

USO DE ONTOLOGIAS PARA A MANIPULAÇÃO DE IMAGENS RELACIONADAS AO CÂNCER DE MAMA

Using Ontologies for Handling Images Related to Breast Cancer

Cassia Isac¹; Victor Röhsig²; José Viterbo Filho³; Aura Conci⁴

Resumo Em um cenário no qual é crescente a quantidade de fontes de dados disponíveis, a Web Semântica vem desempenhando um papel fundamental para o compartilhamento, recuperação, seleção e combinação de dados armazenados nos mais variados formatos. O armazenamento e recuperação de imagens médicas também se beneficia da aplicação destas tecnologias. Neste trabalho apresentamos um estudo sistemático de trabalhos que utilizam ontologias como ferramenta para a manipulação em imagens médicas relacionadas ao câncer de mama, descrevendo as principais características de sistemas que as utilizam

Palavras-chave: Ontologia, Câncer de Mama, Imagens Médicas

Abstract In a scenario in which there is a growing amount of available data sources, the Semantic Web has played a key role in the sharing, retrieval, selection and combination of data stored in various formats. The storage and retrieval of medical images also benefits from the application of these technologies. In this work we present a systematic study of works that use ontologies as a tool for manipulating medical images related to breast cancer, describing the main characteristics of systems that use such tool.

Keywords: Ontology, Breast Cancer, Medical Images

1. Doutoranda em Computação pela Universidade Federal Fluminense - Mestrado em Ciências Computacionais pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (2011); 2. Profissional de Computação; 3. Professor Adjunto da Universidade Federal Fluminense, Brasil - Doutorado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil (2009); 4. Trabalha no Journal of Medical Imaging and Health Informatics - Doutorado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil (1988).

1. Introdução

O câncer de mama aparece como o segundo tipo de câncer mais frequente no mundo e o primeiro entre mulheres. Este tipo de câncer afeta tanto homens quanto mulheres, no entanto sua ocorrência, em média, é de 1% em homens com relação ao total. Segundo o INCA (Instituto Nacional do Câncer), o número de mortes acometidas por este mal foi de 12.852 no Brasil em 2010, sendo 147 de homens e 12.705 de mulheres. Acredita-se que um dos principais fatores que incrementam o número de morte está relacionado ao fato de a doença ser diagnosticada já em estágios avançados.

São dois os principais exames para o diagnóstico dessa patologia: a mamografia (raios-X) e o ultrassom da mama, sendo o primeiro o mais eficaz. Por outro lado, pesquisas mostram que a exposição à radiação pode elevar em até cinco vezes as chances de mulheres jovens, com uma mutação nos genes BRCA1 e BRCA2, desenvolverem a doença¹. Outra limitação encontrada no exame de mamografia é que este é menos eficaz quando a paciente é jovem. Isto se dá pelo fato da mama de uma paciente jovem ser mais densa do que a de uma pessoa mais velha (normalmente, quando esta passa pela menopausa)².

Segundo o INCA, outro fator que incrementa o número de mortes é o falso negativo dado às pacientes devido à má interpretação das imagens médicas. O INCA constatou em 2006 que 60% dos exames que chegavam à instituição, vindos tanto do Sistema Único de Saúde (SUS) como de clínicas particulares, tinham problemas que prejudicavam a interpretação da imagem. Esses problemas originam-se tanto da falta de qualidade das imagens quanto pela localização da lesão, ou pela densidade do tecido mamário ou

por erros cometidos por radiologistas. Por este motivo, é necessária uma boa interpretação das imagens analisadas.

A interpretação de imagens digitais requer extrair destas alguma informação relevante. Alguns fatos devem ser levados em consideração para uma boa interpretação dessas imagens. Por exemplo, ao visualizarmos uma fotografia, sua interpretação pode ser: "onde foi tirada a fotografia", "quando foi tirada", "há pessoas nesta foto?", "quantas pessoas estão presentes" entre outras possibilidades.

Já a interpretação de uma imagem médica envolve a identificação da área imageada, anormalidade e/ou patologia existente, a análise e a caracterização dessa anormalidade entre outros. Imagens médicas contêm ricas informações sobre a anatomia e as estruturas anormais, no entanto, este é o conhecimento implícito que se deduz pela pessoa que as vê. Por exemplo, um pesquisador pode querer indicar onde em determinadas áreas de interesse se encontram anormalidades. Esta informação, o conteúdo semântico da imagem, é muitas vezes considerada "metadados de imagem", incluindo observações sobre imagens, interpretações e conclusões.

Uma vez identificadas as anormalidades e estabelecida a relação entre elas, o diagnóstico é emitido. Muitos autores executam esta classificação, para os mamogramas, de acordo com a classificação BI-RADS (*Breast Imaging Reporting and Data System*), elaborado pela ACR - *American College of Radiology* (ACR, 2004). Devido ao excesso de informação advindo dos conhecimentos médicos utilizados nestes diagnósticos, a Web Semântica vem desenvolvendo um papel fundamental para a organização desses conhecimentos. A Web Semântica é uma extensão da web que acrescenta semântica ao atual formato de representação de dados. Para isso

[1] <http://www.hl7.org>

[2] <http://www.openehr.org>

[3] <http://www.cs.toronto.edu/km/istar>

foram propostas diversas tecnologias, dentre essas a criação de ontologias, visando a atribuir sentido e significado ao conteúdo dos documentos, atuando como ferramenta de representação do conhecimento³.

Ontologias são artefatos computacionais projetados para fornecer representações de um domínio de interesse. Esta representação deve estar associada a uma descrição formal, de modo que possa ser codificada de acordo com algum padrão, podendo ser reutilizada e permitindo a navegação através de conceitos-chaves registrados e a recuperação de informação indexada. Caso utilizada no domínio médico, uma ontologia traz a necessária padronização, oferecendo um conjunto de opções para registrar observações e eventos encontrados pelos profissionais médicos⁴.

Dessa maneira, as ontologias são ferramentas computacionais que podem ser utilizadas, também, para a representação das informações contidas em uma imagem médica, isto é, uma imagem resultante de um exame médico. Para tal, uma imagem deve ser analisada, observando-se suas principais características. Dentre os benefícios almejados pela utilização de ontologias, podemos citar interoperabilidade (acesso mútuo de componentes a informações e funcionalidades), pesquisa e navegação (utilização e meta-conhecimento para auxiliar engenhos de busca e estender consultas), reuso (evitando a reconstrução de componentes já existentes) e base de estruturação (redução de prazos e investimentos na construção de novos componentes)⁵.

O objetivo deste trabalho é apresentar os principais sistemas que utilizam ontologias como ferramenta para a representação do conhecimento a cerca de imagens médicas relacionadas ao câncer de mama. Com isto, é descrita uma análise sistemática da literatura relacionada.

Este artigo está organizado como segue: na Seção 2 é apresentado o conceito de ontologias e suas apli-

cações na área médica. Na Seção 3 são abordados os sistemas e suas principais aplicações no diagnóstico do câncer de mama. Na Seção 4 é apresentada a conclusão do trabalho.

2. Ontologias

O termo ontologia é emprestado da filosofia; corresponde a um relato sistemático da Existência. Este conjunto de objetos, e as relações entre eles descritas, são refletidos no vocabulário com que uma ontologia representa o conhecimento. Em tal ontologia, definições associam nomes de entidades (por exemplo, classes, relações, funções ou outros objetos) com texto legível descrevendo o que os nomes significam e os axiomas formais que restringem a interpretação desses termos. Formalmente, uma ontologia é a especificação formal e explícita de uma conceitualização⁶.

O compartilhamento do entendimento comum da estrutura de informação entre pessoas ou agentes de *software* é um dos objetivos mais comuns no desenvolvimento de ontologias⁷. Por exemplo, suponha que vários sites diferentes contêm informação médica ou de prestação de serviços de *e-commerce* médicos. Se estes sites de compartilhamento *web* publicarem dados utilizando a mesma ontologia, então os agentes de computador podem extrair e agregar informações a partir destes sites diferentes. Os agentes podem usar essas informações agregadas para responder a consultas semânticas do usuário ou como dados de entrada para outras aplicações, permitindo a reutilização de conhecimento de domínio.

Por exemplo, se um grupo de pesquisadores desenvolve uma ontologia em detalhes, outros podem simplesmente reutilizá-la para seus domínios, minimizando custos. Além disso, se é necessário construir uma grande ontologia, podem-se integrar várias ontologias

existentes que descrevem partes do grande domínio. Também é possível reutilizar uma ontologia geral e estendê-la para descrever o domínio de interesse⁷. As especificações explícitas de conhecimento de domínio também são úteis para novos usuários que precisam aprender termos do domínio⁸.

2.1 - Ontologias em Imagens Médicas

Como mais e mais hospitais mudam para uma gestão baseada em TI, grandes quantidades de informação médica têm que ser armazenadas e disponibilizadas via computador. A natureza dos dados é diversa em mais de um aspecto. A gama vai desde os nomes dos pacientes, idade, sexo a descrições de determinados relatórios de diagnóstico para completar casos médicos que podem ser divididos entre longos períodos de tempo. Mas a informação médica não está limitada aos documentos de texto. Os rápidos avanços na tecnologia de imagem têm aumentado dramaticamente a quantidade de dados de imagens médicas geradas diariamente por hospitais, laboratórios farmacêuticos e centros de pesquisa acadêmicos. Tecnologias 2D, 3D e 4D como a 64-slice Tomografia Computadorizada (CT), de corpo inteiro Magnetic Resonance Imaging (RM), ultrassom 4D, fusão de Positron Emission Tomography e CT (PET/CT) podem fornecer detalhes incríveis e uma riqueza de informações no que diz respeito à anatomia do corpo humano, função e associações de doenças. Portanto, devem-se levar em conta os dados de várias modalidades (documentos de texto, diversas modalidades de imagem etc.) para obter informações completas⁹. Enquanto isso, a busca e a recuperação devem ser independentes da modalidade.

O aumento do volume de dados trouxe significantes avanços nas técnicas para analisar tais dados, por exemplo, a precisão e sofisticação de diferentes métodos de

análise automática de imagens, como o reconhecimento de objetos e segmentação de imagem¹⁰. No entanto, estas melhorias na análise não resultaram em técnicas de compreensão mais genéricas. Em vez disso, os métodos de análise são muito específicos a finalidade do serviço à escala de todas as possíveis aplicações. Consequentemente, as atuais técnicas de pesquisa de imagens, seja por fontes da web ou para uso médico, ainda são dependentes do manual e associação subjetiva de palavras-chave de imagens para recuperação.

Anotar, ou fazer a descrição textual manualmente, no grande número de imagens geradas e arquivadas na prática médica não é uma opção – é também algo desnecessário, já que há vários algoritmos de reconhecimento de objetos já existentes. O problema de sistemas que utilizam reconhecimento de objetos é que eles ainda precisam de inteligência humana para decidir qual algoritmo de reconhecimento de objeto aplicar, porque o conhecimento a partir de várias dimensões tem que ser levado em conta.

A interpretação da evidência médica é geralmente apresentada em termos de um controlado, mas apresenta vocabulário especializado diversamente ambíguo e também frases em linguagem natural. Tais dados expressos requerem intervenção humana para determinar a sua relevância em qualquer caso específico¹⁰. A fim de facilitar a interpretação deste conhecimento por máquinas, a semântica de interpretação adicional deve ser anexada aos dados, passagem de uma abordagem descritiva para um modelo de semântica rico.

Para evitar perda de informações e garantir uma maior completude é necessária a estruturação de uma ontologia e, a partir dela, a inserção do conhecimento, já de forma estruturada. Utilizando este formato, parte-se de uma ontologia base e gradualmente novos achados médicos são inseridos no sistema, já de modo estruturado. Este modelo faz-se interessante para sis-

temas automáticos (ou semiautomáticos) de extração de conhecimento em imagens, pois o conhecimento encontrado em imagens é diretamente expresso de forma clara e de fácil manipulação, tanto para o sistema como para o especialista.

As ontologias em imagens podem oferecer diferentes níveis de detalhamento. Podem descrever apenas informações simples, como data, tipo e ferramenta de captura, até informações mais complexas, sendo capazes de realizar inferências sobre patologias e diagnósticos.

Na indexação de imagens, poucas informações sobre as anormalidades são descritas pela ontologia. Ela é utilizada para formalização dos metadados de imagens médicas das mais diferentes técnicas de captação de imagens. São armazenadas informações como a ferramenta de captação, formato, identificador, data, tipo, patologia e laudo médico. Fornecendo informação para recuperação de imagens através de tags associadas as imagens.

Em nível semântico maior, são feitas anotações ou marcações nas imagens. Contida na imagem médica há uma região de interesse (ROI – *Region of Interest*) que apresenta certa anormalidade. A partir de inferências feitas sobre a ROI, pode-se inferir uma série de informações sobre a anormalidade apresentada, como por exemplo, dados referentes à forma e densidade.

Utilizando esta forma de representação podem-se representar os mais diferentes tipos de anormalidades. O uso da ontologia facilita a integração das informações e a interoperabilidade, assim as informações de um paciente obtidas de diferentes formas e ferramentas podem ser representadas e recuperadas dando ao profissional de saúde um conjunto maior de informações sobre o paciente, como por exemplo, seu estilo de vida, alimentação e doenças pré-existentes.

Encontrar a ROI e a inferência podem ser feita por humanos, através de um conhecimento adquirido, por máquinas através de sistemas específicos.

No nível semântico mais alto é possível a realização de inferência e propostas de diagnóstico ou tratamento através de reasoning baseada no conhecimento representado na ontologia, ou seja, quanto maior a quantidade de informações e conhecimento que estão representados na ontologia mais expressivos os resultados obtidos.

3. Utilizando Ontologias (Sistemas de Armazenamento e Recuperação de Imagens Médicas)

Diversas ontologias foram desenvolvidas para a estruturação de conhecimento no domínio de imagens médicas. Muitas delas se tornam padrões aceitos, sendo, assim, reutilizadas em outras abordagens. O objetivo dessas ontologias é ter um domínio específico para que se possa estendê-las a um vocabulário comum fundamentado. A seguir serão apresentadas algumas abordagens.

3.1 - Utilizando o padrão *Dublin Core*

O padrão *Dublin Core* apresenta uma série de elementos com informações relacionadas a conteúdo, propriedade intelectual e instanciação. São elas: Título, Descrição, Assunto, Fonte, Editor, Contribuinte, Criador, Direitos, Data, Tipo, Formato, Identificador, Idioma, Relação e Cobertura.

É possível utilizar o padrão *Dublin Core* para a formalização dos metadados de imagens médicas das mais diferentes técnicas de captação. Assim, o armazenamento e recuperação de imagens independem da ferramenta de captação, Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) e formato de imagens diferentemente utilizando ferramentas como o DICOM²².

A utilização do padrão *Dublin Core* é proposta por²³ para a catalogação e armazenamento das imagens

médicas. Ele se propõe a utilizar os campos: Criador, Data, Editor e Fonte do padrão *Dublin Core* e adicionar os campos Diagnóstico, Patologia, Órgão, Posição, Tipo, Imagem e Laudo para acrescentar dados médicos às imagens.

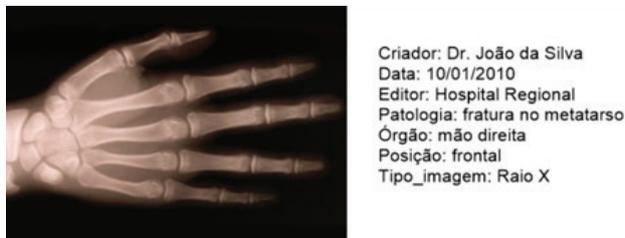


Figura 3.1. Utilizando o *Dublin Core*

Na Figura 1 podemos ver o Raio-X de uma mão direita, na qual pode ser observada uma fratura do metatarso e nos metadados podem ser observados dados relativos ao hospital e ao médico. Desta forma, como cada imagem tem um conjunto de metadados associados e como, para cada metadado existe uma descrição, é possível realizar o agrupamento de imagens similares por patologia, por exemplo.

Neste trabalho não são armazenados ROI das imagens, somente metadados extraídos das imagens; apesar disso, o processo de recuperação de imagens é facilitado e agilizado, pois não há a necessidade de busca por elas, que são recuperadas somente a partir dos metadados. Porém, as informações da posição do ponto de interesse na imagem não são armazenadas.

3.2 - CaBIG e AIM

O projeto caBIG (*Cancer Bioinformatics Grid*) busca fornecer infra-estrutura para criar, comunicar e compartilhar ferramentas de bioinformática, dados e resultados de pesquisa, utilizando padrões de dados compartilhados e modelos de dados também compartilhados. AIM (*Annotation and Image Markup*)¹⁶ define um modelo de informação para

anotação da imagem e marcação na área da saúde. Embora útil ao anotar imagens para fins clínicos e de ensino, a anotação de imagem padronizada e marcação é mais crítica em ensaios clínicos.

Isto é especialmente verdadeiro em ensaios clínicos multicêntricos, nos quais a coleta de dados e análise abrange vários investigadores e instituições. Como um produto compatível com a metodologia caBIG¹⁷, o modelo AIM oferece interoperabilidade sintática e semântica com outras atividades caBIG. O software AIM fornece aos desenvolvedores um conjunto de ferramentas que lhes permite adotar AIM em suas aplicações. AIM fornece uma base para a prática padronizada de anotação de imagem na clínica, pesquisa e comunidades de translação.

O sistema AIM é utilizado em¹⁸, em que sua proposta está baseada no suporte para o trabalho colaborativo entre radiologistas e oncologistas usando uma ferramenta web de imagem, EPAD, para gerar relatórios de radiologia estruturadas que podem ser máquina computável. O sistema CaBIG é encontrado em^{19,20}.

Levy et al. executam uma regra SWRL no AIM para identificar a malignidade de lesões hepáticas, dependendo de seu comprimento²¹.

3.3 - Case-Based Retrieval

Nos sistemas baseados em casos anteriores, a CBR – do inglês *Case-Based Retrieval* – é incorporada em uma biblioteca de casos passados, em vez de ser codificada em regras clássicas. Cada caso, tipicamente, contém uma descrição do problema, além de uma solução. O processo de conhecimento e raciocínio usado por um especialista para resolver o problema não é gravado, mas está implícito na solução. Para resolver um problema atual: o problema é comparado com os casos na base de dados e casos semelhantes são recuperados. Os casos recuperados são utilizados para sugerir uma

solução que é reutilizada e testada. Se necessário, a solução é então revista. Finalmente, o problema atual e a solução final são mantidos como parte de um novo caso²⁷.

A Figura 3.2 apresenta o esquema do sistema adaptado de²⁸.

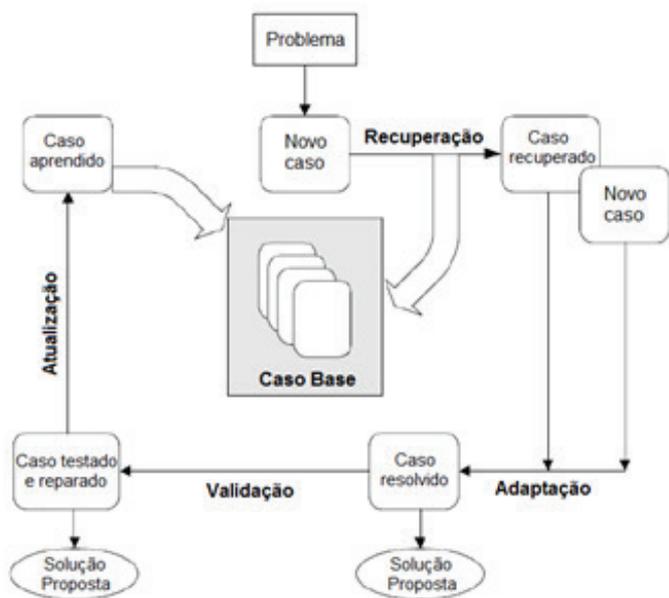


Figura 3.2. Case-Based Retrieval

Em²⁹, a CBR é empregada para realizar anotações em mamografias utilizando-se de dois conjuntos característicos de baixo e alto níveis: forma, área, BI-RADS, densidade, massa, entre outros. Cada conjunto é, então, transformado em um vetor de característica para que possa ser comparado com um similar vetor da base de dados, obtendo assim, resultados significativos.

Este tipo de sistema também é aplicado em^{29, 27, 30, 31, 4}. Alguns cuidados devem ser tomados para a execução deste sistema. Com a rica gama de termos advindos da área médica, as palavras utilizadas para estocar os casos da base de dados devem possuir critérios bem definidos para que não haja duplicatas. O vocabulário deve ser rico o suficiente para ser expressivo, mas limitado o suficiente para permitir recuperação eficiente³¹.

3.4 - RadLex

O RadLex é uma ontologia fruto de um projeto da *Radiological Society of North America* com colaboração de outras entidades radiológicas como a *Society Interventional Radiology* e a *American College of Radiology*. O objetivo é criar uma terminologia controlada que regule os termos e padrões utilizados em achados radiológicos²⁴. Propõe-se uma estrutura uniforme para capturar, indexar e recuperar informações em diferentes formas de dados. Em 2006, já contava com mais de 7.500 termos. Nos anos seguintes, com a participação de outros profissionais e entidades, foi sendo agregado um número maior de definições e termos.

Além da definição de termos, esta ontologia define entidades, como as modalidades de imagens médicas. As modalidades presentes não estão limitadas somente a radiografias, contam com a definição de ultrassonografia e ressonância magnética, entre outras. Esta ontologia, além de definir tipos de imagens médicas, apresenta uma série de outras definições relacionadas a doenças e anormalidades, informações sobre a fase do processamento da imagem, procedimentos para obtenção da imagem, sobre o paciente, ROI, entre outras informações. Definições importantes sobre a anatomia humana e as partes do corpo imageadas também são apresentadas pela RadLex.

Utilizado para descrição de achados radiológicos em mamografias por¹⁸.

3.5 Aquest

Em⁸ é apresentado um sistema de consulta e ensino orientado por ontologia para auxiliar estudantes na interpretação de mamogramas e um diagnóstico de câncer de mama. Para isso, o autor criou a ontologia *BrestCancerOnto*, baseando-se em duas outras on-

tologias já conhecidas, vistas em^{25,26}. Tal ontologia representa o conhecimento médico sobre achados radiológicos em mamografias. O domínio da aplicação envolve a interpretação e a análise de mamografias para auxiliar no diagnóstico de câncer de mama e em atividades de ensino. Utilizada também por¹².

Além da ontologia, foi proposto um serviço web chamado Aquest, de perguntas e respostas, de acordo com os elementos implementados na ontologia. A Figura 3.3 mostra os principais aspectos do sistema desenvolvido. Segundo o autor, o Aquest associado à BreastCancerOnto, responde questões do tipo: “Quais tipos de microcalcificações estão relacionados com neoplasia maligna?” ou “Quais categorias do BI-RADS são associadas com margem circunscrita?” ou “Como classificar uma lesão associada com forma lobular?” ou “Quais os achados radiológicos associados com margem circunscrita?” ou “Quais achados radiológicos são associados com margem obscurecida?” ou ainda “Quais os achados radiológicos associados com neoplasia parcialmente benigna?”.

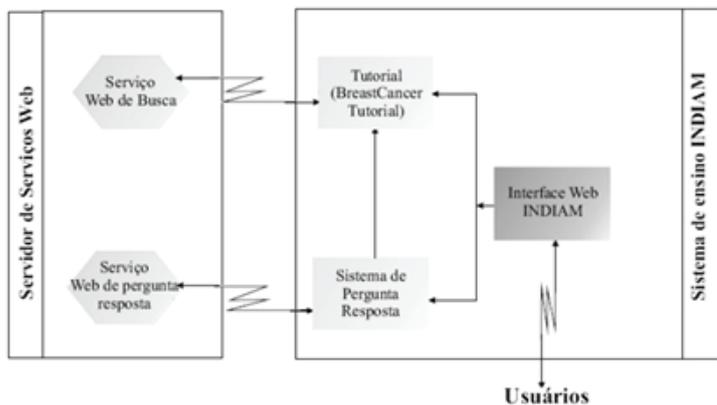


Figura 3.3. Serviço Web Aquest

3.6 Nottingham Grading System (NGS)

A modificação Nottingham (Elston-Ellis) do sistema de classificação Scarff-Bloom-Richardson, também

conhecida como *Nottingham Grading System* (NGS) [Elston e Elis. 1991], é o sistema de classificação recomendado internacionalmente por vários organismos profissionais (*World Health Organization* [WHO], *American Joint Committee on Cancer* [AJCC], *European Union* [EU] e o *Royal College of Pathologists* [UK RCPATH]). Segundo¹¹, este sistema fornece critérios mais objetivos para os três elementos que compõem a classificação e aborda especificamente a contagem mitose de uma forma mais rigorosa [elston e Elis].

Em¹¹, é utilizado o sistema *Nottingham Grading System* (NGS) para a detecção do câncer de mama a partir das imagens de biopsias. Foi criada uma ontologia própria com o objetivo de indexar imagens histopatológicas da mama, utilizando-se de três critérios para sua classificação: formação de tubulares, índice mitótico do tumor e pontuação pleomorfismo nuclear. Cada um dos critérios é avaliado em 3 escores (1, 2, e 3), podendo um tumor atingir uma pontuação máxima de 9. A avaliação do tumor pode levar aos seguintes graus: 3 a 5 pontos – Grau I; 6 a 7 pontos – Grau II e 8 a 9 pontos – Grau III. A Figura 3.4 mostra como o NGS pode ser utilizado para a classificação de um tumor.

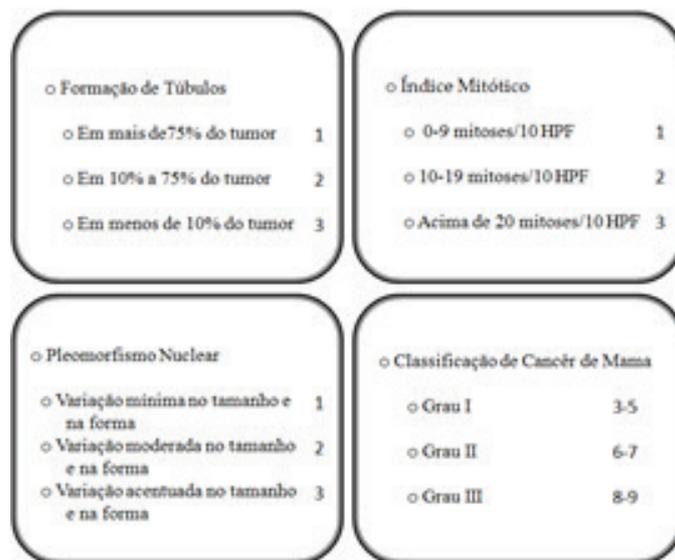


Figura 3.4. Sistema de Classificação Nottingham

As imagens são processadas por um algoritmo de análise de imagens para que sejam evidenciadas características que se relacionem a conceitos biológicos como mitose, núcleos e túbulos. Após seu processamento, seguindo regras semânticas, as imagens são classificadas utilizando o padrão NGS, oferecendo, assim, uma segunda opinião ao especialista.

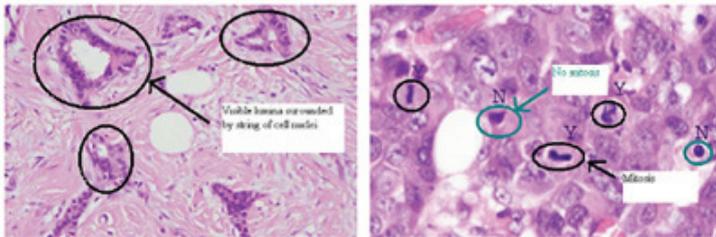


Figura 3.5. Sistema de Classificação Nottingham

O autor cita que os conceitos médicos são transformados para conceitos de visão computacional, e esses conceitos de visão computacional são então modelados como conceitos do Protégé, como tipos padrões de classes e propriedades.

Em^{12,13,14,15}, também é vista a utilização do sistema NGS em imagem. Em¹², é utilizada a ontologia *BreastCancerOnto* na plataforma *Protégé*. Este sistema utiliza a anotação nas imagens em alto e baixo níveis. Segundo o autor, o sistema apresentado articulando capacidades de gestão do conhecimento com os módulos de análise de imagens de baixo nível não só pode melhorar o design do sistema, mas também aumentar o seu desempenho.

O sistema NGS se mostra robusto para a classificação do câncer de mama apresentando resultados relevantes na literatura. No entanto, suas aplicações são exclusivas para imagens hispatológicas (biópsias), o que inviabiliza sua utilização para exames de mamografia.

4. Conclusão

Neste trabalho foi discutida a utilização de ontologias em sistemas que manipulam imagens médicas.

Primeiramente, foi definido o que é uma ontologia e o que são imagens médicas. Após apresentação dos principais sistemas e suas ontologias, pudemos observar que faz-se necessário o uso de ontologia em sistemas médicos, pois facilita e otimiza o processo de desenvolvimento assim como reduz custos.

Outro benefício trazido pela utilização de ontologias é a possibilidade de separar o conhecimento de domínio do especialista de desenvolvimento. Assim, o profissional que desenvolve o sistema não necessita ser um especialista no domínio médico.

O sistema NGS é muito importante para o diagnóstico de câncer de mama, mas sua execução se faz apenas em biópsias, não contribuindo, assim, para o diagnóstico precoce do câncer de mama. Para minimizar o dano, são necessárias abordagens que se façam úteis na detecção do câncer precocemente. Para isso, recentes pesquisas direcionam seu foco para o desenvolvimento de sistemas de ensino e auxílio ao profissional da saúde na identificação do câncer. O Aquest é um exemplo de sistema específico para ensino em radiologia, no qual profissionais e estudantes podem conhecer termos e definições, além de poderem observar exemplos e casos similares.

Também são de grande relevância os sistemas que permitem a busca de casos similares, apoiando a tomada de decisão do profissional de saúde. Portanto, é necessário que as informações sejam armazenadas de forma coerente e organizadas para maximizar sua usabilidade. Além disso, é imprescindível que os sistemas apresentados sejam de fácil entendimento para os profissionais de saúde, favorecendo o seu aproveitamento de forma concisa. O uso de ontologias permite também a interoperabilidade entre sistemas distintos.

Referências

1. Barcelos, L.P., et al. Os Genes BRCA1 e BRCA2 e Suas Relações Genéticas na Predisposição aos Carcinomas Mamários Hereditários e Esporádicos. 2010, Estudos (Goiania. Online), pp. v. 37, p. 837-850.

2. Wishart, G. C., et al. The Accuracy of Digital Infrared Imaging for Breast Cancer Detection in Women Undergoing Breast Biopsy. *EJSO – European Journal of Surgical Oncology*. 2010, Vol. 36, 6, pp. 535–540.
3. PICKLER, M. E. V. Web Semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento. *Belo Horizonte : v. 12, n. 1, 2007. Perspectiva em Ciência da informação*. pp. 65-83.
4. Serna, A., Gerrikagoitia, J.K., Huerga, I. Supporting Clinical Processes with Semantic Web Technologies: A Case in Breast Cancer Treatment. 4, 2009, Inderscience publishers, *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies (IJMSO)*, Vol. 5, pp. 309 - 320.
5. Menzies, T. Cost Benefits of Ontologies. *Intelligence*. 1999, Vol. 10(3), pp. 26-32.
6. Gruber, Thomas R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. 1993, *Knowledge Acquisition*, pp. 199-220.
7. Noy, Natalya F and McGuinness, Deborah L and others. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. 2001, Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880.
8. Boaventura, Ricardo S. et al. UM SISTEMA DE CONSULTA ORIENTADO POR ONTOLOGIA PARA AUXILIAR ESTUDANTES NA INTERPRETAÇÃO DE MAMOGRAMAS E DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA VIA WEB. *Revista CEPPG*. 1 de 2009, 20, p. 182 à 195.
9. Moller, Manuel and Sintek, Michael. A generic framework for semantic medical image retrieval. *Proc. of the Knowledge Acquisition from Multimedia Content (KAMC) Workshop, 2nd International Conference on Semantics And Digital Media Technologies (SAMT)*. s.l.: Citeseer, 2007.
10. Lattari, L., et al. Using graph cuts in GPUs for color based human skin segmentation. *Integrated Computer-Aided Engineering*. 2011, Vol. 18, pp. 41-59.
11. Hu, Bo and Dasmahapatra, Srinandan and Lewis, Paul and Shadbolt, Nigel. *Ontology-based medical image annotation with description logics*. s.l.: IEEE, 2003. *Tools with Artificial Intelligence, 2003. Proceedings. 15th IEEE International Conference on*. pp. 77–82.
12. Oosterwojck, H. *DICOM Basics*. s.l.: OTech Inc, 2005.
13. Aires, J. P., Matos, S. N., & HASEGAWA, F. Usando o padrão Dublin Core para definição de metadados de imagens médicas. *Revista Eletrônica Fafit/Facis*. 2013, p. 4(2).
14. Rubin, D. L., Mongkolwat, P., Kleper, V., Supekar, K., & Channin, D. S. *Medical Imaging on the Semantic Web: Annotation and Image Markup*. 2008, AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration, pp. 93-98.
15. Channin, D. S., Mongkolwat, P., Kleper, V., Sepukar, K., & Rubin, D. L. The caBIG™ annotation and image markup project. *Journal of Digital Imaging*. 2010, pp. 23(2), 217-225.
16. Serique, K. A., Snyder, A., Willrett, D., Rubin, D. L., Moreira, D. A. *Using the Semantic Web and Web Apps to Connect Radiologists and Oncologists*. 2012, *Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, pp. 480-485.
17. Sherman, S et al. *Multicenter breast cancer collaborative registry*. 2011, *Cancer Informatics 2011*, pp. 271-26.
18. Varma, V. e al, et. *Structured data system for a breast cancer medical record*. 2009, *Studies in Health Technology and Informatics*, pp. 143:354-7.
19. Rubin, D. L., et al. *Annotation and image markup: Accessing and interoperating with the semantic content in medical imaging*. 24(1), 2009, *Intelligent Systems, IEEE*, pp. 57-65.
20. Abdrabou, E. A. M. e Salem, A. M. A breast cancer classifier based on a combination of case-based reasoning and ontology approach. *Computer Science and Information Technology (IMCSIT), Proceedings of the 2010 International Multiconference on*. 2010, pp. 3-10.
21. Aamodt, A. e Plaza, E. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variation and System Approaches*. AICOM. 1994, Vol. 7, 1, pp. 39-58.
22. Bulu, Hakan and Alpkocak, Adil and Balci, Pinar. *Ontology-based mammography annotation and Case-based Retrieval of breast masses*. s.l.: Elsevier, 2012. *Expert Systems with Application*.
23. Kolodner, J. L. *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufmann Publishers. 1993.
24. Bello-Tomás, J. J., Gonzalez-Calero, J. A. e Diaz-Agudo, B. *JCOLIBRI: An Object-Oriented Framework for Building CBR Systems*. *Advances in Case-Based Reasoning, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/ Heidelberg*. 2004, Vol. 3155, pp. 32-46.
25. Kundu, Sanjoy and Itkin, Maxim and Gervais, Debra A and Krishnamurthy, Venkataramu N and Wallace, Michael J and Cardella, John F and Rubin, Daniel L and Langlotz, Curtis P. *The IR Radlex Project: an interventional radiology lexicon—a collaborative project of the Radiological Society of North America and the Society of Interventional Radiology*. s.l.: Elsevier, 2009. *Journal of vascular and interventional radiology*. pp. 433–435.
26. Uschold, M. e Gruninger, M. *Principles, methods and applications*. 1996, *Knowledge Engineering Review*, pp. 11:93-136.
27. Breitman, K. *Web Semântica a Internet do Futuro*. 1. s.l.: LTC - Livros Técnicos Científicos SA., 2005.
28. Meriem, B., Yamina, T. *Interpretation breast cancer imaging by using ontology*. *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology. Journal of Selected Areas in Bioengineering (JSAB)*. 2012, p. March Edition.
29. Tutac, A. E., Racoceanu, D., Putti, T., Xiong, W., Leow, W. K. and Cretu, V. *Knowledge-Guided Semantic Indexing of Breast Cancer Histopathology Images*. *Int. Conf. on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)*. 5 de 2008, pp. 27-30.
30. Genestie, C., Zafrani B., Asselain B., Fourquet A., Rozan S., Validire P., Vincent-Salomon A. and Sastre-Garau X. *Comparison of the prognostic value of Scarff-Bloom-Richardson and Nottingham histological grades in a series of 825 cases of breast cancer: major importance of the mitotic count as a component of both grading systems*. 1998, *Anticancer Res*, Vol. 18, pp. 571-6.
31. Dalton, L.W., Pinder S.E., Elston C.E., Ellis I.O., Page D.L., Dupont W.D. and Blamey R.W. *Histologic grading of breast cancer: linkage of patient outcome with level of pathologist agreement*. 2000, *Mod Pathol*, Vol. 13, pp. 730-5.
32. Rakha, E. A., Reis-Filho, J. S., Baehner, F. et al. *Breast cancer prognostic classification in the molecular era: the role of histological grade*. 4, 2010, *Breast Cancer Research*, Vol. 12, p. 207.
33. Guarino, Nicola and Poli, Roberto and others. *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing*. 1993, *In Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, in press. Substantial revision of paper presented at the International Workshop on Formal Ontology.
34. Oscar Picchi and Macedo Netto, Alessandra Alaniz and de Azevedo Marques, Paulo Mazzoncini and Baranauskas, José Augusto. *Uma Metodologia para Estruturação de Laudos Médicos usando Ontologias*. XI Workshop de Informática Médica. 2011.
35. RUCH, Patrick, BAUD, R. e GEISSBÜHLER, Antoine. *Evaluating and reducing the effect of data corruption when applying bag of words approaches to medical records*. *International Journal of Medical Informatics*. 2002, pp. v. 67, n. 1, p. 75-83.
36. Shadbolt, N., Lewis, P., Dasmahapatra, S., Duplaw, D., Hu, B., & Lewis, H. *MIAKT: Combining grid and web services for collaborative medical decision making*. *In Proceedings of AHM2004 UK eScience All Hands Meeting*. 2004.