,203	0,117
31	0,993	1,073	0,463	1,168	0,071
32	1,001	1,061	0,468	1,160	0,060
33	1,009	1,061	0,468	1,160	0,060
34	1,018	1,021	0,523	1,147	0,043
35	1,026	0,986	0,553	1,130	0,021
36	1,034	0,981	0,578	1,138	0,032
37	1,042	0,981	0,578	1,138	0,032

	<i>Dist_norma</i>
Max	1,870
Min	1,114
Resta	0,756

Valor que minimiza o Polinômio	1,0852
--------------------------------	--------

38	1,050	0,981	0,608	1,154	0,052
39	1,058	0,976	0,623	1,158	0,057
40	1,066	0,954	0,638	1,148	0,044
41	1,074	0,954	0,638	1,148	0,044
42	1,082	0,899	0,658	1,114	0,000
43	1,091	0,873	0,698	1,118	0,005
44	1,099	0,858	0,758	1,145	0,040
45	1,107	0,858	0,758	1,145	0,040
46	1,115	0,796	0,803	1,130	0,021
47	1,123	0,771	0,833	1,135	0,027
48	1,131	0,741	0,853	1,130	0,020
49	1,139	0,741	0,853	1,130	0,020
50	1,147	0,736	0,883	1,149	0,046
51	1,155	0,663	0,966	1,172	0,076
52	1,164	0,608	1,031	1,197	0,110
53	1,172	0,608	1,031	1,197	0,110
54	1,180	0,583	1,066	1,215	0,133
55	1,188	0,583	1,085	1,232	0,155
56	1,196	0,563	1,115	1,249	0,178
57	1,204	0,563	1,115	1,249	0,178
58	1,212	0,554	1,115	1,245	0,173
59	1,220	0,555	1,156	1,283	0,222
60	1,228	0,555	1,221	1,341	0,300
61	1,236	0,555	1,221	1,341	0,300
62	1,245	0,545	1,241	1,356	0,319
63	1,253	0,535	1,271	1,379	0,350
64	1,261	0,530	1,296	1,400	0,378
65	1,269	0,530	1,296	1,400	0,378
66	1,277	0,525	1,316	1,417	0,401
67	1,285	0,519	1,401	1,494	0,502
68	1,293	0,464	1,469	1,541	0,565
69	1,301	0,464	1,469	1,541	0,565
70	1,309	0,454	1,535	1,601	0,643
71	1,318	0,444	1,565	1,627	0,678
72	1,326	0,439	1,596	1,655	0,716
73	1,334	0,439	1,596	1,655	0,716
74	1,342	0,399	1,643	1,690	0,762
75	1,350	0,394	1,673	1,718	0,799

Imagem Custo de conectividade 23					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,885	0,016	2,885	1,000
2	0,758	2,885	0,016	2,885	1,000
3	0,766	2,837	0,016	2,837	0,975
4	0,774	2,789	0,016	2,789	0,949
5	0,782	2,706	0,040	2,706	0,905
6	0,791	2,642	0,040	2,642	0,871
7	0,799	2,642	0,040	2,642	0,871
8	0,807	2,586	0,040	2,586	0,842
9	0,815	2,522	0,056	2,523	0,808
10	0,823	2,506	0,064	2,507	0,800
11	0,831	2,466	0,072	2,467	0,778
12	0,839	2,466	0,072	2,467	0,778
13	0,847	2,420	0,072	2,421	0,754
14	0,855	2,380	0,080	2,381	0,733
15	0,864	2,331	0,104	2,333	0,707
16	0,872	2,268	0,104	2,270	0,674
17	0,880	2,202	0,128	2,206	0,640
18	0,888	2,202	0,128	2,206	0,640
19	0,896	2,187	0,144	2,192	0,632
20	0,904	2,124	0,144	2,129	0,599
21	0,912	2,069	0,144	2,074	0,570
22	0,920	2,061	0,160	2,067	0,566
23	0,928	2,061	0,160	2,067	0,566
24	0,936	2,045	0,160	2,051	0,558
25	0,945	2,013	0,160	2,019	0,541
26	0,953	1,965	0,160	1,971	0,515
27	0,961	1,901	0,167	1,909	0,482
28	0,969	1,901	0,167	1,909	0,482
29	0,977	1,845	0,167	1,853	0,453
30	0,985	1,829	0,167	1,837	0,444
31	0,993	1,784	0,183	1,793	0,421
32	1,001	1,744	0,191	1,754	0,400
33	1,009	1,704	0,191	1,714	0,379
34	1,018	1,704	0,191	1,714	0,379
35	1,026	1,704	0,191	1,714	0,379
36	1,034	1,672	0,231	1,688	0,365
37	1,042	1,640	0,231	1,656	0,348

	Dist_norma
Max	2,885
Min	0,999
Resta	1,886

Valor que minimiza o Polinômio	1,35
--------------------------------	------

38	1,050	1,552	0,231	1,569	0,302
39	1,058	1,552	0,231	1,569	0,302
40	1,066	1,513	0,247	1,533	0,283
41	1,074	1,458	0,255	1,480	0,255
42	1,082	1,432	0,255	1,454	0,241
43	1,091	1,400	0,255	1,423	0,225
44	1,099	1,400	0,255	1,423	0,225
45	1,107	1,374	0,255	1,397	0,211
46	1,115	1,358	0,287	1,388	0,206
47	1,123	1,295	0,295	1,328	0,174
48	1,131	1,263	0,359	1,313	0,166
49	1,139	1,231	0,375	1,287	0,153
50	1,147	1,231	0,375	1,287	0,153
51	1,155	1,223	0,399	1,287	0,152
52	1,164	1,223	0,399	1,287	0,152
53	1,172	1,183	0,423	1,257	0,136
54	1,180	1,143	0,431	1,222	0,118
55	1,188	1,143	0,431	1,222	0,118
56	1,196	1,112	0,494	1,217	0,115
57	1,204	1,072	0,526	1,194	0,103
58	1,212	1,042	0,582	1,193	0,103
59	1,220	1,010	0,622	1,186	0,099
60	1,228	1,010	0,622	1,186	0,099
61	1,236	0,986	0,622	1,166	0,088
62	1,245	0,970	0,653	1,169	0,090
63	1,253	0,955	0,661	1,161	0,086
64	1,261	0,899	0,661	1,116	0,062
65	1,269	0,891	0,677	1,119	0,064
66	1,277	0,891	0,677	1,119	0,064
67	1,285	0,867	0,693	1,110	0,059
68	1,293	0,867	0,701	1,115	0,061
69	1,301	0,796	0,725	1,076	0,041
70	1,309	0,771	0,732	1,063	0,034
71	1,318	0,771	0,732	1,063	0,034
72	1,326	0,685	0,764	1,026	0,014
73	1,334	0,635	0,772	0,999	0,000
74	1,342	0,635	0,780	1,006	0,003
75	1,350	0,625	0,804	1,018	0,010

<i>Imagem Custo de conectividade 24</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	2,635	0,050	2,635	1,000
2	0,758	2,596	0,050	2,596	0,975
3	0,766	2,575	0,050	2,576	0,962
4	0,774	2,546	0,050	2,547	0,943
5	0,782	2,504	0,050	2,505	0,917
6	0,791	2,467	0,050	2,468	0,893
7	0,799	2,430	0,054	2,430	0,869
8	0,807	2,387	0,058	2,388	0,842
9	0,815	2,359	0,071	2,360	0,823
10	0,823	2,329	0,091	2,331	0,805
11	0,831	2,295	0,116	2,298	0,784
12	0,839	2,249	0,120	2,252	0,755
13	0,847	2,208	0,120	2,211	0,728
14	0,855	2,187	0,120	2,190	0,715
15	0,864	2,171	0,124	2,174	0,704
16	0,872	2,134	0,150	2,139	0,682
17	0,880	2,109	0,154	2,114	0,666
18	0,888	2,088	0,158	2,094	0,653
19	0,896	2,067	0,162	2,073	0,640
20	0,904	2,063	0,175	2,070	0,638
21	0,912	2,004	0,175	2,012	0,601
22	0,920	2,004	0,175	2,012	0,601
23	0,928	1,963	0,192	1,972	0,575
24	0,936	1,934	0,192	1,943	0,556
25	0,945	1,909	0,192	1,918	0,540
26	0,953	1,863	0,196	1,873	0,511
27	0,961	1,838	0,208	1,850	0,496
28	0,969	1,804	0,225	1,818	0,476
29	0,977	1,784	0,229	1,799	0,464
30	0,985	1,763	0,229	1,778	0,451
31	0,993	1,709	0,229	1,724	0,416
32	1,001	1,680	0,242	1,697	0,399
33	1,009	1,634	0,250	1,653	0,371
34	1,018	1,605	0,250	1,624	0,352
35	1,026	1,584	0,254	1,604	0,339
36	1,034	1,562	0,271	1,586	0,327
37	1,042	1,521	0,287	1,548	0,303

	<i>Dist_norma</i>
Max	2,635
Min	1,075
Resta	1,560

Valor que minimiza o Polinômio	1,2488
--------------------------------	--------

38	1,050	1,491	0,287	1,519	0,284
39	1,058	1,422	0,292	1,451	0,241
40	1,066	1,375	0,321	1,412	0,216
41	1,074	1,334	0,329	1,374	0,191
42	1,082	1,288	0,333	1,330	0,163
43	1,091	1,251	0,379	1,307	0,149
44	1,099	1,218	0,383	1,276	0,129
45	1,107	1,195	0,383	1,255	0,115
46	1,115	1,178	0,404	1,245	0,109
47	1,123	1,165	0,408	1,235	0,102
48	1,131	1,140	0,417	1,214	0,089
49	1,139	1,103	0,461	1,196	0,077
50	1,147	1,099	0,474	1,197	0,078
51	1,155	1,039	0,553	1,177	0,065
52	1,164	1,027	0,557	1,168	0,060
53	1,172	1,023	0,569	1,170	0,061
54	1,180	1,010	0,598	1,174	0,063
55	1,188	0,994	0,611	1,166	0,058
56	1,196	0,982	0,615	1,158	0,053
57	1,204	0,929	0,615	1,114	0,025
58	1,212	0,908	0,623	1,101	0,017
59	1,220	0,875	0,669	1,101	0,017
60	1,228	0,854	0,682	1,093	0,011
61	1,236	0,842	0,706	1,098	0,015
62	1,245	0,814	0,735	1,097	0,014
63	1,253	0,798	0,743	1,091	0,010
64	1,261	0,765	0,756	1,075	0,000
65	1,269	0,736	0,785	1,076	0,000
66	1,277	0,723	0,801	1,080	0,003
67	1,285	0,707	0,827	1,088	0,008
68	1,293	0,690	0,857	1,100	0,016
69	1,301	0,690	0,869	1,110	0,022
70	1,309	0,682	0,907	1,134	0,038
71	1,318	0,669	0,943	1,156	0,052
72	1,326	0,665	0,972	1,178	0,066
73	1,334	0,657	1,014	1,208	0,085
74	1,342	0,644	1,044	1,227	0,097
75	1,350	0,632	1,060	1,234	0,102

Imagem Custo de conectividade 25					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750				
2	0,758				
3	0,766				
4	0,774				
5	0,782				
6	0,791				
7	0,799				
8	0,807				
9	0,815				
10	0,823	5,772	0,041	5,772	1,000
11	0,831	5,717	0,041	5,717	0,988
12	0,839	5,227	0,041	5,227	0,882
13	0,847	5,135	0,048	5,135	0,862
14	0,855	4,939	0,048	4,939	0,820
15	0,864	4,128	0,048	4,128	0,644
16	0,872	4,000	0,052	4,000	0,617
17	0,880	3,945	0,052	3,945	0,605
18	0,888	3,881	0,052	3,882	0,591
19	0,896	3,812	0,052	3,812	0,576
20	0,904	3,163	0,052	3,164	0,436
21	0,912	3,082	0,052	3,082	0,418
22	0,920	3,010	0,056	3,010	0,402
23	0,928	2,953	0,056	2,954	0,390
24	0,936	2,917	0,059	2,917	0,382
25	0,945	2,837	0,063	2,838	0,365
26	0,953	2,743	0,097	2,745	0,345
27	0,961	2,691	0,097	2,692	0,334
28	0,969	2,625	0,097	2,627	0,319
29	0,977	2,602	0,097	2,603	0,314
30	0,985	2,559	0,112	2,562	0,305
31	0,993	2,456	0,119	2,459	0,283
32	1,001	2,412	0,127	2,415	0,274
33	1,009	2,363	0,131	2,367	0,263
34	1,018	2,337	0,138	2,341	0,258
35	1,026	2,322	0,141	2,327	0,254
36	1,034	2,231	0,145	2,236	0,235
37	1,042	2,183	0,145	2,188	0,224

	Dist_norma
Max	5,772
Min	1,151
Resta	4,621

Valor que minimiza o Polinômio	1,2581
--------------------------------	--------

38	1,050	2,117	0,156	2,123	0,210
39	1,058	2,060	0,156	2,066	0,198
40	1,066	2,037	0,156	2,043	0,193
41	1,074	1,995	0,168	2,002	0,184
42	1,082	1,932	0,179	1,940	0,171
43	1,091	1,908	0,186	1,917	0,166
44	1,099	1,890	0,186	1,899	0,162
45	1,107	1,826	0,194	1,836	0,148
46	1,115	1,784	0,201	1,796	0,140
47	1,123	1,739	0,213	1,752	0,130
48	1,131	1,697	0,235	1,714	0,122
49	1,139	1,648	0,245	1,666	0,111
50	1,147	1,621	0,253	1,640	0,106
51	1,155	1,531	0,302	1,561	0,089
52	1,164	1,524	0,310	1,555	0,087
53	1,172	1,484	0,328	1,520	0,080
54	1,180	1,446	0,347	1,487	0,073
55	1,188	1,410	0,358	1,455	0,066
56	1,196	1,330	0,407	1,390	0,052
57	1,204	1,293	0,422	1,360	0,045
58	1,212	1,278	0,485	1,367	0,047
59	1,220	1,235	0,507	1,336	0,040
60	1,228	1,195	0,535	1,310	0,034
61	1,236	1,104	0,590	1,252	0,022
62	1,245	1,071	0,605	1,230	0,017
63	1,253	1,052	0,627	1,225	0,016
64	1,261	1,021	0,658	1,214	0,014
65	1,269	0,968	0,700	1,195	0,010
66	1,277	0,847	0,780	1,151	0,000

Imagem Custo de conectividade 26					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,670	0,016	2,670	1,000
2	0,758	2,670	0,016	2,670	1,000
3	0,766	2,598	0,016	2,598	0,959
4	0,774	2,580	0,016	2,580	0,948
5	0,782	2,532	0,016	2,532	0,920
6	0,791	2,500	0,016	2,500	0,902
7	0,799	2,460	0,016	2,460	0,879
8	0,807	2,340	0,024	2,340	0,810
9	0,815	2,252	0,032	2,252	0,759
10	0,823	2,173	0,064	2,173	0,714
11	0,831	2,118	0,064	2,118	0,683
12	0,839	2,077	0,064	2,078	0,659
13	0,847	2,045	0,064	2,046	0,641
14	0,855	1,965	0,072	1,967	0,595
15	0,864	1,965	0,072	1,967	0,595
16	0,872	1,957	0,072	1,959	0,591
17	0,880	1,851	0,072	1,853	0,530
18	0,888	1,819	0,080	1,821	0,511
19	0,896	1,811	0,080	1,813	0,507
20	0,904	1,745	0,104	1,748	0,469
21	0,912	1,721	0,104	1,724	0,456
22	0,920	1,673	0,104	1,676	0,428
23	0,928	1,633	0,104	1,636	0,405
24	0,936	1,601	0,104	1,605	0,387
25	0,945	1,569	0,120	1,574	0,369
26	0,953	1,553	0,120	1,558	0,360
27	0,961	1,545	0,120	1,550	0,355
28	0,969	1,508	0,120	1,513	0,334
29	0,977	1,458	0,120	1,463	0,305
30	0,985	1,321	0,152	1,330	0,228
31	0,993	1,289	0,152	1,298	0,210
32	1,001	1,289	0,160	1,299	0,211
33	1,009	1,226	0,160	1,236	0,175
34	1,018	1,226	0,160	1,236	0,175
35	1,026	1,194	0,168	1,206	0,157
36	1,034	1,170	0,176	1,183	0,144
37	1,042	1,154	0,192	1,170	0,136

	Dist_norma
Max	2,670
Min	0,933
Resta	1,737

Valor que minimiza o Polinômio	1,1681
--------------------------------	--------

38	1,050	1,113	0,224	1,135	0,116
39	1,058	1,059	0,232	1,084	0,087
40	1,066	1,043	0,256	1,074	0,081
41	1,074	0,979	0,320	1,030	0,056
42	1,082	0,963	0,344	1,022	0,051
43	1,091	0,929	0,368	0,999	0,038
44	1,099	0,897	0,384	0,976	0,024
45	1,107	0,881	0,400	0,967	0,020
46	1,115	0,849	0,424	0,949	0,009
47	1,123	0,817	0,463	0,939	0,003
48	1,131	0,809	0,479	0,940	0,004
49	1,139	0,786	0,503	0,933	0,000
50	1,147	0,762	0,607	0,974	0,024
51	1,155	0,738	0,607	0,955	0,013
52	1,164	0,722	0,655	0,975	0,024
53	1,172	0,706	0,655	0,963	0,017
54	1,180	0,665	0,712	0,974	0,024
55	1,188	0,665	0,768	1,016	0,048
56	1,196	0,657	0,792	1,029	0,055
57	1,204	0,657	0,792	1,029	0,055
58	1,212	0,615	0,808	1,015	0,047
59	1,220	0,607	0,808	1,011	0,045
60	1,228	0,607	0,808	1,011	0,045
61	1,236	0,583	0,808	0,996	0,036
62	1,245	0,527	0,808	0,965	0,018
63	1,253	0,519	0,848	0,994	0,035
64	1,261	0,415	0,888	0,980	0,027
65	1,269	0,415	0,928	1,016	0,048
66	1,277	0,406	1,017	1,095	0,093
67	1,285	0,388	1,137	1,201	0,154
68	1,293	0,364	1,266	1,317	0,221
69	1,301	0,324	1,306	1,346	0,238
70	1,309	0,316	1,378	1,414	0,277
71	1,318	0,316	1,434	1,468	0,308
72	1,326	0,302	1,490	1,520	0,338
73	1,334	0,268	1,498	1,522	0,339
74	1,342	0,244	1,529	1,548	0,354
75	1,350	0,236	1,561	1,579	0,372

Imagem Custo de conectividade 27					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,902	2,273	3,686	0,155
2	0,758	2,902	2,273	3,686	0,155
3	0,766	2,863	2,277	3,658	0,142
4	0,774	2,811	2,290	3,626	0,127
5	0,782	2,777	2,318	3,618	0,123
6	0,791	2,738	2,332	3,596	0,113
7	0,799	2,692	2,354	3,576	0,103
8	0,807	2,630	2,364	3,536	0,084
9	0,815	2,596	2,395	3,532	0,082
10	0,823	2,541	2,416	3,506	0,070
11	0,831	2,488	2,431	3,478	0,057
12	0,839	2,437	2,463	3,465	0,051
13	0,847	2,405	2,522	3,485	0,060
14	0,855	2,360	2,544	3,471	0,054
15	0,864	2,321	2,569	3,463	0,050
16	0,872	2,260	2,587	3,435	0,037
17	0,880	2,260	2,587	3,435	0,037
18	0,888	2,175	2,613	3,400	0,020
19	0,896	2,132	2,637	3,391	0,016
20	0,904	2,109	2,656	3,391	0,016
21	0,912	2,069	2,685	3,390	0,015
22	0,920	2,049	2,714	3,401	0,021
23	0,928	1,993	2,741	3,389	0,015
24	0,936	1,955	2,755	3,378	0,010
25	0,945	1,917	2,789	3,384	0,013
26	0,953	1,902	2,800	3,385	0,013
27	0,961	1,879	2,814	3,384	0,013
28	0,969	1,863	2,832	3,390	0,016
29	0,977	1,835	2,842	3,383	0,012
30	0,985	1,764	2,862	3,362	0,002
31	0,993	1,732	2,876	3,357	0,000
32	1,001	1,732	2,876	3,357	0,000
33	1,009	1,694	2,934	3,387	0,014
34	1,018	1,651	2,957	3,387	0,014
35	1,026	1,622	2,990	3,402	0,021
36	1,034	1,586	3,019	3,411	0,025
37	1,042	1,558	3,046	3,422	0,030

	Dist_norma
Max	5,478
Min	3,357
Resta	2,121

Valor que minimiza o Polinômio	0,9905
--------------------------------	--------

38	1,050	1,514	3,054	3,409	0,025
39	1,058	1,501	3,086	3,431	0,035
40	1,066	1,443	3,101	3,421	0,030
41	1,074	1,424	3,127	3,436	0,037
42	1,082	1,391	3,168	3,460	0,049
43	1,091	1,348	3,173	3,448	0,043
44	1,099	1,300	3,208	3,461	0,049
45	1,107	1,270	3,232	3,473	0,055
46	1,115	1,221	3,246	3,468	0,052
47	1,123	1,221	3,246	3,468	0,052
48	1,131	1,206	3,263	3,479	0,057
49	1,139	1,174	3,310	3,512	0,073
50	1,147	1,139	3,342	3,531	0,082
51	1,155	1,100	3,387	3,562	0,096
52	1,164	1,071	3,425	3,588	0,109
53	1,172	1,045	3,470	3,623	0,126
54	1,180	1,017	3,584	3,726	0,174
55	1,188	0,984	3,645	3,776	0,197
56	1,196	0,968	3,868	3,987	0,297
57	1,204	0,949	3,924	4,037	0,321
58	1,212	0,939	3,960	4,070	0,336
59	1,220	0,907	4,002	4,103	0,352
60	1,228	0,898	4,087	4,184	0,390
61	1,236	0,878	4,151	4,242	0,417
62	1,245	0,878	4,151	4,242	0,417
63	1,253	0,829	4,199	4,280	0,435
64	1,261	0,819	4,254	4,332	0,460
65	1,269	0,795	4,296	4,369	0,477
66	1,277	0,774	4,435	4,502	0,540
67	1,285	0,754	4,516	4,578	0,576
68	1,293	0,734	4,567	4,626	0,598
69	1,301	0,705	5,094	5,142	0,842
70	1,309	0,695	5,145	5,191	0,865
71	1,318	0,672	5,187	5,230	0,883
72	1,326	0,646	5,234	5,274	0,904
73	1,334	0,630	5,294	5,331	0,931
74	1,342	0,601	5,389	5,423	0,974
75	1,350	0,592	5,446	5,478	1,000

<i>Imagem Custo de conectividade 28</i>					
<i>Bin</i>	<i>%Otsu</i>	<i>FP</i>	<i>FN</i>	<i>Dist</i>	<i>Dist_norm</i>
1	0,750	4,486	0,225	4,492	0,098
2	0,758	4,404	0,234	4,411	0,064
3	0,766	4,251	0,267	4,260	0,000
4	0,774	3,742	3,767	5,310	0,444
5	0,782	3,687	3,776	5,278	0,431
6	0,791	3,604	3,829	5,258	0,423
7	0,799	3,535	3,858	5,233	0,412
8	0,807	3,501	3,874	5,222	0,407
9	0,815	3,392	3,916	5,181	0,390
10	0,823	3,223	3,944	5,093	0,353
11	0,831	3,208	3,958	5,095	0,353
12	0,839	3,138	3,988	5,075	0,345
13	0,847	3,109	4,014	5,077	0,346
14	0,855	3,070	4,047	5,080	0,347
15	0,864	3,025	4,094	5,090	0,351
16	0,872	2,957	4,113	5,066	0,341
17	0,880	2,875	4,129	5,031	0,326
18	0,888	2,841	4,147	5,027	0,324
19	0,896	2,788	4,168	5,014	0,319
20	0,904	2,773	4,207	5,038	0,329
21	0,912	2,745	4,231	5,043	0,332
22	0,920	2,716	4,259	5,052	0,335
23	0,928	2,672	4,283	5,048	0,333
24	0,936	2,633	4,307	5,048	0,333
25	0,945	2,595	4,342	5,059	0,338
26	0,953	2,555	4,367	5,059	0,338
27	0,961	2,511	4,387	5,055	0,337
28	0,969	2,460	4,423	5,061	0,339
29	0,977	2,435	4,452	5,075	0,345
30	0,985	2,407	4,482	5,087	0,350
31	0,993	2,369	4,502	5,087	0,350
32	1,001	2,324	4,521	5,084	0,349
33	1,009	2,308	4,545	5,097	0,354
34	1,018	2,277	4,569	5,105	0,358
35	1,026	2,254	4,597	5,120	0,364
36	1,034	2,227	4,612	5,122	0,365
37	1,042	2,213	4,640	5,141	0,373

	<i>Dist_norma</i>
Max	6,623
Min	4,260
Resta	2,364

Valor que minimiza o Polinômio	0,997
--------------------------------	-------

38	1,050	2,169	4,663	5,143	0,374
39	1,058	2,134	4,716	5,177	0,388
40	1,066	2,114	4,748	5,197	0,397
41	1,074	2,061	4,784	5,209	0,402
42	1,082	2,026	4,838	5,245	0,417
43	1,091	1,997	4,852	5,247	0,418
44	1,099	1,962	4,870	5,251	0,419
45	1,107	1,921	4,904	5,267	0,426
46	1,115	1,869	4,931	5,274	0,429
47	1,123	1,827	4,965	5,290	0,436
48	1,131	1,798	5,003	5,316	0,447
49	1,139	1,766	5,047	5,347	0,460
50	1,147	1,710	5,098	5,378	0,473
51	1,155	1,657	5,131	5,392	0,479
52	1,164	1,640	5,173	5,427	0,494
53	1,172	1,611	5,228	5,471	0,512
54	1,180	1,588	5,286	5,519	0,533
55	1,188	1,558	5,328	5,551	0,546
56	1,196	1,530	5,390	5,603	0,568
57	1,204	1,494	5,427	5,629	0,579
58	1,212	1,484	5,490	5,687	0,604
59	1,220	1,433	5,548	5,730	0,622
60	1,228	1,417	5,609	5,785	0,645
61	1,236	1,368	5,648	5,812	0,657
62	1,245	1,349	5,683	5,841	0,669
63	1,253	1,301	5,731	5,877	0,684
64	1,261	1,286	5,791	5,932	0,707
65	1,269	1,232	5,855	5,984	0,729
66	1,277	1,192	5,928	6,047	0,756
67	1,285	1,178	6,004	6,119	0,787
68	1,293	1,129	6,096	6,200	0,821
69	1,301	1,102	6,143	6,241	0,838
70	1,309	1,094	6,218	6,313	0,869
71	1,318	1,051	6,293	6,380	0,897
72	1,326	1,032	6,354	6,437	0,921
73	1,334	1,000	6,424	6,502	0,948
74	1,342	0,989	6,505	6,580	0,981
75	1,350	0,959	6,554	6,623	1,000

Imagem Custo de conectividade 29					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	2,551	0,046	2,552	1,000
2	0,758	2,551	0,046	2,552	1,000
3	0,766	2,526	0,059	2,527	0,981
4	0,774	2,463	0,059	2,464	0,934
5	0,782	2,446	0,059	2,447	0,922
6	0,791	2,417	0,059	2,418	0,900
7	0,799	2,395	0,066	2,396	0,884
8	0,807	2,395	0,066	2,396	0,884
9	0,815	2,383	0,079	2,384	0,875
10	0,823	2,333	0,091	2,334	0,838
11	0,831	2,324	0,091	2,326	0,831
12	0,839	2,316	0,091	2,318	0,825
13	0,847	2,278	0,121	2,281	0,798
14	0,855	2,249	0,125	2,252	0,776
15	0,864	2,249	0,125	2,252	0,776
16	0,872	2,221	0,125	2,224	0,755
17	0,880	2,171	0,125	2,174	0,718
18	0,888	2,129	0,133	2,133	0,687
19	0,896	2,099	0,150	2,104	0,666
20	0,904	2,066	0,150	2,071	0,641
21	0,912	2,061	0,154	2,067	0,638
22	0,920	2,061	0,154	2,067	0,638
23	0,928	2,032	0,154	2,038	0,616
24	0,936	1,990	0,171	1,998	0,586
25	0,945	1,965	0,204	1,976	0,569
26	0,953	1,953	0,209	1,964	0,560
27	0,961	1,924	0,217	1,936	0,540
28	0,969	1,902	0,250	1,918	0,527
29	0,977	1,902	0,250	1,918	0,527
30	0,985	1,864	0,255	1,882	0,499
31	0,993	1,767	0,259	1,786	0,427
32	1,001	1,767	0,263	1,786	0,428
33	1,009	1,683	0,271	1,705	0,367
34	1,018	1,662	0,276	1,685	0,352
35	1,026	1,650	0,284	1,674	0,344
36	1,034	1,650	0,284	1,674	0,344
37	1,042	1,598	0,292	1,625	0,307

	Dist_norma
Max	2,552
Min	1,214
Resta	1,338

Valor que minimiza o Polinômio	1,35
--------------------------------	------

38	1,050	1,586	0,301	1,614	0,299
39	1,058	1,552	0,313	1,583	0,276
40	1,066	1,510	0,334	1,547	0,249
41	1,074	1,473	0,359	1,516	0,226
42	1,082	1,473	0,359	1,516	0,226
43	1,091	1,443	0,405	1,499	0,213
44	1,099	1,403	0,414	1,462	0,186
45	1,107	1,366	0,476	1,447	0,174
46	1,115	1,359	0,485	1,443	0,171
47	1,123	1,350	0,506	1,442	0,170
48	1,131	1,329	0,510	1,424	0,157
49	1,139	1,329	0,510	1,424	0,157
50	1,147	1,325	0,510	1,420	0,154
51	1,155	1,288	0,526	1,391	0,132
52	1,164	1,255	0,552	1,371	0,117
53	1,172	1,255	0,556	1,372	0,118
54	1,180	1,250	0,577	1,377	0,122
55	1,188	1,217	0,581	1,349	0,101
56	1,196	1,217	0,581	1,349	0,101
57	1,204	1,203	0,602	1,345	0,098
58	1,212	1,191	0,635	1,350	0,101
59	1,220	1,146	0,648	1,316	0,076
60	1,228	1,101	0,648	1,277	0,047
61	1,236	1,079	0,656	1,263	0,036
62	1,245	1,036	0,689	1,244	0,023
63	1,253	1,036	0,689	1,244	0,023
64	1,261	1,011	0,724	1,243	0,022
65	1,269	0,995	0,728	1,233	0,014
66	1,277	0,974	0,740	1,223	0,007
67	1,285	0,961	0,778	1,237	0,017
68	1,293	0,974	0,831	1,281	0,050
69	1,301	0,949	0,835	1,265	0,038
70	1,309	0,949	0,835	1,265	0,038
71	1,318	0,898	0,840	1,229	0,012
72	1,326	0,869	0,848	1,214	0,000
73	1,334	0,851	0,881	1,225	0,008
74	1,342	0,843	0,902	1,235	0,015
75	1,350	0,789	0,961	1,243	0,022

Imagem Custo de conectividade 30					
Bin	%Otsu	FP	FN	Dist	Dist_norm
1	0,750	4,241	0,130	4,243	1,000
2	0,758	4,158	0,130	4,161	0,971
3	0,766	4,097	0,130	4,099	0,950
4	0,774	3,902	0,161	3,906	0,883
5	0,782	3,780	0,174	3,784	0,840
6	0,791	3,574	0,174	3,578	0,769
7	0,799	3,421	0,178	3,426	0,716
8	0,807	3,360	0,178	3,365	0,695
9	0,815	3,285	0,230	3,293	0,670
10	0,823	3,259	0,235	3,267	0,661
11	0,831	3,012	0,239	3,022	0,576
12	0,839	2,942	0,244	2,952	0,552
13	0,847	2,890	0,256	2,901	0,534
14	0,855	2,851	0,265	2,863	0,520
15	0,864	2,807	0,269	2,820	0,506
16	0,872	2,728	0,269	2,742	0,478
17	0,880	2,677	0,274	2,691	0,461
18	0,888	2,599	0,278	2,614	0,434
19	0,896	2,424	0,291	2,441	0,374
20	0,904	2,356	0,295	2,375	0,351
21	0,912	2,255	0,300	2,275	0,316
22	0,920	2,220	0,300	2,240	0,304
23	0,928	2,182	0,322	2,205	0,292
24	0,936	2,137	0,326	2,162	0,277
25	0,945	2,115	0,335	2,141	0,270
26	0,953	2,098	0,335	2,124	0,264
27	0,961	2,041	0,339	2,069	0,245
28	0,969	1,991	0,348	2,021	0,228
29	0,977	1,908	0,352	1,940	0,200
30	0,985	1,738	0,479	1,803	0,152
31	0,993	1,687	0,492	1,758	0,137
32	1,001	1,670	0,522	1,749	0,134
33	1,009	1,644	0,560	1,737	0,129
34	1,018	1,640	0,565	1,734	0,129
35	1,026	1,596	0,569	1,695	0,115
36	1,034	1,552	0,608	1,667	0,105
37	1,042	1,530	0,617	1,650	0,099

	Dist_norma
Max	4,243
Min	1,364
Resta	2,879

Valor que minimiza o Polinômio	1,1579
--------------------------------	--------

38	1,050	1,516	0,626	1,640	0,096
39	1,058	1,437	0,704	1,601	0,082
40	1,066	1,385	0,704	1,554	0,066
41	1,074	1,299	0,731	1,490	0,044
42	1,082	1,268	0,731	1,463	0,034
43	1,091	1,211	0,748	1,424	0,021
44	1,099	1,177	0,796	1,421	0,020
45	1,107	1,164	0,840	1,435	0,025
46	1,115	1,073	0,910	1,407	0,015
47	1,123	1,016	0,959	1,397	0,011
48	1,131	0,967	0,976	1,374	0,003
49	1,139	0,954	0,994	1,378	0,005
50	1,147	0,928	1,007	1,369	0,002
51	1,155	0,906	1,020	1,364	0,000
52	1,164	0,877	1,081	1,392	0,010
53	1,172	0,854	1,147	1,430	0,023
54	1,180	0,824	1,221	1,472	0,038
55	1,188	0,797	1,255	1,487	0,043
56	1,196	0,757	1,307	1,511	0,051
57	1,204	0,700	1,329	1,502	0,048
58	1,212	0,654	1,437	1,579	0,075
59	1,220	0,633	1,480	1,610	0,085
60	1,228	0,578	1,503	1,610	0,085
61	1,236	0,552	1,529	1,626	0,091
62	1,245	0,543	1,560	1,652	0,100
63	1,253	0,487	1,598	1,671	0,107
64	1,261	0,458	1,663	1,725	0,125
65	1,269	0,424	1,728	1,780	0,144
66	1,277	0,402	1,746	1,792	0,148
67	1,285	0,366	1,886	1,921	0,194
68	1,293	0,298	1,971	1,993	0,218
69	1,301	0,277	2,129	2,147	0,272
70	1,309	0,250	2,185	2,199	0,290
71	1,318	0,235	2,242	2,254	0,309
72	1,326	0,235	2,334	2,346	0,341
73	1,334	0,148	2,920	2,924	0,542
74	1,342	0,093	3,115	3,117	0,609
75	1,350	0,084	3,216	3,217	0,643

Tabela Apêndice 10 Reunião dos valores mínimos das aproximações polinomiais para Ori_W5_S

<i>Imagem custo de conectividade</i>	<i>Mínimo valor no polinômio</i>
1	1,231
2	1,249
3	1,321
4	1,350
5	1,350
6	1,210
7	1,350
8	0,837
9	1,125
10	1,018
11	1,263
12	1,175
13	1,207
14	1,243
15	1,177
16	1,183
17	1,250
18	1,199
19	1,196
20	1,156
21	1,201
22	1,085
23	1,350
24	1,249
25	1,258
26	1,168
27	0,991
28	0,997
29	1,350
30	1,158
<i>Média</i>	1,197
<i>Desvio Padrão</i>	0,120
<i>Mediana</i>	1,204

APÊNDICE C

Resultados Segmentação do Lúmen

Afinidade Bathacharyya

<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>
Original	Sem Filtro	96,70	3,47	3,39	ModOtsu	Sem Filtro	96,55	3,52	3,49	ConAumentado	Sem Filtro	96,25	3,45	3,60
		10,20	5,31	5,40			10,25	5,48	5,44			11,29	5,30	5,86
	Mediana_3	97,73	2,82	2,55		Mediana_3	97,73	2,82	2,54		Mediana_3	98,27	3,09	2,41
		4,06	4,00	2,59			4,06	3,99	2,59			2,35	4,07	2,14
	Mediana_5	95,88	2,72	3,42		Mediana_5	95,51	2,56	3,53		Mediana_5	96,14	2,86	3,36
		7,64	4,56	4,20			8,15	4,11	4,31			7,45	4,57	4,11
	Mediana_7	93,88	3,37	4,74		Mediana_7	93,94	3,41	4,73		Mediana_7	94,01	3,48	4,73
		9,08	3,39	4,40			9,03	3,42	4,38			8,98	3,46	4,38
	Mediana_9	85,32	1,98	8,33		Mediana_9	85,32	1,98	8,33		Mediana_9	85,32	1,98	8,33
		15,64	2,04	7,45			15,64	2,03	7,45			15,64	2,04	7,45
	Mediana_11	73,87	0,96	13,54		Mediana_11	73,86	0,95	13,55		Mediana_11	73,87	0,96	13,54
		20,71	1,31	10,13			20,70	1,31	10,12			20,71	1,31	10,13
	Wiener_3	95,92	2,61	3,35		Wiener_3	95,56	2,56	3,50		Wiener_3	96,54	3,19	3,33
		9,33	4,44	5,10			10,44	4,43	5,56			7,09	9,72	5,92
	Wiener_5	89,29	1,68	6,20		Wiener_5	95,67	4,30	4,31		Wiener_5	96,42	3,98	3,78
		13,78	2,43	6,83			9,96	6,84	5,83			8,03	3,48	4,33
	Wiener_7	93,26	4,47	5,60		Wiener_7	92,79	5,35	6,28		Wiener_7	90,68	3,09	6,20
		12,73	3,55	6,24			12,93	12,26	8,49			13,58	3,25	6,63
	Wiener_9	88,82	3,68	7,43		Wiener_9	87,95	4,72	8,38		Wiener_9	85,24	2,21	8,49
		16,59	3,02	7,93			17,06	11,35	9,58			16,99	2,47	8,25
	ISF_9_3	96,06	3,18	3,56		ISF_9_3	96,02	3,17	3,57		ISF_9_3	96,23	3,22	3,50
		7,39	3,30	3,73			7,40	3,31	3,73			7,11	3,33	3,60
	ISF_11_3	96,27	3,35	3,54		ISF_11_3	96,03	3,16	3,56		ISF_11_3	96,08	3,18	3,55
		6,87	3,44	3,41			7,08	3,32	3,49			6,88	3,33	3,43
	ISF_13_3	96,09	3,04	3,48		ISF_13_3	96,09	3,03	3,47		ISF_13_3	96,09	3,04	3,48
		5,75	3,32	2,97			5,75	3,32	2,97			5,75	3,32	2,97
	ISF_9_5	90,82	2,51	5,84		ISF_9_5	90,84	2,51	5,83		ISF_9_5	90,65	2,46	5,90
		12,40	2,74	6,01			12,41	2,74	6,01			12,65	2,70	6,13
	ISF_11_5	89,07	2,10	6,52		ISF_11_5	89,03	2,10	6,53		ISF_11_5	89,07	2,10	6,52
		13,38	3,27	6,49			13,37	3,27	6,49			13,38	3,27	6,49
	ISF_13_5	88,00	1,72	6,86		ISF_13_5	88,00	1,72	6,86		ISF_13_5	88,00	1,72	6,86
		13,85	2,84	6,84			13,83	2,84	6,84			13,85	2,84	6,84

Afinidade N

<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>
Original	Sem Filtro	68,17	2,88	17,35	ModOtsu	Sem Filtro	94,98	7,04	6,03	ConAumentado	Sem Filtro	69,63	2,07	16,22
		42,86	4,38	20,51			19,04	6,58	9,34			41,77	3,19	20,24
	Mediana_3	78,72	3,57	12,42		Mediana_3	96,55	6,75	5,10		Mediana_3	80,12	2,24	11,06
		38,01	4,34	18,18			14,93	6,00	7,52			35,13	3,32	17,07
	Mediana_5	83,34	3,16	9,91		Mediana_5	97,51	5,41	3,95		Mediana_5	84,29	2,23	8,97
		33,75	4,09	16,27			9,84	5,43	5,34			32,07	3,30	15,63
	Mediana_7	96,72	3,84	3,56		Mediana_7	97,97	4,48	3,25		Mediana_7	98,37	3,27	2,45
		8,65	5,09	4,89			6,04	5,35	3,89			3,11	4,56	2,79
	Mediana_9	96,80	4,09	3,64		Mediana_9	97,69	4,34	3,33		Mediana_9	97,69	3,49	2,90
		9,06	6,13	5,26			6,81	5,61	4,19			6,50	5,15	4,11
	Mediana_11	96,24	3,53	3,65		Mediana_11	98,44	6,02	3,79		Mediana_11	97,16	3,03	2,93
		9,82	5,78	5,44			6,13	5,97	4,21			7,18	4,38	4,18
	Wiener_3	90,14	4,60	7,23		Wiener_3	97,04	5,01	3,98		Wiener_3	87,55	2,84	7,65
		26,88	4,92	12,93			12,88	4,99	6,59			29,38	3,81	14,29
	Wiener_5	90,96	2,46	5,75		Wiener_5	97,68	3,02	2,67		Wiener_5	97,17	2,41	2,62
		22,01	3,66	10,79			4,45	4,18	2,99			5,30	3,51	3,18
	Wiener_7	96,19	2,54	3,18		Wiener_7	96,86	2,72	2,93		Wiener_7	97,82	2,54	2,36
		7,32	4,11	3,88			6,57	4,08	3,54			4,81	3,32	2,83
	Wiener_9	95,22	2,33	3,56		Wiener_9	94,73	2,15	3,71		Wiener_9	96,52	1,83	2,65
		7,49	3,34	3,76			7,49	3,62	3,73			4,42	2,86	2,45
	ISF_9_3	85,73	3,73	9,00		ISF_9_3	97,19	5,08	3,95		ISF_9_3	87,97	2,65	7,34
		31,89	4,60	15,32			11,38	5,33	5,94			28,77	3,72	14,02
	ISF_11_3	83,29	3,29	10,00		ISF_11_3	98,41	5,45	3,52		ISF_11_3	89,24	2,80	6,78
		34,58	4,18	16,65			5,34	5,42	3,64			27,24	3,94	13,28
	ISF_13_3	81,46	2,99	10,77		ISF_13_3	96,33	5,04	4,36		ISF_13_3	88,84	2,71	6,94
		35,88	4,17	17,31			14,14	5,28	7,13			27,80	4,01	13,57
	ISF_9_5	95,97	4,38	4,20		ISF_9_5	98,21	4,40	3,09		ISF_9_5	98,12	3,33	2,61
		10,90	6,02	5,95			4,54	5,36	3,34			4,32	4,56	3,09
	ISF_11_5	95,36	4,94	4,79		ISF_11_5	97,98	4,34	3,18		ISF_11_5	97,96	3,16	2,60
		11,99	7,12	6,68			5,33	5,30	3,54			4,07	4,49	3,03
	ISF_13_5	95,28	5,42	5,07		ISF_13_5	98,35	5,55	3,60		ISF_13_5	97,82	3,01	2,59
		12,11	8,43	7,02			5,70	5,74	3,88			4,13	4,31	2,96

Afinidade PD

<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>
Original	Sem Filtro	92,18	8,15	7,99	ModOtsu	Sem Filtro	98,03	7,57	4,77	ConAumentado	Sem Filtro	97,01	5,30	4,15
		23,17	7,46	10,97			8,55	6,18	5,01			13,21	5,21	6,82
	Mediana_3	94,80	7,26	6,23		Mediana_3	98,39	6,74	4,17		Mediana_3	98,60	4,48	2,94
		16,97	6,23	8,39			6,20	5,78	4,10			4,22	4,80	3,24
	Mediana_5	96,29	6,05	4,88		Mediana_5	98,69	5,23	3,27		Mediana_5	98,56	3,69	2,56
		11,63	7,15	6,55			4,39	5,07	3,37			3,06	4,52	2,72
	Mediana_7	95,08	4,16	4,54		Mediana_7	97,71	4,02	3,15		Mediana_7	97,83	3,21	2,69
		12,51	6,08	6,75			6,26	5,10	3,91			5,33	4,18	3,38
	Mediana_9	92,32	6,05	6,87		Mediana_9	97,77	4,35	3,29		Mediana_9	97,53	3,46	2,97
		17,83	9,83	9,71			6,52	5,20	3,97			5,89	4,53	3,68
	Mediana_11	90,69	5,21	7,26		Mediana_11	96,81	3,88	3,54		Mediana_11	96,07	3,16	3,55
		20,13	8,31	10,55			8,10	5,30	4,47			8,99	4,38	4,74
	Wiener_3	95,61	5,76	5,08		Wiener_3	98,66	4,90	3,12		Wiener_3	98,29	3,78	2,74
		14,27	5,68	7,27			3,89	4,63	3,04			4,88	4,45	3,28
	Wiener_5	95,63	2,98	3,68		Wiener_5	97,20	2,88	2,84		Wiener_5	96,76	2,80	3,02
		8,91	4,13	4,78			6,02	3,70	3,42			6,97	3,76	3,94
	Wiener_7	93,36	2,01	4,33		Wiener_7	93,70	1,54	3,92		Wiener_7	93,64	1,59	3,98
		10,43	4,20	5,27			9,11	2,80	4,49			8,89	2,78	4,38
	Wiener_9	89,94	1,14	5,60		Wiener_9	89,39	0,85	5,73		Wiener_9	89,26	0,89	5,81
		10,89	2,93	5,33			10,19	2,12	4,96			10,53	2,04	5,11
Original	ISF_9_3	94,26	6,23	5,99	ModOtsu	ISF_9_3	98,64	5,13	3,24	ConAumentado	ISF_9_3	97,66	4,03	3,18
		16,58	6,52	8,34			3,98	5,23	3,22			9,70	4,86	5,25
	ISF_11_3	95,14	6,48	5,67		ISF_11_3	98,50	5,45	3,47		ISF_11_3	97,91	4,12	3,11
		14,42	6,29	7,44			5,00	5,50	3,57			8,10	4,93	4,61
	ISF_13_3	92,72	6,38	6,83		ISF_13_3	98,36	5,23	3,44		ISF_13_3	98,15	4,22	3,03
		19,90	6,41	9,82			5,63	5,38	3,74			6,05	5,12	3,87
	ISF_9_5	93,53	5,26	5,87		ISF_9_5	98,14	4,30	3,08		ISF_9_5	97,48	3,16	2,84
		15,85	7,60	8,60			5,41	4,98	3,52			5,55	4,22	3,59
	ISF_11_5	92,46	5,59	6,57		ISF_11_5	98,12	4,37	3,13		ISF_11_5	97,64	3,44	2,90
		17,47	7,76	9,25			5,45	5,12	3,58			5,79	4,48	3,69
	ISF_13_5	93,13	6,18	6,53		ISF_13_5	98,54	5,20	3,33		ISF_13_5	98,15	4,22	3,03
		16,37	11,82	9,73			4,40	5,23	3,32			6,05	5,12	3,87

Afinidade SSIM'

<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>	<i>Imagem</i>	<i>Filtro_tamanho</i>	<i>VP</i>	<i>FP</i>	<i>Dif</i>
Original	Sem Filtro	92,64	2,67	5,01	ModOtsu	Sem Filtro	96,29	3,36	3,53	ConAumentado	Sem Filtro	94,89	2,18	3,65
		20,34	4,25	9,99			12,22	4,90	6,23			14,38	3,83	7,18
	Mediana_3	96,21	2,59	3,19		Mediana_3	98,16	3,41	2,62		Mediana_3	98,53	2,41	1,94
		12,23	4,14	6,19			3,80	4,75	2,81			1,55	3,73	1,89
	Mediana_5	98,35	2,67	2,16		Mediana_5	98,54	3,67	2,56		Mediana_5	98,52	2,36	1,92
		2,34	4,21	2,32			2,34	5,19	2,77			1,46	3,80	1,92
	Mediana_7	98,56	2,86	2,15		Mediana_7	98,49	3,72	2,61		Mediana_7	98,51	2,22	1,86
		2,04	4,40	2,35			2,81	5,29	3,00			1,37	3,67	1,82
	Mediana_9	98,49	2,92	2,22		Mediana_9	53,22	0,33	23,55		Mediana_9	98,38	2,15	1,89
		2,74	4,44	2,59			41,80	1,08	20,76			1,45	3,48	1,76
	Mediana_11	98,50	2,92	2,21		Mediana_11	98,13	3,47	2,67		Mediana_11	98,33	2,10	1,89
		3,03	4,38	2,62			3,98	4,96	3,16			1,44	3,43	1,73
	Wiener_3	94,31	2,42	4,05		Wiener_3	95,08	2,89	3,91		Wiener_3	98,12	2,06	1,97
		16,35	4,04	8,10			14,01	4,47	6,97			1,72	4,18	2,08
	Wiener_5	95,89	2,32	3,21		Wiener_5	97,93	3,07	2,57		Wiener_5	98,21	2,06	1,92
		10,58	3,91	5,36			4,24	4,50	2,90			1,58	4,04	2,00
	Wiener_7	98,14	2,72	2,29		Wiener_7	97,78	3,05	2,64		Wiener_7	98,17	2,02	1,92
		2,80	4,82	2,62			4,04	5,05	2,95			1,58	4,08	2,02
	Wiener_9	98,21	2,77	2,28		Wiener_9	98,17	3,37	2,60		Wiener_9	98,20	2,04	1,92
		2,52	4,93	2,62			2,84	5,78	2,97			1,59	4,19	2,10
	ISF_9_3	98,50	2,91	2,21		ISF_9_3	98,46	3,52	2,53		ISF_9_3	98,54	2,49	1,97
		2,58	4,27	2,52			2,85	4,95	2,86			2,16	3,60	2,10
	ISF_11_3	98,52	3,06	2,27		ISF_11_3	98,39	3,42	2,52		ISF_11_3	98,56	2,51	1,98
		2,59	4,49	2,62			2,68	4,93	2,77			1,61	3,57	1,92
	ISF_13_3	98,38	2,94	2,28		ISF_13_3	98,37	3,37	2,50		ISF_13_3	98,43	2,48	2,03
		2,80	4,32	2,62			2,68	4,71	2,66			1,75	3,56	1,95
	ISF_9_5	98,50	2,95	2,23		ISF_9_5	98,49	3,58	2,55		ISF_9_5	98,52	2,48	1,98
		2,81	4,40	2,63			2,77	5,06	2,89			2,50	3,65	2,22
	ISF_11_5	98,54	2,96	2,21		ISF_11_5	98,37	3,58	2,61		ISF_11_5	98,49	2,35	1,93
		2,93	4,36	2,61			3,63	4,96	3,04			1,55	3,38	1,82
	ISF_13_5	98,42	2,80	2,19		ISF_13_5	98,52	3,74	2,61		ISF_13_5	98,47	2,49	2,01
		2,96	4,15	2,53			2,82	5,24	2,91			1,72	3,53	1,94