

# RECONSTRUÇÃO TRIDIMENSIONAL EM IMAGENS MÉDICAS USANDO LABELING E TRIANGULARIZAÇÃO

*Antonio Carlos.Sobieranski\**

*Daniel Duarte Abdala \*\**

*Eros Comunello \*\*\**

*Leandro Coser \*\*\*\**

## RESUMO

Sabe-se do poder tecnológico e da importância que as técnicas de Processamento Digital de Imagens hoje oferecem aos mais diferentes campos científicos, industriais e sociais. Na área médica, tais técnicas realizam tarefas primordiais e de fundamental importância para a melhoria das imagens médicas, uma vez que maioria destas apresentam-se com altos níveis de ruídos e alta fragmentação, dificultando o processo decisório tanto para o especialista médico, como para a própria autonomia computacional. Em posse de imagens com segmentos homogêneos bem definidos, o campo de aplicabilidade a pesquisas torna-se vasto, tais como propiciar a este a reconstrução tridimensional, tão almejada pelos equipamentos produzidos pela indústria da imagem médica, a qual é proprietária de um imenso valor agregado oriundo desta tecnologia.

Porém, hoje o custo de aquisição de tais equipamentos dotados desta funcionalidade é elevado, e nem sempre os métodos atendem às necessidades do especialista radiológico. A aplicabilidade e necessidade de tais ferramentas propostas em países emergentes como Brasil é essencial, visto que ainda utiliza-se amplamente equipamentos de Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética antigos que não provêm destas funcionalidades.

Além disto, as técnicas aqui propostas também objetivam propor para a indústria da imagem médica novos mecanismos para melhoria do seu produto privado, uma vez que existe a necessidade computacional das técnicas de Processamento Digital e Reconstrução Tridimensional de Imagens com flexibilidade, robustez e segurança.

**Palavras Chave:** reconstrução tridimensional, processamento digital de imagens, imagem médica.

## 1. Introdução

O campo para aplicações de técnicas de Processamento Digital de Imagens em pesquisas é grandioso, abrangendo muitas áreas científicas e tecnológicas que utilizam-se de qualquer forma de inferência visual, como reconhecimento de objetos, análise de processos, controles em sistemas críticos, etc. Estas técnicas estão presentes em diversos segmentos como a área industrial, médica, aeroespacial.

Quanto à aplicabilidade de tais técnicas na área médica, estas são muito requeridas uma vez que as imagens médicas representam a situação interna do corpo humano, permitindo a visualização do estado de órgãos e tecidos de maneira não invasiva.

A segmentação de imagens é uma etapa de processamento digital de imagens que atua sobre imagens com métodos e rotinas de maneira a delimitar elementos constituintes ou objetos os quais fazem parte das regiões de interesse, em outras palavras, a segmentação consiste na subdivisão da imagem de entrada em regiões constituintes ou objetos. Com a segmentação de imagens, é possível tratar cada entidade individualmente,

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, , [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

tornando regiões com propriedades significativas em blocos homogêneos. É uma tarefa muito complexa na maioria dos casos, devido à tentativa de conduzir o computador à execução de um processo cognitivo extremamente sofisticado que é realizado através do mecanismo de visão.

Existem diversos métodos para a realização da segmentação de imagens, sendo os principais métodos para segmentação os conhecidos por limiarização; segmentação por bordas e segmentação por crescimento de regiões. Dentre os tipos de segmentação, é de grande interesse neste contexto a segmentação por detecção de bordas e por crescimento por regiões. A segmentação por detecção de bordas é conduzida de maneira a considerar a borda como limite entre objetos sobrepostos, ou seja, a extremidade de um determinado objeto, sendo a similaridade pictorial dirigida até os limites da borda sugerindo este como contorno de uma área, permitindo interpretar pixels contínuos e agrupá-los em regiões. O método de detecção de borda mais eficiente no contexto radiológico é método proposto por John Canny, denominado de Canny.

A segmentação baseada em crescimento por regiões procura obter regiões com a mesma característica dos métodos anteriores, ou seja, a variação abrupta da função de luminosidade dos pixels. Aborda o tratamento linha a linha onde a partir de pixels iniciais é definido se os pixels adjacentes compartilham ou não de propriedades em comum, onde estes serão anexados a um segmento existente ou serão considerados como novas regiões homogêneas. Os segmentos detectados podem fundir-se, dividir-se ou desaparecer na linha subsequente. Dentre os algoritmos de segmentação baseados em crescimento de regiões, destaca-se o algoritmo de David Mumford e Jayant M. Shah.

Quando aplicados os métodos necessários a fim de que as imagens médicas estejam melhoradas de acordo com as necessidades, outras funcionalidades (podem ser efetuadas, como por exemplo o tratamento de forma isolada a cada região de interesse, exemplo disso é a execução da reconstrução tridimensional deste conjunto de segmentos.

Usualmente, existem métodos que propiciam a reconstrução tridimensional, porém, os métodos mais utilizados hoje baseiam-se no processo de triangularização, que como o próprio nome sugere, é o processo de se gerar triângulos a partir de uma série de coordenadas planares ou vértices de polígonos, objetivando a geração de planos.

A técnica de triangularização faz-se necessária devido às características dos triângulos serem o mínimo necessário para se definir um determinado plano. Segundo Comunello (2004) “a forma triangular é a forma mais utilizada na área da reconstrução tridimensional, pois pode-se considerar como a única forma que, quando utilizada unicamente na sua essência, sua junção permite recriar praticamente todas as formas geométricas existentes”.

Um dos métodos de triangularização utilizado é a triangularização de Delaunay, que é determinada pela propriedade única de que, para que um triângulo seja válido, o seu circuncentro, que passa pelos três pontos que o formam, não admita a existência de nenhum outro ponto em seu interior. Caso isto ocorra, significa que existe um triângulo com arestas mais definidas do que o comparado, ou seja, com uma melhor proximidade de vértices. Pela observação da figura 1 pode-se verificar como o processo de triangularização pela regra de Delaunay é executado.

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

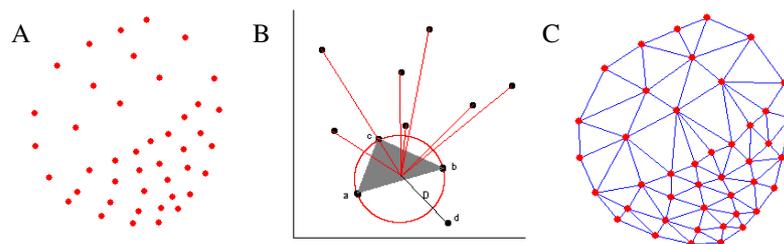


Figura 1 – Triangularização de Delaunay efetuada sobre diversos pontos ou vértices (tempo quadrático). (A - malha planar inicial, B- validação do triângulo pelo circuncentro, C-resultado triangularização (busca exaustiva) ).

Tais técnicas propiciam artifícios que tendem a melhorar a observação de imagens pelo especialista médico, uma vez que este disponibilizará de modo tridimensional a estrutura selecionada, permitindo um melhor entendimento do estado a que se encontra um paciente para um diagnóstico médico. Pode-se exemplificar isto, tipicamente em casos de traumatismo craniano, onde a visualização espacial auxiliaria na análise do trauma, que ainda hoje são analisadas cada uma individualmente, propiciando assim uma dimensão geral da massa encefálica ou crânio do paciente, uma vez que tais casos são considerados de risco para as vítimas.

Inseridos neste contexto, objetiva-se:

- a criação de metodologia que permitam efetuar a prática de labeling, ou seja, isolamento e extração de regiões de interesse;
- efetuar a reconstrução tridimensional dos segmentos selecionados através de métodos de triangulação otimizados.

## 2. Materiais e Métodos

Durante o processo de desenvolvimento da metodologia foi necessário a análise dos padrões e formatos de imagem, selecionando-se os que se julgavam adequados para funcionalidades distintas como armazenamento, processamento e visualização. Os formatos escolhidos para o trabalho são DICOM, Pixel Gray Map (PGM) e Bitmap (BMP).

Quanto aos métodos de Processamento Digital de Imagens, foram implementados em C/C++ a fim de prover maior estabilidade, velocidade de execução e portabilidade. Os compiladores utilizados para a implementação das funções pertinentes tanto ao Processamento Digital de Imagens como Labeling e Reconstrução Tridimensional foram o Microsoft Visual Studio.Net e Gnu Collections Compiler (gcc).

### 2.1 Labeling

Apesar de existirem diversas definições, para este contexto o conceito de Labeling é o isolamento de objetos de interesse, as quais humanos fazem constantemente, ou seja, trata-se da “arte” de isolar, extrair ou nomear objetos a fim de que seja possível explicitar de maneira direta um rótulo para este objeto, em relação aos demais objetos que compõe uma imagem, para isto, parte-se do princípio que já se possui imagens segmentadas com as regiões homogêneas. Assim, é possível que os objetos sejam nomeados, classificados e até mensurados quantitativamente, onde tais atributos que não de representar os segmentos variam de acordo com a necessidade e objetivo que visa ser alcançado.

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

Analisando de modo genérico, poderia se julgar necessário alguns dos seguintes atributos para Labeling:

- Nomenclatura do segmento;
- Região que compreende o segmento extraído com as coordenadas e atributos de luminosidade;
- Quantificação de pontos luminosos (voxels) que representam o segmento num determinado corte.

### 2.1.1 Segmentação de Regiões de Interesse

O modelo matemático de Mumford&Shah, é um método de segmentação por crescimento de regiões baseado na idéia de que as regiões são grupos de pixels possuindo uma elasticidade (energia) com uma “borracha”. As regiões tenderão ao crescimento até que se pode esticar a “borracha” ou seja, enquanto houver elasticidade (energia) entre as regiões elas continuarão a agrupar-se, formando regiões maiores. Quanto maior a variação pictorial dentro de uma região menor será a energia para agregação de regiões.

Dos algoritmos de crescimento de regiões é o que produz os melhores resultados, porém sua complexidade computacional pode ser um problema, porque na maioria dos casos é necessário um alto custo computacional para a realização dos complexos cálculos efetuados até a obtenção do resultado, porém o algoritmo de Mumford&Shah, é amplamente utilizado e conhecido como o mais preciso método de segmentação por crescimento de regiões.

A equação da funcional de Mumford&Shah pode ser observada na figura 2 e exemplos de resultados de sua aplicação podem ser observados na figura 3:

$$E(u, K) = \iint_{\Omega} \|u - g\|^2 dx dy + \iint_{\frac{\Omega}{K}} \|\Delta u\|^2 dx dy + \lambda l(K)$$

Figura 2 – Equação da Energia Funcional de Mumford & Shah.

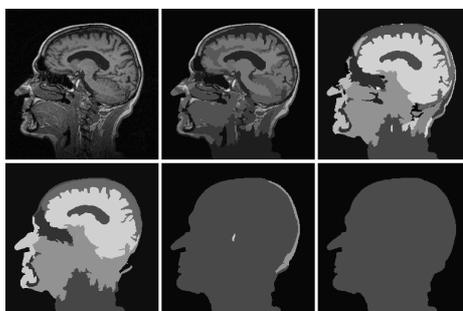


Figura 3 – Ressonância Magnética submetida a segmentação por Mumford & Shah.

Em resumo, o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões de Mumford&Shah opera na imagem fazendo com que as regiões realizem uma competição entre si por meio do cálculo de energia, procurando realizar a fusão entre regiões com características semelhantes.

### 2.1.2 Determinação da Borda

O detector de borda de Canny é um dos mais conhecidos detectores de borda elaborado por Jonh Canny em 1986, sendo hoje amplamente utilizado em modernos sistemas de processamento digital de imagens. O detector de bordas Canny é um operador gaussiano que suaviza os ruídos e localiza as bordas.

A importância da detecção de borda dá-se devido ao fato de que ao se detectar uma borda pode-se localizar os objetos de uma imagem. Esta distinção permitirá a programas interpretar pixels contínuos e usar

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, , [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

estas informações para outras operações, como por exemplo no contexto de labeling, é um passo anterior a vetorização e parametrização.

Resultados do processo de detecção de bordas pode ser observados na figura 4:

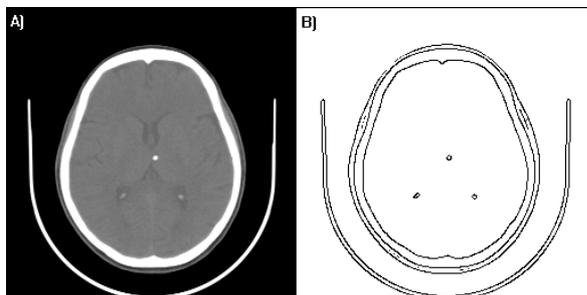


Figura 4 – Tomografia Computadorizada – A) Imagem Original, B) Aplicação de detecção de Borda pelo método de Canny.

### 2.1.3 Extração de Regiões de Interesse

A extração de segmentos ou regiões de interesse nas imagens é de fundamental importância, pois se trata da extração de segmentos dos elementos que compõem a imagem. A verificação de homogeneidade ocorre sempre em relação aos quatro pontos vizinhos da coordenada x,y e caso estes possuam a mesma função de luminosidade, não se unem ao segmento.

Para realização da extração pontos vizinhos de mesma intensidade luminosa de maneira que nenhuma parte do segmento seja ignorada, é utilizada árvore de busca em profundidade, onde cada nodo corresponde a um pixel no plano cartesiano. Este pixel pode ter até outros quatro nodos filhos, dependendo da estrutura da imagem, e assim sucessivamente. Resultados de um processo de extração de segmentos pode ser observados na Figura 5.

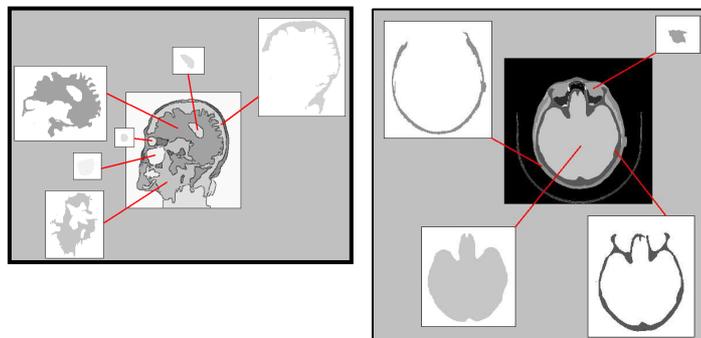


Figura 5 – Diferentes segmentos extraídos das imagens.

Em função da alta fragmentação, é adicionado ao extrator a capacidade de extrair de uma única imagem uma série de segmentos diferentes, selecionados pelo usuário, permitindo efetuar a união de objetos que não foram abstraídos na segmentação através da binarização, oferecendo maior segurança e comodidade uma vez que assim dispensa-se um novo processo segmentação com outros parâmetros.

## 2.2 Reconstrução Tridimensional de Imagem Médica

Dos diferentes métodos de reconstrução existentes que propiciam a visualização volumétrica, neste trabalho foi utilizada a reconstrução superficial renderizada, oriunda de um processo de triangularização. Para se efetuar a triangularização, é necessário o isolamento das extremidades do objeto, ou seja, a extremidade do segmento.

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

Porém, como o algoritmo de extração de segmentos admite que sejam realizadas diversas extrações combinadas em uma única imagem, utiliza-se por conveniência binarizar os segmentos visando que se tornem um único segmento homogêneo, para posteriormente, com o algoritmo de detecção de bordas de Canny ser extraída somente a borda externa do segmento ou conjunto de segmentos, conforme demonstrado na figura 6.

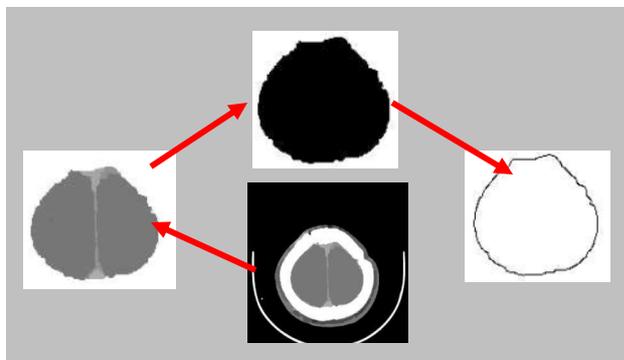


Figura 6 – Isolamento de diferentes segmentos para detecção das extremidades, seguida pela binarização e detecção de bordas.

Este procedimento é aplicado a todos os segmentos a que se pretende visualizar em perspectiva tridimensional, sendo que o fundamento para a base reconstrução é a sobreposição espaçada de todos os segmentos conforme demonstrado na figura 7 e posterior triangularização a fim de formar um único objeto tridimensional construído a partir das bordas das imagens bidimensionais.

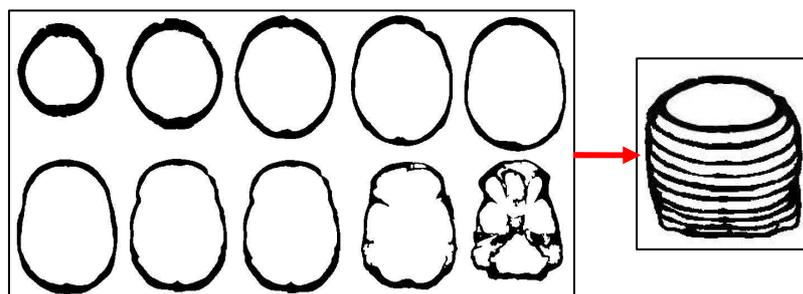


Figura 7 – Sobreposição dos cortes axiais do crânio.

### 2.2.1 Detecção de Polígonos e Vetorização Paramétrica

A detecção de polígonos contempla a abstração das coordenadas detectadas no isolamento superficial, diminuindo assim a quantidade de vértices para a triangularização. O gerador de polígonos implementado, apesar de gerar uma grande quantidade de vértices e arestas, é baseado na distância de abertura poligonal fixa, ou seja, num espaçamento determinado pelo especialista médico / radiológico ajustável de acordo com a qualidade da reconstrução desejada.

Uma vez determinados os vértices do polígono que participarão do processo de triangularização, estes ainda deverão sofrer por um processo de redução espacial, também denominada de vetorização paramétrica. Esta necessidade se deve ao fato os vértices poligonais se encontram em um espaço bi-dimensional, considerando-se que a triangularização será efetuada entre cortes / slices adjacentes, o espaço de trabalho passa a ser tridimensional. Sabe-se que o algoritmo de triangularização de Delaunay exaustivo obtém o melhor resultado em um plano cartesiano bidimensional – apesar de um alto custo de processamento. Porém, em um plano tridimensional, para efetuar a condição triangular entre 3 pontos o circuncentro não é contemplado, e utilizando-se uma esfera baseando-se na propriedade triangular não é possível determinar as facetas. Se os vértices

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, , [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

poligonais bi-dimensionais forem transformados parametricamente em uma perspectiva unidimensional e triangularizados adjacentemente, novamente tem-se uma representação bi-dimensional formada sempre por 2 cortes / slices unidimensionais, validando o triângulo de Delaunay.

Ao processo de transformação de planos espaciais é conhecido por vetorização. Este é o processo o qual uma imagem contida em um plano bidimensional é convertida em uma reta paramétrica, com atributo (y) constante (geralmente, correspondente à distância entre cortes / slices). Com esta conversão, a triangularização de Delaunay é totalmente aplicável, visto que será efetuada sobre pontos distribuídos em retas paramétricas paralelas, se forem usadas sempre duas em duas.

Retas paramétricas são obtidas através de equações paramétricas sobre um conjunto de pontos que compõem um polígono, que também definem a equação geral da reta. Das formas disponíveis conhecidas para se calcular a distância paramétrica de um conjunto de pontos, utilizou-se à parametrização com distância euclidiana, a qual se utilizada de modo incremental produz o mesmo efeito da parametrização por cálculo de integral, conforme descrito na figura 8.

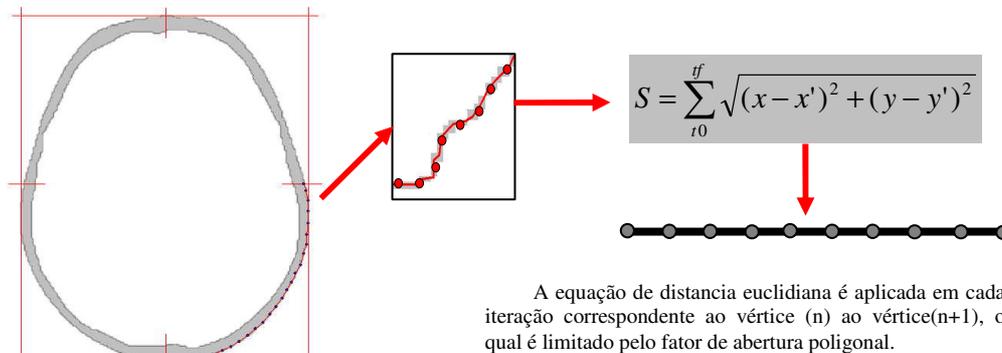
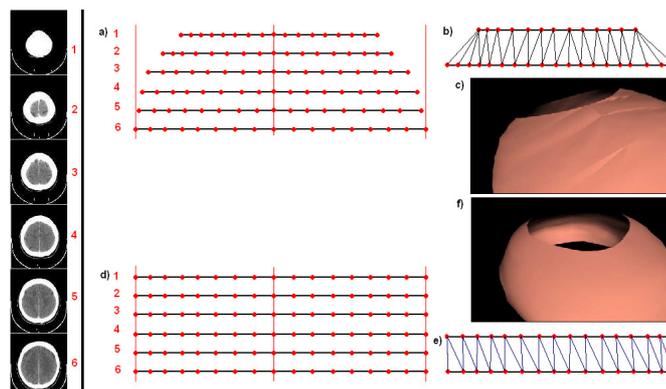


Figura 8 – Cálculo da distância paramétrica Euclidiana.

### 2.2.2 Normalização Vetorial

Um problema encontrado no gerador de polígonos baseado em concavidade é manter a relação com os cortes adjacentes, mesmo em pequenas variações de abertura e distância, ocorrem leves distorções. Para evitar tais distorções nos resultados da geração de polígonos por distância fixa, foram implementadas algumas medidas corretivas planares também denominadas de normalização vetorial que possibilitaram se obter a proporcionalidade entre cortes adjacentes. Os resultados da aplicação da normalização vetorial pode ser observada na figura 9.



\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)  
 \*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danielabdala@gmail.com](mailto:danielabdala@gmail.com)  
 \*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)  
 \*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

Figura 9 – Normalização Vetorial. A, B e C processo de reconstrução tridimensional sem normalização vetorial (figura 9-A). Em D,E e F processo de reconstrução vetorial com normalização vetorial (figura 9-D)

### 3. Resultados e Discussões

Após a execução do processo de Labeling é possível através da triangularização efetuar a reconstrução tridimensional dos segmentos contidos nos cortes selecionados.

No contexto neurológico, para a Reconstrução Tridimensional utilizou-se de segmentos de tomografia computadorizada e ressonância magnética, dispostos espacialmente em cortes distintos axiais. Na figura 10 apresentam-se os segmentos bidimensionais e o resultado espacial dos mesmos em um fator poligonal igual a 2, ou seja, de alta resolução de detalhes em um objeto de apenas 15 cortes axiais.

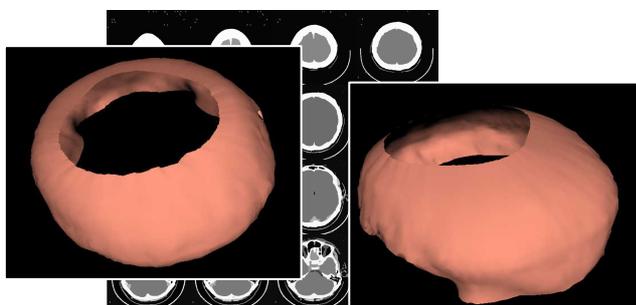


Figura 10 – Imagens bidimensionais de Tomografia Computadorizada (fundo) e Crânio 15 cortes espaciais com resolução de espaçamento poligonal de fator 2

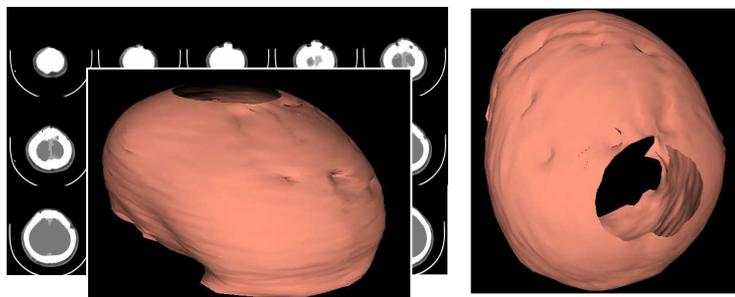
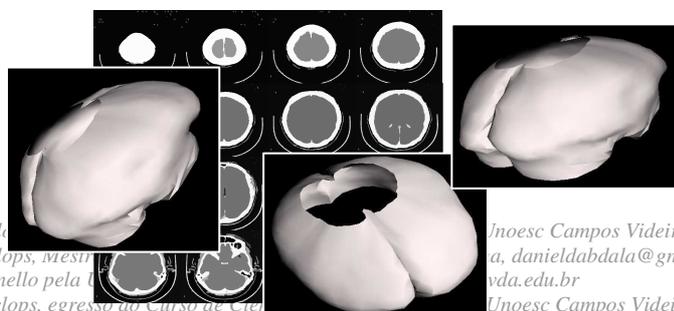


Figura 11 – Imagens bidimensionais de Tomografia Computadorizada (fundo) de Crânio 60 cortes espaciais com resolução de espaçamento poligonal de fator 7, com presença de lesão craniana.

Foi também realizado testes em 60 cortes de tomografia computadorizada, em um crânio de um paciente que sofreu lesão craniana, conforme demonstrado nas imagens bidimensionais, denotando de maneira clara na Reconstrução Tridimensional a gravidade da lesão, conforme figura 11.

Utilizando-se de segmentos do cérebro para realizar a Reconstrução Tridimensional, os resultados foram muito satisfatórios conforme representado, mesmo com fator 15, o valor cíclico presente nas concavidades mais acentuadas definindo satisfatoriamente os detalhes, conforme demonstrado na figura 12.



\* Pesquisador do projeto Cyclops, mestre em Física, Unesp, danielc@fca.unesp.br  
\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, mestre em Física, Unesp, danielc@fca.unesp.br  
\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Unesp, Unesp, eros@fca.unesp.br  
\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Física, Unesp, Unesp, leandro.coser@gmail.com

Figura 12 – Imagens bidimensionais de Tomografia Computadorizada (fundo) e Cérebro 15 cortes espaciais com resolução de espaçamento poligonal de fator 7.

Da mesma maneira, os testes foram realizados em imagens de ressonância magnética, onde verificou-se a relação íntima entre o grau de segmentação empregada com os slices adjacentes, conforme pode ser observado na figura 13.

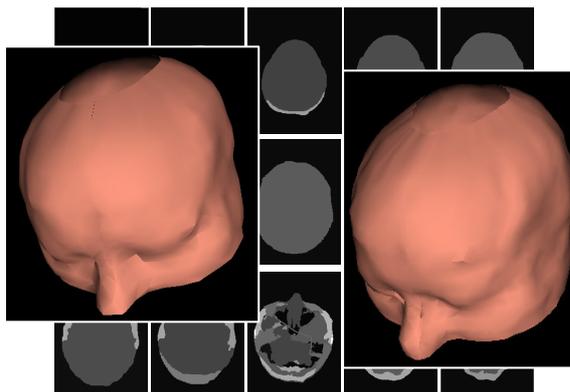


Figura 13 – Imagens bidimensionais de Ressonância Magnética (fundo) de face 16 cortes (reconstrução esquerda) e 20 cortes (reconstrução direita) espaciais com resolução de espaçamento poligonal de fator 4.

#### 4. Conclusões

Quanto ao conjunto de ferramentas que compõem o termo Labeling, pode-se afirmar que a metodologia é válida para a realização da tarefa a qual foi desenvolvida, possibilitando no processo pré-reconstrução, pois o mesmo demonstrou-se confiável principalmente devido ao fato de corrigir falhas de alta segmentação, onde o especialista infere de modo semi-automático nos segmentos, de modo que estes formem um todo. Do ponto de vista funcional, ótimo em questão de mobilidade.

A reconstrução tridimensional baseada em métodos paramétricos atingiu seu objetivo propiciando imagens renderizadas com alta resolução em tempo médio linear para corte. Observa-se que a qualidade da reconstrução está intimamente ligada com a qualidade do conjunto de labeling, ou seja, se os cortes adjacentes apresentarem leves distorções, a reconstrução tridimensional será satisfatória.

Enfim, a metodologia empregada para permitir a reconstrução tridimensional de imagens, mostrou-se adequada e funcional, justificando assim a sua aplicabilidade no contexto de imagens médicas.

#### 5. Abstract

It is known about the technological power and of the importance that the techniques of Digital Processing of Images today offer to the most different fields scientific, industrial and social. In the medical area, such techniques accomplish primordial tasks and of fundamental importance for the improvement of the medical images, once majority of these comes with high levels of noises and high fragmentation, hindering the decision process so much for the medical specialist, as for the own autonomy computational. In ownership of images with very defined homogeneous segments, the applicability field to you research becomes vast, such as propitiating to

\* Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, , [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)

\*\* Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)

\*\*\* Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)

\*\*\*\*Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)

this the three-dimensional reconstruction, so longed for by the equipments produced by the industry of the medical image, which is landlady of an immense joined value originating from of this technology.

However, today the cost of acquisition of such equipments endowed with this functionality is elevated, and not always the methods assist to the needs of the radiologic specialist. The applicability and need of such tools proposed at emerging countries like Brazil is essential, because it is still used thoroughly equipments of Computerized Tomography and old Magnetic Resonance that don't come from these functionalities.

Besides, the techniques here proposed also aim at to propose for the industry of the image new medical mechanisms for improvement of private product, once it exists the need of the computational techniques of Digital Processing and Three-dimensional Reconstruction of Images with flexibility, robustness and safety.

**6. Keywords:** three-dimensional reconstruction, digital image processing, medical image.

## 7. Bibliografia

CARNICER & FLOATER, Carnicer, J. M. **Piecewise linear interpolants to Lagrange and Hermite convex scattered data, Numerical Algorithms.** (1996), 345-364.

CORNELIUS, T. Leondes. **Image Processing and Pattern Recognition. USA** : Academic Press, 1998.

COMUNELLO, Eros. **CMIIS - The Cyclops Medical Image Interpretation System.** Dissertation .de - Verlag im Internet GmbH, ISBN: 3-89825-791-6, Berlin, 2004.

DIIJKSTRA, E.W. **A Note on two Problems in Connexion with Graphs.** Numerische Mathematik, 1959.

FLOATER & REIMERS, M.S. & Reimers M. **Mean value coordinates in tridimensional, to appear in CAGD.** 2005

FORSYTH & PONCE, David A .& Jean. **Computer Vision, a Modern Approach.** Pearson Education, Upper Saddle River, 2002.

GONZALES & WOODS, Rafael C. & Richard E. **Digital Image Processing,** 2nd Edition, New Jersey, 2002.

KEPPEL E. **Aproximating Complex Surfaces by Triangulation of Contour Lines.** IBM Journal of Research and Development, Vol. 19, No. 1, pp. 45-75, January, 1975.

MCCORMICK & KOH, B.H & W. **Brain microstructure database system: an exoskeleton to tridimensional reconstruction and modeling.** Neurocomputing, 2002.

TRUCCO & VERRI, Emanuele & Alessandro, **Introductory Techniques for tridimensional Computer Vision,** New Jersey, 1998.

\* *Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, , [asobieranski@gmail.com](mailto:asobieranski@gmail.com)*

\*\* *Pesquisador do projeto Cyclops, Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, [danieldabdala@gmail.com](mailto:danieldabdala@gmail.com)*

\*\*\* *Prof.Dr. rer.nat Eros Comunello pela Universidade de Kaiserslautern, [eros@unoescvda.edu.br](mailto:eros@unoescvda.edu.br)*

\*\*\*\**Pesquisador do projeto Cyclops, egresso do Curso de Ciência da Computação pela Unoesc Campos Videira, [leandro.coser@gmail.com](mailto:leandro.coser@gmail.com)*