

2 Trabalhos Relacionados

Existem diversas pesquisas no campo da computação gráfica voltada a área médica. Muito se tem estudado sobre a representação virtual, em ambientes tridimensionais, de várias partes do corpo humano. Todas com o intuito tanto de simular o ambiente real em treinamentos, quanto de detectar patologias [20, 21].

Pesquisas destinadas a esse campo de atuação são mais freqüentes quando o método de coleta de informações clínicas do paciente é feito baseado em exames de Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM). Isso ocorre devido à vasta e qualificada quantidade de informações extraídas a partir dos exames gerados por tais dispositivos. O que permite que se tenha um elevado nível de precisão na concepção do ambiente virtual. Em [18, 22] vemos alguns trabalhos nessa linha.

Entretanto, pesquisas baseadas em exames de raios-x, não são tão freqüentes assim. Tal fato deve-se principalmente à dificuldade de se processar imagens desta natureza. Isso pela razão de ainda apresentarem muito ruído provenientes de outras partes do corpo humano, que não são o foco da aplicação. Apesar disso, devido ao seu custo, o volume de trabalhos nesta linha dos exames de raios-x tende a crescer no decorrer dos próximos anos.

Geralmente, o procedimento de modelagem tridimensional da coluna vertebral é dividido em duas etapas: processamento das imagens de raios-x e recuperação do ambiente 3D. Isso porque, para efetuar a reconstrução da coluna vertebral do paciente é necessário inicialmente extrair das radiografias pontos chaves de cada uma dessas vértebras.

Esta etapa é extremamente importante para que se tenha um resultado preciso ao final do processo. Encontrar tais pontos automaticamente é considerado um dos principais desafios em pesquisas deste tipo. Principalmente por causa do ruído, ainda não há um método que faça esse processo de

segmentação e extração de pontos chave de forma automática [1]. O que força que os pontos sejam marcados manualmente por profissionais especializados da área médica, aumentando consideravelmente o tempo em que todo o procedimento de modelagem seja concluído. O que do ponto de vista da agilidade exigida no fluxo de trabalho diário necessário para realizar um exame, talvez possa ser uma questão importante a ser levada em consideração.

Contudo, alguns trabalhos propõem aproximações para que tanto a etapa seja feita com mais agilidade, quanto para fornecer mais recursos ao profissional que definirá as marcações. Em [6] é proposto um método semi-automático para buscar características nas imagens de raios-x que identifica a deformidade que o paciente possui na parte lombar da coluna. Mesmo utilizando técnicas de aprendizagem computacional para classificar as deformidades possíveis, ainda é necessário que o radiologista faça marcações iniciais na radiografia para criar os classificadores. Porém no momento de avaliar um novo caso, os autores propõem uma segmentação da imagem a fim de encontrar tais pontos. A técnica utilizada por eles foi *Active Appearance Modeling* [7,17].

Tal técnica aproxima a marcação dos pontos de referência para facilitar o trabalho do usuário. Desta forma, o usuário precisaria apenas corrigir algum ponto quando houver necessidade. Os autores ressaltam que o fato do framework proposto ser genérico, outras técnicas podem também serem aplicadas. São elas: *Active Contour Segmentation* [8], *Active Shape Modeling* [9] e *Shape Particle Filtering* [10].

Já em [11], também almejando uma reconstrução 3D, é usada uma técnica de detecção de arestas para o processo de segmentação. O método proposto pelos autores é uma modificação do clássico algoritmo de extração de arestas *Canny-Deriche* [12,13]. Em sua versão original, o algoritmo possui uma etapa inicial onde se realiza uma suavização gaussiana na imagem antes de partir diretamente para a detecção das arestas. No *Local Canny-Deriche*, como foi chamado pelos autores, tal processamento inicial foi substituído por um filtro anisotrópico, a fim de preservar a estrutura das arestas e reduzir o ruído da radiografia. O algoritmo é aplicado localmente na região de interesse, um *bounding box* englobando apenas a estrutura da coluna vertebral.

Em contrapartida a essa linha de raciocínio, em [4], além das marcações serem feitas manualmente, informações de vértebras reais coletadas pelos autores durante anos ajudam ao processo. A partir de medidas realizadas nas peças reais, o banco de dados é formado contendo uma série de modelos de vértebras. Cada uma delas contém até 214 coordenadas 3D (no espaço do objeto) referentes a específicos pontos anatômicos.

O artigo propõe um método original baseado em 2 radiografias (ântero-posterior e perfil). Através de manipulações geométricas, das informações do banco de dados e de modelos estatísticos, os autores conseguiram recuperar o posicionamento das vértebras no espaço. A partir daí, esse resultado parcial é projetado nas radiografias originais para que o usuário faça um ajuste fino e corrija qualquer imperfeição que possa ter ocorrido na geometria de cada vértebra. Desse jeito, segundo os autores, o método é capaz de apresentar uma boa precisão, além de mostrar um resultado gráfico mais fiel à estrutura da coluna vertebral.

Com características semelhantes a esse artigo, em [1] a proposta é utilizar apenas uma única imagem de raios-x combinada com o mesmo banco de dados citado anteriormente. A identificação dos pontos de referência é feita manualmente e o processo de calibração é o mesmo do que já é aplicado em câmeras normais. A diferença principal entre eles está na adição de um tratamento para correção radial do posicionamento das vértebras no espaço.

Segundo os autores, o processo de mapeamento da vértebra no espaço pode ocasionar erros grandes. Isso ocorre devido ao pequeno campo de visão da projeção perspectiva. Sendo assim, o algoritmo de alinhamento proposto foi desenvolvido para buscar um conjunto de translações das vértebras, na direção radial, que minimiza o erro de alinhamento presente na junção de duas vértebras.

Em [14] é abordado o problema da calibração das radiografias. Apesar de o artigo possuir uma finalidade diferente do que essa dissertação propõe, ele apresenta características muito semelhantes em relação ao ambiente montado para captura das imagens de raios-x. A estrutura escolhida, que foi montada para a aquisição das imagens de raios-X, possui o mesmo princípio da que foi construída neste trabalho.

A metodologia de calibração proposta pelos autores é baseada no método de minimização não-linear de Rougée [15]. No entanto, apenas os parâmetros extrínsecos são estimados por meio deste método, a fim de atingir a alta precisão requerida pelo problema. Pelo mesmo motivo, e por causa da velocidade computacional, foi aplicado o método de Wang e Tsai [16], levemente modificado, para produzir uma boa estimativa inicial desses parâmetros, necessários para o processo de minimização. Dessa forma eles obtiveram alta precisão e velocidade de processamento, satisfazendo a produtividade requerida pelo projeto.

Atualmente, se é muito utilizado um software de avaliação postural desenvolvido no Projeto SAPO [33]. O objetivo desse projeto foi desenvolver uma ferramenta gratuita com fundamentação científica, banco de dados e acesso a pela internet. O software consiste de fotos tiradas do paciente, onde através desse material se é possível mensurar posição, comprimento, ângulo e alinhamento dos segmentos corporais de um indivíduo. Todas as medidas são baseadas numa escala pixel/cm inserida pelo usuário nas fotos, o que faz toda a análise ser somente baseada em informações 2D.

Neste trabalho optamos por utilizar um método de calibração similar ao que foi utilizado em [4]. Já para o cálculo das rotações das vértebras, propomos uma manipulação geométrica baseada nos pontos marcados estrategicamente nas radiografias. Além disso, para atingir o objetivo final de modelagem da coluna vertebral, o sistema necessitou apenas de 5 pontos chaves identificados em cada vértebra, sem o auxílio de qualquer banco de informações coletadas previamente.