

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA DE PONTOS CEFALOMÉTRICOS EM IMAGENS ODONTOLÓGICAS CRANIOFACIAIS DIGITALIZADAS.

Lucas Lima Batista¹; Claudio Eduardo Goes²;

¹Bolsista FAPESB, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, email: lucaslbatisa@gmail.com

²Orientador, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, email: cegoes@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Pontos cefalométricos, processamento digital de imagens, detecção semi-automática.

INTRODUÇÃO

A cefalometria radiográfica corresponde às mensurações da imagem radiográfica da cabeça (ossos, dentes e tecido mole). As aplicações da cefalometria na Ortodontia são diversas, entre elas: estudo do crescimento e desenvolvimento craniofacial do paciente; diagnóstico radiográfico de possíveis patologias instaladas; detecção de alterações nas várias regiões do crânio, permitindo a avaliação do local exato da anormalidade morfológica, estrutura dentária, esquelética e/ou tegumentar (VEDOVELLO, 2007).

A análise e o diagnóstico, a partir da cefalometria, são realizados através dos traçados cefalométricos ou análises cefalométricas que são compostos por um conjunto de pontos cefalométricos que, por sua vez, unidos a outros, específicos das estruturas ósseas, dentárias e tegumentar por meio do desenho de linhas permitem a realização das mensurações (ângulos e distâncias) ditadas pelas diferentes análises cefalométricas (VEDOVELLO, 2007).

A determinação dos pontos cefalométricos tem se mostrado não reproduzível quando estes são comparados por diversos observadores. Essa não reproduzibilidade, segundo Houston (1982), é consequência da falta de precisão na determinação dos pontos cefalométricos, bem como dos erros de medida por instrumentos manuais (régua, compasso, lápis).

Devido a esses erros e considerando tempo gasto para na marcação manual dos pontos cefalométricos, vários trabalhos vem sendo desenvolvidos com o objetivo de reduzir esses erros e consequentemente o tempo gasto na marcação manual. Esse artigo apresenta uma abordagem que utiliza técnicas de processamento digital para a marcação semi-automática dos pontos cefalométricos da análise de Steiner.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse trabalho é baseada em levantamentos bibliográficos de trabalhos relacionados e em entrevistas com profissionais da área de odontologia. Esse projeto segue as seguintes etapas: (a) Estudo de técnicas de detecção para pontos cefalométricos; (b) Implementação do algoritmo para detecção semi-automática dos pontos cefalométricos.

Estudo de técnicas de detecção para pontos cefalométricos

A partir do levantamento de artigos técnicos e da bibliografia especializada foram estudadas as técnicas mais recentes utilizadas para redução do ruído nas radiografias, realce das estruturas craniofaciais e segmentação das regiões onde serão identificados os pontos cefalométricos segundo a análise de Steiner. Durante esta fase do projeto fez-se necessário um estudo para identificar quais pontos da análise de Steiner poderiam ser detectados automaticamente.

Implementação dos algoritmos para detecção semi-automática dos pontos cefalométricos

Existem vários métodos usados por pesquisadores para a detecção de pontos cefalométricos. Dentre estes podemos destacar aqueles que usam técnicas de processamento digital de imagens para extrair os contornos importantes nas regiões de interesse, para a localização dos pontos cefalométricos (MOHSENI; KASAEI, 2007).

Antes de iniciar a marcação automática o usuário seleciona o ponto que deseja marcar e desenha um quadrado ao redor da localização do ponto. Essa região é a região de interesse ou ROI (*Region of Interest*). Nessa região serão aplicadas as técnicas de processamento de imagens e o algoritmo do cálculo do ponto selecionado. Cada ponto possui um algoritmo diferente, pois as regras matemáticas mudam para cada ponto.

As técnicas de realce de imagens têm como objetivo processar uma imagem, de modo que o resultado seja mais apropriado para uma determinada aplicação (GONZALEZ; WOODS, 2000). O realce de imagens se divide em duas categorias: métodos de realce no domínio espacial e métodos no domínio da frequência. Segundo Gonzalez, o domínio espacial refere-se ao próprio plano da imagem, ou seja, os métodos são baseados na manipulação direta dos pixels.

Inúmeras operações em processamento de imagens são feitas através do conceito de convolução com máscaras. Segundo Filho e Neto (1999) as operações com máscaras são amplamente utilizadas no processamento de imagens. Dependendo da máscara escolhida se obtém uma variedade de operações úteis, como redução de ruído e detecção de características da imagem. Filtros de suavização são muito utilizados para borrarmentos e redução de ruído. O borrarmento é utilizado no pré-processamento da imagem, por exemplo, na redução de pequenos detalhes de uma imagem antes da extração de objetos (GONZALEZ; WOODS, 2000).

O histograma é um gráfico estatístico que representa a distribuição das intensidades dos pixels de uma imagem. O histograma normalizado de uma imagem pode ser definido como uma função $p(r_k)$ que fornece uma estimativa da probabilidade de ocorrência do nível de cinza r_k na imagem (GONZALEZ; WOODS, 2000). A equalização de uma imagem é feita calculando o histograma normalizado e conseqüentemente o histograma acumulado, e por fim, construir uma nova imagem com este histograma. Segundo Filho e Neto (1999) a equalização de histograma é uma técnica na qual se procura redistribuir os valores de tons de cinza dos pixels em uma imagem, de modo a obter um histograma mais uniforme, no qual o número de pixels dos níveis de cinza é praticamente o mesmo.

Borda é o limite entre duas regiões com propriedades relativamente distintas de nível de cinza (GONZALEZ; WOODS, 2000). O algoritmo utilizado nesse trabalho para a detecção de bordas é o algoritmo de Canny (CANNY, 1986). Esse algoritmo é um operador gaussiano de primeira derivada que suaviza os ruídos e localiza as bordas. Para desenvolver este algoritmo, primeiramente concentraram seus estudos em bordas ideais, cuja representação pode ser feita por funções em uma dimensão (1-D).

O processo de limiarização consiste em separar regiões de uma imagem. Como limiarização produz uma imagem binária de saída, esse processo é comumente conhecido como binarização. A forma mais simples de binarização consiste na bipartição do histograma, convertendo os pixels com um tom de cinza maior ou igual a um valor de limiar (T) em branco e os demais em preto. Existem vários trabalhos científicos que abordam diferentes alternativas para o cálculo do melhor valor de limiar (FILHO; NETO, 1999). O método utilizado nesse artigo é o método de Otsu (OTSU, 1979).

Por fim, a técnica de Rotulação de Componentes Conexos (DILLEN COURT; SAMET, 1992) que é uma aplicação da teoria dos grafos, onde subconjuntos de uma imagem binária são classificados de acordo com uma determinada heurística. Esses elementos são

utilizados para calcular os pontos cefalométricos baseado nos maiores elementos conexos da imagem.

RESULTADOS

A Figura 1 mostra o resultado do cálculo dos pontos Sela, Násio e D respectivamente. Para o cálculo desses pontos, inicialmente foi necessário destacar as estruturas de interesse na imagem. Para isso, as imagens tiveram seu histograma equalizado como um passo de pré-processamento. Em seguida foi aplicado o algoritmo de detecção de bordas de Canny para extrair as bordas da imagem. A técnica de rotulação de componentes conexos foi aplicada as bordas da imagem resultante. Através da rotulação é possível saber qual o maior componente conexo nas imagens (borda marcada em vermelho) e assim aplicar o algoritmo para a marcação automática do ponto cefalométrico.

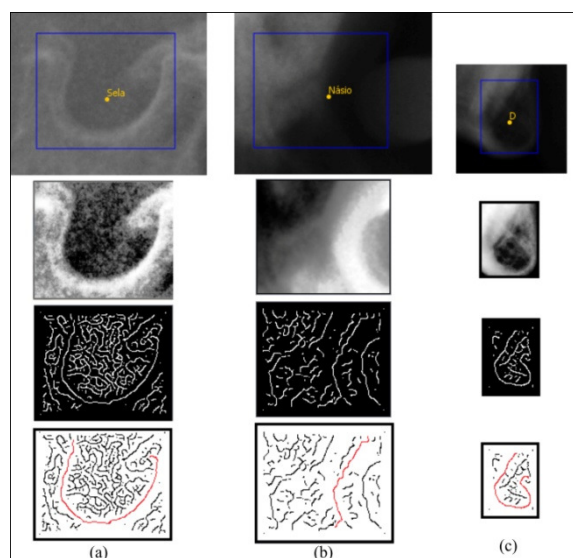


Figura 1: (a) resultado da marcação do ponto Sela; (b) resultado da marcação do ponto Násio; (c) resultado da marcação do ponto D;

A marcação do ponto Sela é feita através do cálculo do centro de massa do maior componente conexo (Figura 1 (a)). Já o ponto Násio é encontrado calculando o pixel de valor 1 mais a esquerda do maior componente conexo (Figura 1 (b)). O ponto D é calculado da mesma forma que o ponto Sela, ou seja, através do centro de massa do componente conexo (Figura 1 (c)).

Os próximos pontos também precisam ter suas estruturas destacadas, portanto é necessário equalizar a porção selecionada da imagem. Um filtro de média 3x3 é aplicado à imagem para diminuir o ruído resultante da equalização da imagem. Logo após, a imagem é binarizada através da utilização do limiar de Otsu. Após a binarização é separado a estrutura do fundo da imagem. Nos resultados a seguir o pixel com valor 1 representa a cor preto e o pixel com o valor 0 representa a cor branca.

A localização do ponto B é dada através da busca do pixel de valor 0 mais a esquerda da imagem binarizada. A busca é feita da esquerda para direita (Figura 2 (a)). O ponto Pog é calculado através da busca do pixel de valor 1 mais a esquerda da imagem binarizada. A busca é feita da direita para a esquerda (Figura 2 (b)). O ponto Gn é encontrado calculando o ponto de inflexão formado pela segmentação da estrutura de interesse (Figura 2 (d)). O cálculo do ponto Me é feito através da busca do pixel de valor 1 mais inferior na imagem binarizada (Figura 2 (e)). O ponto Go é calculado calculando buscando o primeiro pixel de valor 1 que coincide com a diagonal formada no canto inferior esquerdo da imagem (Figura 2 (c)).

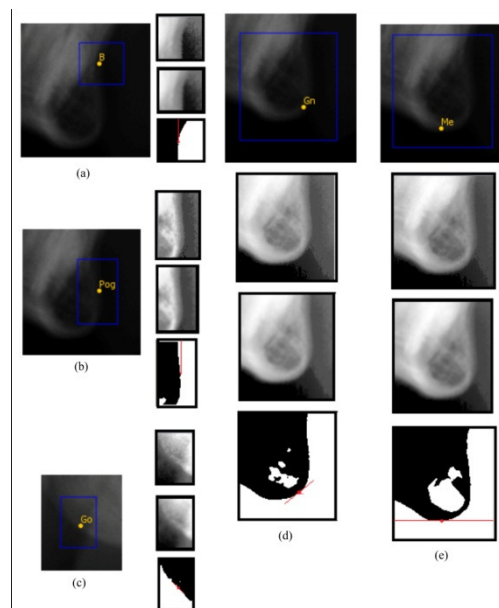


Figura 2: (a) resultado da marcação do ponto B; (b) resultado da marcação do ponto Pog; (c) resultado da marcação do ponto Go; (d) resultado da marcação do ponto Gn; (e) resultado da marcação do ponto Me;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A detecção de todos os pontos depende da qualidade da imagem e da região escolhida pelo especialista o que torna um grande desafio generalizar os algoritmos de detecção. Por outro lado, a utilização desses algoritmos auxilia o especialista na marcação dos pontos cefalométricos, pois apresentam uma aproximação da posição real do ponto. Essa aproximação facilitará a marcação dos pontos cefalométricos uma vez que apenas um ajuste será necessário para posicionar o ponto no local exato. Esse processo pode reduzir o tempo de marcação dos pontos cefalométricos e contribui para uma marcação mais precisa dos pontos.

As análises feitas manualmente além de estarem sujeitas a erros de precisão, o processo é tedioso e lento. A qualidade da análise e do diagnóstico depende da precisão na marcação dos pontos cefalométricos. Desta forma, esse trabalho apresentou a detecção semi-automática de oito pontos da análise de Steiner, como objetivo de tornar a execução da análise de Steiner mais rápida e precisa.

REFERÊNCIAS

- OTSU, N., "A Threshold Selection Method from Grey-Level Histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 9, 1, Janeiro 1979, 62-66.
- HOUSTON, W.J.B. *A comparison of the reability of measurement of cephalometric radiographs by tracings and direct digitization.* *SwedDent J.*, v.15, p.99-103, 1982
- CANNY, J.; A computational approach to edge detection, *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 8(6), pp 679 – 698 (1986).
- DILLEN COURT, M. B.; SAMET H.; A general approach to connected-component labeling for arbitrary image representations, *Journal of the ACM*, 1992
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento digital de imagens*. 1. ed. São Paulo:Blucher, 2000.
- MOHSENI, H.; KASAEI, S.; Automatic Localization of Cephalometric Landmarks.*IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technolog*, p. 396 – 401, Dezembro 2007.
- VEDOVELLO, M. F. *Cefalometria: Técnicas de Diagnóstico e Procedimentos*. 1. ed. SãoPaulo: Napoleão, 2007.