

Plano de Pesquisa

“Recuperação interativa regional baseada em conteúdo de modelos tridimensionais médicos para sistemas de auxílio ao diagnóstico”

Candidata: Leila Cristina Carneiro Bergamasco

Período: Janeiro/2014

1. Introdução

A tecnologia vem adentrando nos últimos 20 anos em todos os setores da sociedade, mudando a forma como as pessoas trabalham e se relacionam. A Medicina, em particular, é uma das áreas que mais se beneficiam com o advento tecnológico e, muitas vezes, faz uso pioneiro dos avanços existentes.

Na década de 60 os primeiros sistemas computacionais foram introduzidos no ambiente hospitalar com finalidade administrativa, herdados dos sistemas gerenciais industriais. Somente na década de 80 as aplicações de auxílio ao diagnóstico começaram a ser utilizadas no Brasil, porém limitadas à análise estatística dos dados, com pouca inteligência envolvida. Surgiram, então, os primeiros Sistemas CAD – *Computer-Aided Diagnosis* (Diagnósticos Assistidos por Computador) que, como o próprio nome sugere, fornece uma possível decisão a partir do histórico do paciente e de determinada patologia (PRADO; VALLE; RAMOS, 1999).

Em Doi (2007) são apresentados dados relacionados a publicações envolvendo sistemas de CAD durante o período de 2000 a 2005, e que mostram um aumento de 64% em trabalhos referentes a CAD nas áreas de Radiologia, Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada. Nos anos 70 havia o mito de que os CADs substituiriam a pessoa física do médico, o que gerou um mal-estar entre diversos setores. Com o passar dos anos ficou provado que a utilidade desses sistemas está em prover uma “segunda opinião” ao médico especialista que pode, então, fornecer um diagnóstico mais preciso. Os sistemas de CAD são esquemas computacionais que auxiliam na tomada de decisão a respeito de um diagnóstico (NUNES, 2006). Esses sistemas chamam a atenção para regiões suspeitas de uma imagem médica, tentando fornecer detalhes da anomalia ao profissional de saúde. Nos últimos anos, esforços têm sido envidados para o desenvolvimento de sistemas de CAD considerando modalidades de imagens médicas que fornecem subsídios para a construção de modelos tridimensionais.

Paralelamente a esse avanço tecnológico, também a área de processamento gráfico, incluindo processamento de imagens, computação gráfica, realidade virtual e áreas afins, evoluiu no decorrer dos anos, à medida que o *hardware* se tornou mais poderoso e barato. Há alguns anos as placas de vídeo já processam as imagens de forma rápida e com qualidade superior favorecendo a disseminação de aplicações com características gráficas (MANSSOUR; COHEN, 2006). Desde a década de 70, esse campo de pesquisa e desenvolvimento auxilia em aplicações

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

como sistemas CAD, citados anteriormente, e visualização de imagens médicas - considerando imagens de Raio-X, Ressonância Magnética, entre outras (SHORTLIFFE; WIEDERHOLD, 2006). Mais recentemente, tarefas como visualização de informação, treinamento virtual, planejamento de procedimentos, entre outras, vêm sendo exploradas e beneficiadas com o desenvolvimento de técnicas computacionais dentro do contexto de processamento gráfico.

Um dos focos de estudo nesse contexto são os modelos tridimensionais (3D), que vêm ganhando espaço na última década no setor de saúde. O modelo 3D pode fornecer ao usuário uma visão mais completa do objeto sob estudo devido às possibilidades de disponibilizar, além das cores e da forma, uma dimensão adicional relacionada à profundidade. Além disso, as possibilidades de interação e animação permitem que o objeto seja examinado a partir de diferentes pontos-de-vista. Na área de saúde, esses modelos podem ser construídos de forma sintética (a partir de implementação artística utilizando aplicativos para modelagem 3D) ou por meio de técnicas de reconstrução de imagens, utilizando imagens médicas reais (NUNES *et al.*; 2010). Independentemente da forma de obtenção, tais modelos são amplamente usados para auxílio ao diagnóstico e também em treinamentos virtuais e simulações cirúrgicas, podendo proporcionar precisão, economia e praticidade, uma vez que se pode diminuir, por exemplo, o uso de cadáveres.

Em contrapartida, por serem objetos mais complexos em razão da dimensão adicional e ao mapeamento das relações de vizinhança, os modelos 3D possuem um volume maior de dados e, conseqüentemente, necessitam de um espaço maior para armazenamento. Dessa forma, se fazem necessários mecanismos eficientes de busca nesse contexto específico, como uma forma de auxiliar profissionais da saúde na composição de diagnósticos. Permitir a busca de imagens e/ou modelos similares àqueles pertencentes ao exame do paciente pode constituir uma forma de oferecer ao especialista um auxílio sobre a existência de possíveis anomalias. Nesse contexto, os conceitos de Recuperação de Imagens por Conteúdo, mais conhecida como CBIR (*Content-Based Image Retrieval*), são bastante úteis.

O princípio básico dos sistemas que utilizam CBIR é pesquisar no banco de dados uma determinada quantidade de imagens similares a uma imagem de consulta, de acordo com um ou mais critérios fornecidos. Os critérios de similaridade são obtidos a partir da extração de características da imagem, geralmente relacionadas a cores, texturas e formas.

Este tipo de recuperação de informação pode ser utilizado nas mais diversas variedades de aplicações, tendo sido bastante explorado na área médica, principalmente na construção de sistemas de busca em PACS (*Picture Archive and Communication System*) (TORRES; FALCÃO, 2006).

Na literatura, CBIR é um problema bastante explorado no domínio de imagens médicas bidimensionais. Quando o domínio contempla a dimensão tridimensional, a técnica apresenta várias denominações, como 3DMR - *3D Model Retrieval* (VRANIC, 2003), *Content Based 3D Model Retrieval* (JIA *et al.*, 2008) e *Shape-Based 3D Model Retrieval* (SONG; GOLSHANI, 2003). Todas as técnicas nesse contexto têm o mesmo propósito: a partir de um modelo é feita

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

uma pesquisa na base de dados, considerando características relacionadas a forma, cor e textura, com a finalidade de descobrir as imagens mais similares ao modelo fornecido. É nesse contexto que se enquadra a presente proposta.

Como mencionado, a exploração do domínio tridimensional no contexto de CBIR é relativamente nova na literatura. Sua aplicação na área médica é igualmente inovadora e tal escopo justifica-se em função da crescente utilização de modelos 3D obtidos a partir de imagens médicas e a consequente formação de bases de imagens com grandes volumes de armazenamento. Assim, mecanismos de busca com base em conteúdo podem constituir ferramentas para auxiliar na composição do diagnóstico, uma vez que possibilitam a recuperação rápida e objetiva em tais bases de imagens.

2. Trabalhos relacionados

A presente revisão bibliográfica tem por objetivo apresentar, de forma geral, conceitos e o estado da arte dos principais assuntos usados como base para o desenvolvimento do presente plano.

2.1. Diagnóstico Assistido por Computador

Os sistemas CAD – *Computer Aided Diagnosis*, têm por objetivo proporcionar ao especialista uma “segunda opinião” sobre determinada patologia. Esse parecer pode ser por meio de imagens, vídeos e relatórios, abrangendo praticamente todas as modalidades de imagens médicas, como Raios-X, Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, cirurgias monitoradas por micro câmeras, etc (DOI, 2005).

Um sistema CAD deve ser composto pelos seguintes itens, segundo Shortliffe e Wiederhold (2006):

- *Aquisição de dados:* dependendo do sistema médico, é necessário que o software faça a aquisição de dados do paciente para iniciar a sua análise. Essa aquisição pode ser feita de forma manual pelo especialista, que detalha o quadro clínico, ou automaticamente enquanto o exame é feito.
- *Armazenamento e acesso:* as informações devem ser mantidas para ajudar na avaliação do histórico de determinado paciente ou patologia. Essas informações devem estar dentro de um padrão pré-estabelecido para facilitar posteriormente sua análise e recuperação. O acesso deve ser rápido e eficaz, mantendo a consistência dos dados.
- *Integração da Informação:* a fim de manter a integridade dos dados e evitar redundância, é importante que uma mesma informação possa ser visualizada ou alterada por diferentes setores médicos/hospitalares, respeitando sempre o nível de autorização que esses setores têm sobre os dados.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

- *Monitoramento:* um sistema CAD deve possibilitar o seu monitoramento para a identificação de anomalias no quadro clínico de pacientes como também em relação ao seu próprio desempenho, apontando problemas de backup e execução, por exemplo.
- *Recuperação da Informação:* a forma como a informação é recuperada pode variar de acordo com o objetivo do sistema; em geral, é mais utilizada recuperação em forma de imagens, gráficos e relatórios.
- *Análise:* informações médicas tendem a ser volumosas, dificultando a análise. Por esse motivo, é necessário estabelecer estratégias para a síntese dos dados sem perder a qualidade da informação contida neles. O uso de gráficos e relatórios com dados estatísticos são muito usados nessa fase.
- *Suporte a decisão:* finalmente após a aquisição, tratamento e análise dos dados, é possível implementar funções algorítmicas para fornecer ao especialista um parecer sobre determinada situação. Algumas metodologias empregadas são funções estatísticas e Inteligência Artificial.
- *Aprendizado:* um sistema CAD pode atuar também no ensino da Medicina através de simulações e treinamentos. Atualmente é possível que um especialista treine os procedimentos cirúrgicos através da realidade virtual, por exemplo.

Os sistemas CAD podem contemplar modelos tridimensionais e, sendo a recuperação uma de suas fases, e também o foco do presente projeto, será feito um detalhamento dos assuntos envolvidos na recuperação de imagens nas próximas subseções.

2.2. Modelos tridimensionais

Os objetos 3D oferecem um vasto número de possibilidades para a sua representação, visualização, manipulação e grau de realismo. Assim, podem fornecer mais informações de um objeto real quando comparados com as projeções bidimensionais deste objeto. Conforme Manssour e Cohen (2006), de forma introdutória essas possibilidades de pesquisa são assim definidas:

- *Representação:* determina a estrutura de dados a ser utilizada para representar computacionalmente o modelo. Existem quatro formas de representação mais usadas:

“(…)(1) malha de polígonos; (2) superfícies paramétricas; (3) Geometria Sólida Construtiva (CSG); (4) enumeração de ocupação espacial. As representações 1 e 4 consistem numa aproximação da forma do objeto que está sendo modelado. A 2 e a 3, por sua vez, são representações exatas. Por outro lado, a 1 e a 2 representam apenas a superfície do objeto, sendo o volume inteiro representado pela 3 e pela 4.” (MANSSOUR; COHEN, 2006)

- *Visualização:* o objetivo dessa subárea é mostrar o modelo visualmente em monitores usando informações de sua estrutura de dados. Existem diversas etapas nas quais o modelo precisa passar até ser disponibilizado ao usuário, como a escolha da cena e do

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

observador do objeto 3D, as projeções que serão extraídas e seu mapeamento para o dispositivo de saída.

- *Manipulação*: define de que forma o modelo pode ser alterado interativamente, seja por rotação, translação, escala ou deformação.
- *Realismo*: define detalhes que favoreçam o realismo da imagem, como a iluminação e textura.

O estudo das áreas de representação, manipulação e visualização, se faz necessário para a recuperação das imagens dos modelos 3D. Como será discutido na seção 2.3 e 2.4, o conhecimento prévio desses conceitos é obrigatório para as etapas de normalização, extração de características e avaliação do resultado da recuperação.

2.3. Recuperação de imagens por conteúdo

A recuperação de imagens por conteúdo (CBIR- *Content-Based Image Retrieval*) tem por objetivo, a partir de uma imagem modelo, apresentar ao usuário as imagens mais relevantes que constam na base de dados.

Em geral, sistemas CBIR consideram três componentes: extratores (ou descritores), funções de similaridade e estruturas de indexação. A busca pelas imagens mais relevantes ocorre por meio das funções de similaridade que são aplicadas nos vetores de características de cada imagem. Esse vetor é composto de dados matemáticos extraídos das imagens usando-se extratores. (TORRES; FALCÃO, 2008).

Os extratores são algoritmos que extraem características das imagens e as transformam em valores numéricos, os quais representam o conteúdo da imagem. Os extratores podem ser globais, recuperando características da imagem inteira, ou locais, agindo em regiões específicas da imagem. As características extraídas formam um vetor de características que define matematicamente a imagem (SOUZA; SANTOS; GULIATO, 2008).

Para imagens bidimensionais (2D), há descritores bem definidos e separados em categorias de forma, cor e textura. No entanto, para modelos tridimensionais essa distinção não é muito clara. Diversos autores propõem categorizações diferentes, como citadas em Gao, Zheng e Zhang (2009), Jia *et al.* (2008) e Yubin, Hui e Yao (2007). O consenso que se tem é que os extratores baseados na forma dos objetos são mais representativos para modelos 3D (VRANIC, 2003).

Para a extração de características de um modelo 3D há ainda a necessidade de um pré-processamento do modelo para normalizá-lo em relação as suas coordenadas (x,y,z) . Essa etapa normalmente é feita utilizando a técnica de PCA – *Principal Components Analysis* (JIA *et al.*, 2008).

As funções de similaridade buscam demonstrar matematicamente o quanto uma imagem é similar a outra. Esse processo envolve a escolha de uma ou mais funções de distância métrica e a sua aplicação nos vetores de características das imagens obtidos por meio dos extratores.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

Algumas das funções mais utilizadas em sistemas de recuperação de imagem são as distâncias de Minkowski, compostas por Manhattan e Euclidiana (BALAN, 2007).

Para medir a eficácia do sistema de CBIR são utilizados constantemente os gráficos de Precisão versus Revocação. A medida de Precisão indica o índice de imagens relevantes que foram recuperadas na busca; já a métrica de Revocação exibe a porcentagem de imagens relevantes que estão entre as recuperadas (TORRES; FALCÃO, 2008).

2.4. Recuperação de modelos tridimensionais

Em geral o método 3DMR possui as mesmas particularidades do método CBIR, com etapas bem distintas que englobam desde a normalização do modelo até a avaliação da eficácia dos extratores. O 3DMR é composto pelas seguintes fases, segundo Qin, Jia e Qin (2008):

- *Normalização:* antes de qualquer extração é necessário deixar o modelo invariante a escala, translação e rotação. Nessa etapa, é muito usado o método PCA, devido a sua simplicidade e eficiência, visto que essa técnica normaliza os modelos em relação aos seus eixos (x,y,z) (JIA et al, 2008). Vranic e Saupe (2002) propuseram outro método chamado Esferas Harmônicas, que deixa o modelo invariante.

- *Extração:* os extratores para a recuperação de modelos 3D são específicos para esse fim, e por constituírem um conceito relativamente novo, muitos autores propõe diversos descritores e categorizações para os mesmos. Segundo Yang, Liu e Zhang (2007), os extratores podem ser divididos em dois grupos: os baseados em forma e os baseados em aparência. Este último grupo é composto por extratores de cor e textura que não possuem muita relevância no domínio tridimensional. Já os extratores baseados em forma podem ainda se subdividir em extratores globais, estatísticos, topológicos e de mapeamento.

- *Medida de similaridade:* Essa etapa do 3DMR é a mesma do que a usada para a recuperação de imagens bidimensionais. De maneira diferente dos extratores - que variam muito, a medida de similaridade mais usada para os modelos tridimensionais também é a distância Euclidiana (YANG; LIU; ZHANG, 2007).

- *Avaliação:* Igualmente a função de similaridade, o processo de avaliação também é parecido com o do CBIR 2D, sendo o mais usado em ambos os casos, o gráfico de Precisão versus Revocação para comprovar a eficiência dos métodos (YANG; LIU; ZHANG, 2007).

- *Base de dados:* outro ponto abordado com frequência na literatura é a escolha da base de dados. A mais usada é a Princeton Benchmark que fornece, além dos modelos, a possibilidade de comparação de novos extratores com extratores considerados estáveis e robustos como o Light Field Descriptor (YANG; LENG, 2007), através de um sistema de busca também implementado. Para o presente projeto, no entanto, não é viável o uso dessa base, uma vez que ela possui modelos genéricos como animais, objetos e frutas, e o objetivo do projeto, no entanto, é mais específico, contemplando imagens médicas.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

Para Jia et al. (2008), os descritores podem ser categorizados como globais, estatísticos, baseados em projeções, topológicos, baseado em grafos e locais, que armazenam informações sobre a vizinhança dos pontos nos contornos dos modelos. Esses pesquisadores afirmam que extratores desse tipo são interessantes por possibilitarem buscas parciais de modelos, porém sua eficiência não é tão boa.

Os extratores globais focam sua análise na geometria do modelo e seu volume, como por exemplo, os extratores *Ray based* (VRANIC; SAUPE, 2000) e *Volumetric Based* (HECZKO et al., 2001). Os extratores estatísticos extraem dados matemáticos da imagem tridimensional como histogramas, proporções de massas, volume e malhas. O extrator *D2 Shape distribution* (OSADA et al., 2002) é um exemplo dessa categoria que cria uma função representativa das propriedades geométricas da imagem.

Os descritores topológicos analisam como os vértices de determinado modelo estão arranjados e como eles se relacionam entre si. Hilaga et al (2001) propuseram um extrator que armazena a topologia do objeto 3D em forma de um grafo *Reeb*. Por fim, os extratores de mapeamento realizam a análise de uma imagem tridimensional a partir de diferentes projeções da mesma, como o extrator *Light Field Descriptor* (CHEN et al., 2003), que transforma um modelo 3D em várias projeções 2D e, então, aplica as técnicas conhecidas de CBIR para imagens bidimensionais.

Para Qin, Jia e Qin (2008), a categorização dos extratores é mais realista quando estes são divididos em globais, geométricos, topológicos e de aparência, sendo que o significado deles é similar ao de Yang, Liu e Zhang (2007).

Algumas ferramentas de busca já foram implementadas com a técnica do 3DMR. Entre elas destacam-se o Princeton Benchmark (PRINCETON, 2005), a ferramenta Nefertiti, que foi a primeira a ser elaborada por Paquet e Rioux (2000). As duas ferramentas citadas trabalham com modelos 3D genéricos pré-cadastrados.

2.5. Recuperação de imagens 3D médicas

Alguns estudos encontrados na literatura se destacam devido ao caráter inovador de suas pesquisas ao aplicar técnicas específicas para modelos médicos tridimensionais.

A partir das fatias obtidas de um volume 3D do miocárdio, Glatard et al. (2004) pretenderam identificar em qual fase do ciclo cardíaco (sístole ou diástole) uma imagem de consulta estava enquadrada e encontrar fatias similares à imagem de consulta. Para isso, foram usados filtros de Gabor em dois momentos: para indexar a imagem e para segmentá-la.

Aman, Yao and Summers (2010) usaram o extrator SIFT e *Bag of Words* para recuperar Tomografias Computadorizadas de Colonografia. Os autores aplicaram a métrica de *Normalized Discount Gain* para avaliar seus resultados. Em seguida esses elementos de interesse foram rotulados com palavras-chaves e são formados *clusters* usando a técnica de *k-means*. É

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

construído um histograma a partir da contagem de ocorrência para cada palavra-chave. Essa técnica é chamada na literatura por *Bag of Words*.

Em Wu *et al.* (2004) foram combinados diferentes descritores de volume (VOI – *Volume of Interest*) para analisar modelos do cérebro provenientes do exame de Tomografia por emissão de Prótons (PET - Positron Emission Tomography). Foi usada a distância Euclidiana para comparar a similaridade entre os modelos. Nesse trabalho os seguintes extratores foram implementados:

- *3D VOI Location*: que localiza o centróide do modelo;
- *VOI Volume*: o volume total do modelo é extraído pela contagem de *voxels* não nulos;
- *VOI Distribuição da Superfície*: nesse descritor é feita a contagem de *voxels* presentes em determinada área de superfície;
- *Dados dos pacientes*: foram armazenados alguns atributos do paciente como ID, nome, sexo, idade, peso e altura.

Por fim, o trabalho de Kumar *et al.* (2012) recupera exames de PET – CT, baseado na localização de tumores cancerígenos. Ele armazena diferentes informações dos tumores como tamanho, distância e volume em grafos, nos quais possibilitam também armazenar a localização espacial das lesões.

Um ponto notado durante a pesquisa bibliográfica foi em relação a *frameworks* com base de imagens médicas e testes de *benchmark*. Foram encontradas apenas ferramentas como a IRMA – *Image Retrieval for Medical Application* (LEHMANN *et al.*, 2004), porém tal ferramenta trabalha apenas com *slices* dos exames médicos.

3. Justificativa e Objetivos

A partir da análise exploratória inicial da literatura, nota-se que o desenvolvimento de técnicas para a recuperação de imagens por conteúdo no domínio médico é bastante explorada no contexto 2D. Mesmo em trabalhos que analisam a informação volumétrica como o de Kumar *et al.* (2012) e Glatard *et al.* (2004) essa informação é obtida a partir de um conjunto de imagens 2D dos *slices* do exame. Quando o modelo 3D reconstruído constitui a entrada de dados, normalmente são apenas analisadas informações básicas de volume, como proposto por Wu *et al.* (2004). Dessa forma, nota-se que esse campo de estudo possui diversas características inexploradas.

Foi constatado também que a análise com extratores específicos para modelos 3D está mais desenvolvida para modelos 3D genéricos, sendo os extratores globais mais utilizados. Nesse cenário os extratores globais são adequados, uma vez que são projetados para identificar semelhanças e diferenças de maneira invariável à rotação, translação e escala dos objetos. Porém,

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

para modelos médicos nos quais há um alto grau de especificidade, uma abordagem global muitas vezes não tem um resultado satisfatório. No projeto de Mestrado desenvolvido pela candidata, foram recuperados modelos médicos cardíacos e observou-se que os extratores globais obtiveram as piores taxas de precisão (BERGAMASCO; NUNES, 2013) (BERGAMASCO, 2013).

Ainda sobre as especificidades encontradas nos modelos médicos, é notado que determinadas doenças possuem deformações em regiões específicas dos órgãos, como a Insuficiência Cardíaca Congestiva, que ocorre em sua maioria na região inferior do ventrículo (KUMAR *et al.*, 2010) ou o Acidente Vascular Cerebral – AVC isquêmico que provoca uma alteração localizada devido ao impedimento da drenagem do sangue para o cérebro (MELO-SOUZA, 2009). Dessa forma, para o especialista a região de interesse do órgão é limitada a determinada localização. No entanto, nos trabalhos encontrados os extratores consideram objetos inteiros (órgãos, tumores, artérias, etc..) e não fornecem ferramentas para recuperação por conteúdo considerando apenas regiões de interesse.

Sendo assim, há uma lacuna na qual o projeto de doutorado pode ser desenvolvido no que tange à recuperação de modelos 3D médicos. Essa abordagem considera além do modelo médico 3D reconstruído a região de interesse definida pelo especialista.

A partir dessas considerações, a presente proposta de projeto de pesquisa tem por objetivo geral desenvolver, implementar e validar técnicas de recuperação de modelos tridimensionais com base no seu conteúdo, considerando características de interação que permitam a recuperação considerando regiões de interesse.

Em princípio, serão consideradas imagens médicas da área de cardiologia, obtidas por meio de Ressonância Magnética Nuclear ou Tomografia Computadorizada. Os extratores serão específicos para modelos 3D e analisarão inicialmente características de forma. Como o fator de localização espacial é determinante para os resultados das buscas, a utilização de grafos será considerada como uma possibilidade de representação dos modelos a fim de tornar as buscas mais rápidas e eficientes. Por fim, como a busca do sistema CBIR será uma região determinada em tempo real pelo especialista, o banco de dados que armazenará os outros modelos terá que ser atualizado também em tempo real, para extrair características somente da região dada como consulta. É esperado que esse fator aumente a complexidade do algoritmo de busca, ao mesmo tempo que aumente a precisão dos resultados.

Para alcançar o objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- definir, implementar e validar extratores para modelos tridimensionais médicos da área de cardiologia provenientes de Ressonância Magnética Nuclear ou Tomografia Computadorizada;
- definir e implementar algoritmos para a extração e atualização dos vetores de características dos modelos 3D armazenados no banco de dados em tempo real;

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

- definir, implementar e validar funções de similaridade para modelos tridimensionais médicos cardíacos;
- definir, implementar e validar técnicas de interação entre o usuário final (profissional da saúde) e o modelo 3D para que se faça a delimitação da região de interesse;
- desenvolver um protótipo de sistema para facilitar a utilização das técnicas desenvolvidas pelo usuário final;
- avaliar a eficiência dos extratores e funções de similaridade em modelos tridimensionais médicos cardíacos.

4. Metodologia

Para alcançar o objetivo proposto, esse projeto de pesquisa se dividirá em quatro fases: revisão de literatura, definição e implementação de extratores, definição e implementação de técnicas de interação para seleção de regiões de interesse e validação das técnicas.

Na primeira fase deverá ser conduzida uma revisão sistemática (KITCHENHAM, 2004) da literatura a fim de conhecer os conceitos primordiais com relação à recuperação de modelos 3D como normalização dos modelos 3D, extração de características focadas na utilização de grafos para possibilitar o armazenamento da informação espacial, indexação dos vetores de características e sua recuperação e atualização em tempo real, aplicação de funções de similaridade e visualização dos resultados. O foco da pesquisa deverá concentrar-se em imagens médicas, mas pesquisas aplicadas em outras áreas de conhecimento serão avaliadas a fim de verificar eventuais técnicas que poderão ser adaptadas ao contexto do presente projeto.

A definição dos extratores deverá ter a literatura analisada como base. Além do caráter inovador da abordagem regionalizada do modelo e a atualização em tempo real dos vetores de características, pretende-se desenvolver extratores também inéditos na literatura, pois a partir de uma análise exploratória da literatura percebeu-se uma carência de extratores específicos para modelos médicos. Feita a definição, serão implementadas e validadas as técnicas de recuperação 3D por conteúdo considerando o escopo de modelos médicos cardíacos e suas regiões de interesse. Serão implementados também os métodos de atualização em tempo real dos vetores de características. As imagens serão oriundas dos exames de Ressonância Magnética ou Tomografia Computadorizada.

Uma vez que os extratores estejam validados, o projeto deverá concentrar-se em definir e implementar técnicas de interação que permitam a seleção eficiente de regiões de interesse em tempo real. Deverá ser construído um protótipo de sistema, considerando *software* livre, abrangendo extratores, funções de similaridade, interação em ambiente tridimensional e uma base de dados previamente construída.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

Durante toda a fase de desenvolvimento, será feita a avaliação dos resultados com base na métrica de Precisão *versus* Revocação, a mais utilizada na área de CBIR.

Por fim, para validar a relevância do projeto, os resultados obtidos serão submetidos a conferências e periódicos da área em forma de artigos. Relatórios técnicos também serão elaborados. Prevê, durante todo o projeto a participação de um profissional da área (Dr. Richard Cabral, professor da Faculdade de Medicina da USP), que deverá auxiliar no estabelecimento de requisitos e na validação das técnicas desenvolvidas.

5. Recursos utilizados

Inicialmente pretende-se utilizar os recursos tecnológicos disponíveis no *Interactive Technologies Laboratory* (Interlab) da Escola Politécnica da USP (EPUSP), bem como os recursos tecnológicos do Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LApIS), sediado na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH-USP), que é um dos laboratórios associados ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), tendo como missão desenvolver técnicas e ferramentas de baixo custo que contribuam com a pesquisa nos campos de realidade virtual, processamento de imagens e recuperação de imagens baseada em conteúdo.

Isso engloba além da parte de *hardware*, uma variedade de *softwares* de desenvolvimento, na sua maioria, *softwares* livres, como também software para análise quantitativa e qualitativa dos dados coletados.

A pesquisa bibliográfica será realizada por meio de livros, teses e relatórios técnicos da área e para acesso de artigos científicos em revistas especializadas e em anais de eventos será utilizado prioritariamente o portal de periódicos CAPES, nas bases de dados da ACM, IEEE, Springer e Elsevier, que possuem convênio com a USP.

6. Cronograma previsto

O planejamento para o desenvolvimento deste plano de trabalho prevê a realização das seguintes atividades:

1. *Revisão Sistemática:* nesta etapa deverá ser feita uma revisão bibliográfica sistemática, a fim de aprofundar alguns pontos importantes do projeto abrangendo características de extratores e funções de similaridade a serem empregadas, considerando principalmente a área médica, que constitui o campo de aplicação da presente proposta.

2. *Disciplinas:* realização das disciplinas para completar os créditos necessários para o exame de Qualificação;

3. *Formação de base de dados com modelos médicos:* nesta fase deverá ser especificado o escopo dos modelos médicos tridimensionais a serem considerados e elaborada uma base de modelos a ser utilizada nas fases posteriores. Pretende-se utilizar modelos

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

fornecidos por parceiros do projeto, como o prof. Dr. Richard Cabral que leciona na Faculdade de Medicina.

3. *Definição e Implementação de componentes de CBIR 3D:* nesta etapa serão definidos e implementados extratores a serem aplicados à base de teste. Também deverão ser definidas as demais características necessárias para a construção do sistema de CBIR.

4. *Redação do documento de qualificação:* nesta fase será composto o documento visando ao Exame de Qualificação do Doutorado.

5. *Qualificação:* realização do Exame de Qualificação do Doutorado.

6. *Realização do Doutorado Sanduíche:* Após a qualificação, será realizado o Doutorado Sanduíche com uma bolsa já disponível em um projeto do CNPq na qual a orientadora prevista coordena.

7. *Definição e Implementação do sistema de busca e atualização dos vetores de características:* nesta fase será definido e implementado o método para atualização em tempo real dos vetores de características.

8. *Implementação do protótipo de sistema com definição de regiões:* a partir dos resultados da fase anterior, nesta etapa será implementado o protótipo do sistema, considerando principalmente uma interface para o usuário delimitar a região para a pesquisa. Durante o projeto do Mestrado já foi desenvolvido um protótipo de busca, dessa forma será feita uma análise de viabilidade para verificar o seu reuso.

9. *Definição e implementação de técnicas de interação:* Nesta etapa serão analisadas e implementadas técnicas de interação que serão realizadas entre o usuário final e o protótipo do sistema;

10. *Avaliação:* nesta etapa deverão ser conduzidos testes para avaliar a eficiência das técnicas implementadas em relação aos estudos de caso selecionados.

11. *Análise dos Resultados:* a coleta dos resultados deve resultar em uma análise sobre o comportamento dos extratores e como esses podem ser utilizados em conjunto com funções de similaridade para estabelecer uma busca eficiente de modelos 3D no contexto de imagens médicas.

12. *Elaboração de artigos:* com os resultados e análise documentados serão elaborados artigos para conferências da área. Pretende-se publicar o trabalho no mínimo em um evento internacional de relevância e em um periódico nacional ou internacional.

13. *Elaboração da tese:* Escrita da tese de Doutorado.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

Atividades	Períodos							
	2014/1	2014/2	2015/1	2015/2	2016/1	2016/2	2017/1	2017/2
1	X	X	X	X				
2	X	X						
3			X	X				
4			X					
5				X				
6				X	X	X	X	
7			X	X				
8				X				
9				X	X			
10					X	X		
11						X	X	
12			X	X			X	X
13							X	X

7. Referências

BALAN, A. G. R. Métodos adaptativos de segmentação aplicados à recuperação de imagem por conteúdo. 2007. 183f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo. cap. 2, p. 7-15.

BERGAMASCO, L.C.C. Recuperação de imagens cardíacas tridimensionais por conteúdo. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. 134 f.

BERGAMASCO, L. C. C. ; NUNES, F. L. S. Applying Distance Histogram to retrieve 3D cardiac medical models. In: American Medical Informatics Association - AMIA 2013 Annual Symposium, 2013, Washington, EUA. Proceedings of AMIA 2013 Annual Symposium, 2013b. v. 1. p. 1-10.

DELAMARO, M. E. ; NUNES, F. L. S. ; OLIVEIRA, R. A. P. de. Using concepts of content-based image retrieval to implement graphical testing oracles. Software Testing, Verification & Reliability, 2011.

DELFINO, S. R.; NUNES, F. L. S. Geração de estudos de casos para treinamento médico virtual a partir de técnicas de realidade virtual e processamento de imagens. In: Anais do WIM2009 - IX Workshop de Informática Médica / XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Bento Gonçalves (RS), 2009.

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

DOI, K. Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. In: The British Journal of Radiology, 78, p. 3-19. DOI: 10.1259/bjr/82933343, 2005.

DOI, K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: Historical review, current status and future potential. Comp. Med. Imag. and Graph., v. 31, n. 4-5, p. 198-211, 2007.

GAO, B.; ZHENG, H.; ZHANG, S. An Overview of Semantics Processing in Content-Based 3D Model Retrieval. In Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence. AICI. 11. 2009. Shangai, China. p.54-59.

GLATARD, T.; MONTAGNAT, J.; MAGNIN, I. E. Texture based medical image indexing and retrieval: application to cardiac imaging. In: Proceedings of the 6th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval. New York, NY, USA: ACM, 2004. (MIR '04), p. 135–142. ISBN 1-58113-940-3. Disponível em:<<http://doi.acm.org/10.1145/1026711.1026734>>.

GONÇALVES, V. M. Avaliação de Funções de Similaridade em Sistemas de CBIR – Relatório parcial apresentado à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), referente à bolsa de Iniciação Científica vinculada ao processo de número 2010/01496-1. Relatório Técnico, Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo, 2010.

GONG, B., WANG, Y.; LIU, J.; TANG, X. Automatic facial expression recognition on a single 3D face by exploring shape deformation. In Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia (MM '09). 2009. ACM, New York, NY, USA, p. 569-572.

JIA, J.; QIN, Z.; CHEN, J.; LIU, Y. An Overview of Content-Based Three-dimensional Model Retrieval Methods. In Proceedings of System of Systems Engineering. SoSE. 3. 2008. Cingapura. p. 1-6.

KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. 2004. 33 f. Relatório Técnico – Departamento de Ciência da Computação, Keele University, EUA.

MACC. Medicina Assistida por Computação Científica. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://macc.Incc.br>>. Acessado em: Agosto/2013.

MELO-SOUZA, S. E. de. Acidente Vascular Isquêmico. Instituto de Neurologia de Goiânia. Disponível em: <http://www.neurologico.com.br/neurologico2009/saiba_mais/Acidente%20Vascular%20Cerebral%20Isquemico1.pdf>

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

NUNES, F. L. S. Introdução ao processamento de imagens médicas para auxílio ao diagnóstico. In: ANIDO, R.; BREITMAN, K. (orgs.). Atualizações em informática. Rio de Janeiro: PUC-Rio: SBC, 2006. p. 73-123.

NUNES, F. L. S.; MELO, C. R. M.; CORRÊA, C. G.; TORI, R.; BARBOSA, J. H. A.; PICHI, F.; NAKAMURA, R. A importância da avaliação na engenharia de requisitos em sistemas de Realidade Virtual e Aumentada: um estudo de caso. In: de Computação, S. B., ed. Proceedings of XII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Natal (RN), 2010.

OLIVEIRA, R. A. P.; DELAMARO, M. E.; NUNES, F. L. S. O-FIm - Oracle for Images. In: Anais da XVI Sess~ao de Ferramentas do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2009), Fortaleza - CE, Brasil: UFC, 2009, p. 1-6

PAULA, L. R. P. de. Segmentação de imagens SPECT/Gated-SPECT do miocárdio e geração de um mapa polar. 2011. 155f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Instituto de Ciências Matemáticas e Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo. cap. 2, p. 5-14.

PRADO, F. C.; VALLE, J. R.; RAMOS, J. Atualização terapêutica: manual prático de diagnóstico e tratamento. 19ª edição. São Paulo. Artes Médicas, 1999.

REBELO, M. de S.; BRANDÃO, S. C. S.; GIORGI, M. C.; MENEGHETTI, C.; GUTIERREZ, M. A. Análise tridimensional do movimento cardíaco em imagens de SPECT utilizando codificação de velocidades. In Proceedings of Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2011. p. 7-28.

SANTOS, D. F. dos.; GUTIERREZ, M. A.; COSTA, E. T. Determination of the variation of the intima-media thickness and the diameter of arteries from echocardiographic ultrasound image sequences. In Proceedings of International Congress on Ultrasonics, Universidad de Santiago do Chile, 2009. p. 14-27.

SANTOS, E. T.; ZUFFO, M. K.; NETTO, M. L.; LOPES, R. De D. Computação Gráfica: Estado da arte e a pesquisa na USP. 2001. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~rponeves/work/paper_graphica2001_cg-usp.pdf>. Acessado em: Agosto/2011.

SONG, J-J; GOLSHANI, F. Shape-based 3D model retrieval. In Proceedings of IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence. 15. 2003, New York, EUA. p. 636- 640

SOUZA, L.B.L. de; SANTOS, J.C. de S; GULIATO, D. Um extrator de características baseado em complexidade aplicado à classificação de tumores de mama. In: Seminário de

Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – POLI/USP

Iniciação Científica, 12. 2008, Uberlândia. Anais... Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia, 2008

TORI, R.; NUNES, F. L. S.; GOMES, V. H. P.; TOKUNAGA, D. M. VIDA: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância. In: Anais do WIE 2009 - X Workshop de Informática na Escola - XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre (RS), 2009.

TORRES, R. da S.; FALCÃO, A. X. Recuperação de Imagens Baseadas em Conteúdo. In: Workshop de Visão Computacional, 4. 2008, Bauru. Anais... São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, 2008.

VRANIC, D. V. 3D Model Retrieval. 2001. 239 f. Dissertação (Ph D. em Ciência da Computação) – Universidade de Leipzig, Alemanha. Cap 2-5, p. 35-199.

WIEDERHOLD, G.; SHORTLIFFE, E. System Design and Engineering in Health Care. In: Biomedical Informatics. 3ª edição. Springer. New York, 2006. p. 233-263.

YUBIN, Y.; HUI, L.; YAO, Z. Content-Based 3-D Model Retrieval: A Survey. In Proceedings of 7th IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.7. 2007.

Leila C. C. Bergamasco



Fátima L. S. Nunes