UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM BIOENGENHARIA

JULIANA PEREIRA DE SOUZA

**Modelo de Qualidade para Desenvolvimento e Avaliação da
Viabilidade Clínica de Sistemas de Recuperação de Imagens
Médicas Baseada em Conteúdo**

São Carlos

2012

JULIANA PEREIRA DE SOUZA

**Modelo de Qualidade para Desenvolvimento e Avaliação da
Viabilidade Clínica de Sistemas de Recuperação de Imagens
Médicas Baseada em Conteúdo**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques
Coorientadora: Profª. Dra. Rosana Teresinha Vaccare Braga

São Carlos

2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S729m Souza, Juliana Pereira de
Modelo de qualidade para desenvolvimento e avaliação da viabilidade clínica de sistemas de recuperação de imagens médicas baseada em conteúdo / Juliana Pereira de Souza ; orientador Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques ; coorientadora Rosana Teresinha Vaccare Braga. São Carlos, 2012.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Sistemas de recuperação de imagens baseada em conteúdo. 2. Imagens médicas. 3. Qualidade de software. 4. Modelos de qualidade. 5. Informática médica. I. Título.

Aos meus pais, Carlos Péricles e Edina.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me abençoado com saúde necessária para que eu pudesse chegar ao final deste trabalho. Agradeço pelos pais que me foram concedidos, pois definitivamente, se não fosse por essa base, não teria conseguido. Agradeço por todas as pessoas queridas que conheci ao longo desses quatro anos, e pelas oportunidades, dificuldades e superações.

Aos meus pais que tanto amo. Ao meu pai, Carlos Péricles, serei eternamente grata por todo o esforço despendido para a minha educação, e por ter acreditado, incentivado e confiado em mim. A Ele, deixo publicado eternamente o meu pedido de desculpas pela ausência física no momento mais difícil de nossas vidas. A minha mãe, Edina, agradeço por todo amor e dedicação que tem pela nossa família, em particular, por cuidar tão bem do nosso pai. A minha irmã Luciana, agradeço pelo apoio e por ter suprido a minha ausência.

Aos meus irmãos Vera e Souza e por todos os familiares pelo incentivo quando eu mais precisei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Mazzoncini por todos os ensinamentos e oportunidades.

A minha coorientadora Profa. Dra. Rosana Braga por toda contribuição, ensinamentos e correções.

A banca de qualificação Prof. Dr. Marcello Nogueira-Barbosa e Prof. Dr. Domingos Alves e de defesa Profa. Dra. Agma Traina, Prof. Dr. Renato F. Bulcão-Neto, Prof. Dr. Antônio Pazin-Filho e Prof. Dr. Altacílio A. Nunes por todas as correções e sugestões.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Nacional de Convergência Digital (INCoD) pela oportunidade e suporte para que este trabalho fosse realizado.

Aos professores, médicos e residentes em radiologia do departamento de Clínica Médica da FMRP que participaram do experimento deste trabalho, em especial ao Prof. Dr. Jorge Elias Júnior e ao Prof. Dr. José Antônio H. Rodrigues.

A Janete Ferreira e Nathalia do PPG Interunidade em Bioengenharia por toda ajuda prestada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Grupo de Base de Dados e Imagens (GBdI) do ICMC, em especial ao Marcelo Ponciano-Silva pela amizade, incentivo e dedicação ao nosso trabalho em conjunto.

Aos meus amigos do Laboratório de Engenharia de *Software* (LabES) do ICMC, em especial ao Adriano Bezerra e Paulo Nardi por todo incentivo e amizade.

Aos meus amigos do laboratório do Centro de Ciências das Imagens e Física Médica (CCIFM) da FMRP pela amizade, incentivo e pelos momentos de descontração que jamais esquecerei: Rodrigo, Jaqueline, Henrique, Lucas, Sílvio, Eduardo, Paulo Serapião, Kátia, Gustavo, Wilker, Yago, Jessé, Janaina, Júlio, Rafael, Adilson, Luciana, Guilherme, D. Elza e Fabrícia.

Aos meus queridos amigos que encontrei em Ribeirão Preto - Vanessa, Verônica, Poliany, Cristiane, Mirna, Clélia, Rutinéia, Andréa, Kariane e Gabriela; e aos que me acompanham nessa longa jornada, desde Marília - Sílvio Sanches, Daiane, Flávia e Carla, muito obrigada pela amizade, incentivo e paciência. Vocês me mostraram o verdadeiro valor da amizade!

Ao meu namorado Eduardo Zinader por estar comigo em todos os momentos me dando força e incentivo.

E por fim, a todos aqueles que acreditaram e acreditam no meu trabalho e que direta ou indiretamente contribuíram para que este fosse concluído.

Que eu jamais me esqueça que Deus me ama infinitamente, que um pequeno grão de alegria e esperança dentro de cada um é capaz de mudar e transformar qualquer coisa, pois... A vida é construída nos sonhos e concretizada no amor!

Chico Xavier

Resumo

Souza, J. P. **Modelo de Qualidade para Desenvolvimento e Avaliação da Viabilidade Clínica de Sistemas de Recuperação de Imagens Médicas Baseada em Conteúdo.** 2012. 215 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

Com a crescente utilização de imagens médicas na prática clínica, torna-se necessária a introdução de tecnologias que garantam o armazenamento, indexação e recuperação eficaz dessas imagens. O sistema de recuperação de imagens médicas baseada em conteúdo (S-CBIR) compõe a base de tecnologias computacionais que oferecem aos usuários médicos aplicativos para apoio ao diagnóstico, sendo capaz de responder a consultas por similaridade por meio de características pictóricas extraídas das imagens médicas. Embora as pesquisas em S-CBIR tenham iniciado há quase duas décadas, atualmente existe uma discrepância em relação à quantidade de trabalhos publicados na literatura e os sistemas que, de fato, foram implementados e avaliados. Além disso, muitos protótipos vêm sendo discutidos, mas até o final da escrita desta tese, não foram encontradas evidências de que algum deles esteja disponível comercialmente. Essa limitação é conhecida pela comunidade científica da área por *gap* de aplicação. Em geral, isso ocorre devido à dificuldade dessas aplicações em superar alguns desafios, como a divergência entre os resultados obtidos automaticamente pelo sistema e aqueles esperados pelos médicos (*gap* semântico), entre outros *gaps*. Outros fatores também podem ser relatados, como a tendência da não utilização de modelos de qualidade sistematizados para o desenvolvimento dos sistemas, e a carência de modelos que sejam específicos no domínio de aplicação. Com base nesses desafios e em boas práticas de métodos, técnicas e ferramentas da Engenharia de *Software*, esta tese apresenta um Modelo de Qualidade para melhorias de S-CBIR (MQ-SCBIR), que tem por objetivo apoiar o desenvolvimento e avaliação de S-CBIR, a partir de diretrizes para aumentar o nível de qualidade, buscando a superação do *gap* de aplicação. O MQ-SCBIR foi construído com base em: evidências adquiridas por meio de uma revisão sistemática e pesquisa empírica sobre como esses sistemas vêm sendo desenvolvidos e avaliados na literatura e na prática; resultados da avaliação de um S-CBIR baseados em testes heurísticos em um ambiente real; modelos bem estabelecidos, como o *Capability Maturity Model Integration* e Melhoria de Processo do *Software* Brasileiro; e em experiências pessoais. O uso do MQ-SCBIR pode trazer benefícios para as organizações desenvolvedoras, como a redução da complexidade no desenvolvimento, incluindo a garantia de implementação de boas práticas de qualidade de *software* e práticas específicas para a superação das limitações de S-CBIR durante o processo de desenvolvimento.

Palavras-chave: Sistemas de recuperação de imagens baseada em conteúdo. Imagens médicas. Qualidade de software. Modelos de qualidade. Informática médica.

Abstract

Souza, J. P. **A quality model to develop content-based image retrieval systems and assess their clinical feasibility.** 2012. 215 f. Thesis (Doctoral) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, University of São Paulo, São Carlos, 2012.

The development of technologies for storing, indexing and recovering clinical images is paramount to support the increasing use of these images in clinical diagnostic evaluation. Content-based image retrieval systems (CBIR-S) are some of the main computational technologies which offer physicians different applications to aid diagnostic processes. They allow similarity queries by extracting pictorial features from medical images. Even though research on S-CBIR started almost two decades ago, there are discrepancies regarding the amount of studies available in the literature and the number of systems which have actually been implemented and evaluated. Many prototypes have been discussed, but up to the moment this study was completed we found no evidence that any of those systems are either commercially available or being currently used in clinical practice. This limitation is known as application gap. In general, this happens due to the difficulty to overcome some obstacles, such as the differences between the results retrieved automatically by the system and those expected by the physicians (semantic gap). Other factors can also be described, such as the tendency towards not using systematic quality models to develop these systems and the lack of specific models for this domain of application. Based on these challenges and also on best practice methods, techniques and tools from software engineering, this work presents a quality model to improve S-CBIR systems (QM-CBIRS). It strives to tackle limitations during the development process by overcoming the semantic gap. The QM-CBIRS was built upon evidence gathered by means of a systematic review on the state-of-the-art and empiric research on the development and evaluation of these systems. Apart from that, results from the assessment of a CBIR-S based on empiric tests and on diagnostic tasks in radiology and well-established software quality models, such as CMMI and the Brazilian Software Improvement Process are presented. Apart from that, results from the assessment of a CBIR-S based on empiric tests and on diagnostic tasks in radiology and well-established software quality models, such as CMMI and the Brazilian Software Improvement Process are presented. The use of QM-CBIRS might be beneficial to development teams in many ways, for example, by increasing the quality of CBIR systems and reducing complexity, thus surpassing limitations from CBIR systems during the development process.

Keywords: Content-based image retrieval systems. Medical images. Software quality. Quality models. Medical informatics.

Lista de Figuras

1	Estrutura hierárquica da área de conhecimento qualidade de <i>software</i> dividida em tópicos	29
2	Componentes do modelo CMMI-DEV	35
3	Estruturas das representações contínua e por estágios do modelo CMMI-DEV	36
4	Componentes do modelo MPS-BR	38
5	Modelo de qualidade interna e externa da ISO/IEC 9126-1	41
6	Características e subcaracterísticas da qualidade de produtos de <i>software</i> da norma ISO/IEC 25010	43
7	Características e subcaracterísticas da qualidade de uso de <i>software</i> da norma ISO/IEC 25010	43
8	Processo de condução de revisão sistemática	51
9	Arquitetura geral de S-CBIR para imagens médicas	55
10	Interface de um S-CBIR típico apresentando imagens similares recuperadas, a partir de uma imagem de referência via navegador web	60
11	<i>Gaps</i> e categorias da ontologia de <i>gaps</i> de S-CBIR	67
12	Interface da consulta do sistema Higiiia - consultando e obtendo evidência diagnóstica	73
13	Exemplo de Curvas ROC	78
14	Primeira <i>string</i> de busca referente à questão primária 1 e a suas questões secundárias	82
15	Segunda <i>string</i> de busca referente à questão primária 2 e a suas questões secundárias	82

16	Exemplos de ROIs da amostra e suas classificações de acordo com a DDSM. (a) ROI extraída de uma projeção de mamografia médio-lateral esquerda contendo uma massa associada a um tumor maligno; (b) ROI extraída de uma projeção de mamografia médio-lateral direita contendo uma massa associada a um tumor benigno; (c) ROI extraída de uma projeção de ma- mografia craniocaudal esquerda contendo uma calcificação associada a um tumor maligno; e (d) ROI extraída de uma projeção de mamografia crani- ocaudal direita contendo uma massa associada a um tumor benigno.	93
17	Arquitetura do MQ-SCBIR e seus componentes	105
18	Componentes do Modelo de Referência de S-CBIR	106
19	Modelo de arquitetura de S-CBIR	199

Lista de Gráficos

1	Precisão média de acerto do radiologista e do S-CBIR na classificação das imagens de mama	98
---	---	----

Lista de Quadros

1	Níveis de características para consultas em CBIR	56
2	Classificação BI-RADS	65
3	Tabela de Contingência	77
4	Trabalhos incluídos e analisados da revisão sistemática	84
5	Principais questões da pesquisa empírica que foram enviadas para os desenvol- vedores/pesquisadores	85
6	Requisitos do S-CBIR levantados durante a prática clínica	97
7	Relação entre os níveis de qualidade do MR-CBIR e os atributos de produto . .	120
8	Práticas Comuns do processo de Gerência de Requisitos	123
9	Prática Específica do processo de Gerência de Requisitos	123
10	GRE REI 1 - Obter entendimento dos requisitos de S-CBIR	124
11	GRE REI 2 - Avaliação dos requisitos de S-CBIR e comprometimento da orga- nização	125
12	GRE REI 4 - Atualização dos documentos e metodologia originais da Lista de Requisitos Específica de S-CBIR	125
13	GRE REI 3 - Gerenciamento de mudanças, rastreabilidade direcional, identifi- cação e correção das inconsistências dos requisitos de S-CBIR	126
14	Primeiro grupo de respostas dos radiologistas para avaliação da satisfação sobre o uso do S-CBIR na prática clínica	170
15	Segundo grupo de respostas dos radiologistas para avaliação da satisfação sobre o uso do S-CBIR na prática clínica	170
16	Relação entre os atributos de qualidade da Norma ISO/IEC 25010 e um ques- tionário para avaliar a satisfação do radiologista sob o uso do S-CBIR	171

17	Práticas comuns do processo de Desenvolvimento de Requisitos	189
18	Práticas específicas do processo de Desenvolvimento de Requisitos	189
19	DRE REI 1 - Identificação de requisitos de S-CBIR	190
20	DRE REI 2 - Especificar e priorizar requisitos	191
21	DRE REI 3 - Identificar e refinar requisitos funcionais e não funcionais de S-CBIR	192
22	DRE REI 4 - Definição das interfaces internas e externas do S-CBIR	193
23	DRE REI 5 - Estabelecer lista de requisitos específicos de S-CBIR	194
24	DRE REI 6 - Estabelecer lista de requisitos para integração de S-RES	194
25	PC do processo de Projeto e Construção do Produto	195
26	PCP REI 1 - Desenvolvimento de alternativas de soluções e critérios de seleção	196
27	PCP REI 2 - Soluções adequadas ao contexto de S-CBIR	197
28	PCP REI 5 - Implementação e verificação dos componentes do produto	197
29	PCP REI 3 - Projeto de S-CBIR	198
30	PCP REI 6 - A documentação é mantida	199
31	PCP REI 4 - Análise dos componentes do S-CBIR para a sua construção, compra ou reutilização	200
32	PC do processo de Integração do Produto	202
33	ITP REI 1 - Estratégia de integração para os componentes de S-CBIR	203
34	ITP REI 2 - Avaliação e documento dos componentes integrados do S-CBIR . .	204
35	Práticas comuns do processo de Validação	205
36	Prática específica do processo de Validação	206
37	VAL REI 1 - Selecionar produtos para validação	206
38	VAL REI 2 - Estabelecer estratégia de validação	207
39	VAL REI 3 - Identificar critérios e procedimentos para validação e estabelecer um ambiente de validação	208
40	VAL REI 4 - Execução da Validação	208

41	VAL REI 5 - Problemas são identificados e registrados	209
42	VAL REI 6 - Identificação ou validação do padrão-ouro	210
43	VAL REI 6 - Continuação - Identificação ou validação do padrão-ouro	211
44	PC do processo de Verificação	212
45	VER REI 1 - Selecionar produtos de verificação	213
46	VER REI 2 - Estabelecer estratégia de verificação	214
47	VER REI 2 - Continuação - Estabelecer estratégia de verificação	215

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT/CEE-IS	Comissão de Estudo Especial de Informática em Saúde da ABNT
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AML	do inglês <i>Archetype Modeling Language</i>
AP	Atributos de Produto do MR-SCBIR
BD	Base de Dados
BI-RADS	do inglês <i>Breast Imaging Reporting and Data System</i>
CAD	do inglês <i>Computer-Aided Diagnosis</i>
CADd	Auxílio à Detecção de Lesões
CADx	Auxílio à Classificação Diagnóstica
CBIR	do inglês <i>Content-Based Image Retrieval</i>
CCIFM	Centro de Ciências das Imagens e Física Médica - FMRP - USP
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CIA	Centro de Informações e Análises do HCFMRP
CFM	Conselho Federal de Medicina
CMMI	do inglês <i>Capability Maturity Model Integration</i>
CMMI-DEV	do inglês <i>CMMI for Development</i>
DDSM	do inglês <i>Digital Database for Screening Mammography</i>
DICOM	do inglês <i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
ES	Engenharia de <i>Software</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
GBdI	Grupo de Base de Dados e Imagens - ICMC - USP
GED	Gerenciamento Eletrônico de Documentos
HCFMRP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
HIS	do inglês <i>Hospital Information Systems</i>
ICMC	Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - USP
IEC	do inglês <i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	do inglês <i>International Organization for Standardization</i>

K-NN	do inglês <i>knearest Neighbor Query</i>
LPS	Linha de Produto de <i>Software</i>
MAM	Métodos de Acesso Métrico
MA-MPS	Método de Avaliação do MPS.BR
MA-SCBIR	Método de Avaliação de S-CBIR
MN-MPS	Modelo de Negócio do MPS.BR
MPS.BR	Melhoria de Processo do <i>Software</i> Brasileiro
MQ-SCBIR	Modelo de Qualidade para melhorias de S-CBIR
MR-MPS	Modelo de Referência do MPS.BR
MR-SCBIR	Modelo de Referência de S-CBIR
NATS	Núcleo de Avaliação e Tecnologias em Saúde
NLM	do inglês <i>National Library of Medicine</i>
PACS	do inglês <i>Picture Archiving and Communication System</i>
PAM	do inglês <i>Process Assessment Model</i>
PRM	do inglês <i>Process Reference Model</i>
QBE	do inglês <i>Query by Example</i>
QBIC	do inglês <i>Query By Image Content</i>
QS	Questões Secundárias
RAP	Resultados Esperados de Atributo de Produto do MR-SCBIR
RES	Registro Eletrônico em Saúde
RF	do inglês <i>Relevance Feedback</i>
RIS	do inglês <i>Radiology Information System</i>
ROC	do inglês <i>Receiver Operating Characteristic</i>
ROIs	do inglês <i>Regions of Interest</i>
RS	Revisão Sistemática
S-CBIR	do inglês <i>Content-Based Image Retrieval System</i>
S-RES	Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde
SBIS	Sociedade Brasileira de Informática em Saúde
SEI	do inglês <i>Software Engineering Institute</i>
SPICE	do inglês <i>Software Process Improvement and Capability dEtermination</i>
SPIRS	do inglês <i>Spine Pathology & Image Retrieval System</i>
SQuaRE	do inglês <i>Software Product Quality Requirements and Evaluation</i>
SWEBOK	do inglês <i>Software Engineering Body Of Knowledge</i>
SW-CMM	do inglês <i>Capability Maturity Model for Software</i>

TC do inglês *Technical Committee* da ISO
TISS Troca de Informação em Saúde Suplementar
UML do inglês *Unified Modeling Language*
USP Universidade de São Paulo

Sumário

1	Introdução	21
1.1	Contexto	21
1.2	Motivação	23
1.3	Objetivos	25
1.4	Organização	25
2	Qualidade de <i>Software</i>	27
2.1	Conceitos Básicos	27
2.2	Qualidade de Processo de <i>Software</i>	30
2.2.1	A Norma ISO/IEC 15504	31
2.2.2	<i>Capability Maturity Model Integration</i> - CMMI	34
2.2.3	Melhoria de Processo de <i>Software</i> Brasileiro - MPS.BR	37
2.3	Qualidade de Produto de <i>Software</i>	39
2.3.1	A Norma ISO/IEC 25000 & 9126	40
2.4	Qualidade de <i>Software</i> na Saúde	43
2.4.1	Processo de Certificação da SBIS/CFM	44
2.4.2	Comissão de Estudo Especial de Informática em Saúde da ABNT	46
2.4.3	Exemplos de Características Específicas de Qualidade para Diferentes Tipos de <i>Software</i> na Saúde	48
2.5	Engenharia de <i>Software</i> Experimental: Revisão Sistemática	49
2.6	Considerações Finais	51
3	Sistemas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo	53

3.1	Conceitos Básicos	53
3.1.1	Servidor de Imagens	54
3.1.2	Extrator de Características	56
3.1.3	Indexação e Similaridade	57
3.1.4	Interação da CBIR	58
3.2	Recuperação de Imagens Médicas	59
3.2.1	Diagnóstico Auxiliado por Computador na Radiologia	62
3.3	Desafios em CBIR	66
3.3.1	<i>Gaps</i> de Conteúdo	67
3.3.2	<i>Gaps</i> de Características	69
3.3.3	<i>Gaps</i> de Desempenho	69
3.3.4	<i>Gaps</i> de Usabilidade	69
3.4	Ferramentas de Apoio à CBIR	70
3.4.1	CBIR3 - <i>Content-Based Image Retrieval 3</i>	71
3.4.2	SPIRS - <i>Spine Pathology & Image Retrieval System</i>	72
3.4.3	A Ferramenta - Higiiia	72
3.5	Avaliação do Desempenho	74
3.5.1	Precisão e Revocação	75
3.5.2	Curvas ROC - <i>Receiver Operating Characteristic</i>	75
3.6	Considerações Finais	78
4	Estratégia de Pesquisa: da Revisão Sistemática à Pesquisa Empírica	79
4.1	Revisão Sistemática da Literatura	80
4.1.1	Materiais e Métodos	80
4.1.2	Resultados da Revisão Sistemática	82
4.2	Pesquisa Empírica	83
4.2.1	Materiais e Métodos	83

4.2.2	Resultados da Pesquisa Empírica	86
4.3	Discussão	88
4.4	Considerações Finais	89
5	Avaliação de um Sistema CBIR na Radiologia	91
5.1	Materiais e Métodos	92
5.1.1	Base de Imagens Digitais em Mamografia	92
5.1.2	Sistema CBIR	93
5.1.3	Teste de Desempenho do S-CBIR como CAD na Radiologia	94
5.1.4	Teste de Satisfação dos Radiologistas	95
5.2	Resultados e Discussão	96
5.2.1	Avaliação do Desempenho CAD na Radiologia	96
5.2.2	Avaliação da Satisfação dos Radiologistas	99
5.3	Considerações Finais	100
6	MQ-SCBIR: Modelo de Qualidade para Melhorias de Sistemas CBIR	102
6.1	Descrição Geral	103
6.2	Arquitetura do MQ-SCBIR	104
6.3	MR-SCBIR: Modelo de Referência de S-CBIR	105
6.3.1	Níveis de Qualidade	105
6.3.2	Aspectos de S-CBIR no MQ-SCBIR	109
6.3.3	Atributos de Produto	115
6.3.4	Descrição Detalhada dos Processos	120
6.4	MA-SCBIR: Método de Avaliação de S-CBIR	126
6.5	Considerações Finais	128
7	Conclusões	130
7.1	Principais Contribuições	131

7.2 Limitações e Trabalhos Futuros	132
Referências	134
Apêndice A – <i>Quality Evaluation of Content-Based Medical Image Retrieval Systems: a systematic review applied to HTA</i>	149
Apêndice B – <i>Medical Image CBIR Systems Research at the University of São Paulo/Brazil</i>	151
Apêndice C – Ofício de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP - USP	157
Apêndice D – Aplicação de Descritores de <i>Haralick</i> para Caracterização de Padrões Radiológicos de Doenças	159
Apêndice E – <i>A Proposal of a Reference Model for the Assessment of Content-Based Medical Image Retrieval Systems Focused on Computer-Aided Diagnosis Applications</i>	164
Apêndice F – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	166
Apêndice G – Questionário de Avaliação para S-CBIR	168
Apêndice H – Aplicação de Linha de Produto de <i>Software</i> no Desenvolvimento de um Arcabouço para a Área da Saúde: um relato de experiência	172
Apêndice I – Avaliação da Qualidade de Sistemas de Recuperação de Imagens Médicas a partir de Conteúdo: para além do <i>gap</i> semântico	179
Apêndice J – Análise de <i>Gaps</i> e Características de Sistemas de Recuperação de Imagens Médicas para o Estabelecimento de um Modelo de Qualidade	181
Apêndice K – MR-SCBIR: Processos e Componentes Associados	188

1 *Introdução*

1.1 Contexto

Com a crescente utilização de imagens médicas na prática clínica para avaliações do diagnóstico, investigação de doenças e educação, uma grande quantidade de dados é gerada diariamente em Instituições de Saúde, em especial, as imagens digitais (HSU et al., 2009). No setor radiológico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP), são realizados aproximadamente 144.000 exames radiológicos por ano e, em 2011, foram produzidos mais de 13 milhões de imagens digitais.

Com o objetivo de auxiliar na análise e manipulação desses dados digitais, buscando a organização e o armazenamento eficiente da grande quantidade de dados, as Instituições de Saúde tendem a investir em Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES¹), como os Sistemas de Informação Hospitalar (*Hospital Information Systems* - HIS), que tratam de informações relacionadas ao atendimento do paciente (seu estado de saúde e procedimentos médicos adotados), fatores financeiros e gestão de recursos (negócios e operações estratégicas de um hospital) (PERREAULT; OHNO-MACHADO, 2003); Sistemas de Informação em Radiologia (*Radiology Information Systems* – RIS), que tratam de informações referentes aos exames radiológicos (pedidos e suas justificativas) e aos laudos associados (MORIOKA et al., 2005); e Sistemas de Comunicação e Armazenamento de Imagens (*Picture Archiving and Communication Systems* – PACS), que têm proporcionado um avanço no armazenamento e organização das imagens geradas nos hospitais (QI; SNYDER, 1999; MORIOKA et al., 2005; HUANG, 2010).

Basicamente, o objetivo desses S-RESs é promover o tratamento adequado das informações dos pacientes, inclusive fazer com que essas informações fiquem mais acessíveis aos profissionais da saúde, buscando sempre a qualidade e eficiência no atendimento ao paciente. Em contrapartida, a quantidade de dados que são inseridos e armazenados nes-

¹S-RES é um sistema para registro, recuperação e manipulação das informações de um Registro Eletrônico em Saúde (RES). Um RES é um repositório de informação a respeito da saúde de indivíduos, em uma forma processável eletronicamente (CFM; SBIS, 2009a).

ses sistemas criou um novo desafio para a indexação e recuperação eficaz da informação (HSU et al., 2009).

A tecnologia PACS contribui para superar parte deste desafio. Além de ser um mecanismo para gerenciamento de imagens médicas (HUANG, 2010), PACS apoia a recuperação de imagens através de busca por determinadas palavras-chaves (QI; SNYDER, 1999) (por exemplo, identificador exclusivo de pacientes e campos presentes no cabeçalho da imagem), com o objetivo de acessar as imagens desejadas. No entanto, o principal interesse dos médicos é o conteúdo visual da imagem ao invés dos índices de textos associados especificados na imagem em formato alfanumérico (LEHMANN et al., 2003; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

O conteúdo da imagem é um ponto crucial em sistemas de recuperação de imagens baseada em conteúdo - S-CBIR (*Content-Based Image Retrieval* - CBIR). Basicamente, S-CBIRs podem auxiliar os médicos, em especial os especialistas em radiologia, no diagnóstico de uma imagem, com base nas evidências mais confiáveis recuperadas do relacionamento da imagem a ser tratada (imagem de referência) em comparação com as imagens de um repositório. Desta forma, por meio das características pictóricas extraídas das imagens, como cor, textura e forma, recuperam-se as imagens mais semelhantes visualmente a uma determinada imagem de referência de um banco de dados próprio (SMEULDERS et al., 2000).

Na literatura encontram-se evidências de que S-CBIR integrado ao PACS torna-se uma tecnologia promissora para a classe de S-RES (QI; SNYDER, 1999; LEHMANN et al., 2003). Outras aplicações também são indicadas, como o diagnóstico auxiliado por computador (Computer-Aided Diagnosis - CAD), na sigla em inglês) (LONG et al., 2009; ZHENG, 2009), educação, ensino e pesquisa (AGGARWAL; SARDANA; JINDAL, 2009; WELTER et al., 2011), radiologia baseada em evidências (STAUNTON, 2007), recuperação de informação médica móvel (DEPEURSINGE et al., 2012), entre outras.

Apesar dessas inovações, bem como dos benefícios identificados em diferentes domínios de imagens médicas e esforços na construção de protótipos (DEPEURSINGE et al., 2011), até a escrita desta tese não constam publicações e relatos de algum S-CBIR que esteja disponível comercialmente ou em uso na prática clínica. As razões são múltiplas e grande parte delas vem sendo discutida progressivamente, inicialmente representadas por características do S-CBIR (MÜLLER et al., 2004; MULLER et al., 2005; MÚLLER et al., 2005), com

evolução para quebras/deficiências (DESERNO; ANTANIB; LONG, 2007; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009), (comumente conhecido como *gaps*², em inglês).

1.2 Motivação

Dada a importância da aplicação de S-CBIR em uma Instituição de Saúde, por contribuir positivamente no diagnóstico de um paciente, S-CBIR para imagens médicas é considerada a aplicação mais complexa e importante para a recuperação de informação (MÜLLER et al., 2004; LONG et al., 2009).

A tecnologia CBIR por ser categorizada como S-RES, isto é, sistemas complexos por manipular informações de pacientes, como também por apoiar o CAD, para ter a aceitação dos usuários médicos e da própria Instituição de Saúde, torna-se imprescindível o cuidado no tratamento de certas características ou *gaps* do sistema durante o seu desenvolvimento.

O *gap* semântico³ é um exemplo proeminente, considerado o *gap* mais clássico pela comunidade científica da área (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999; SMEULDERS et al., 2000; MÜLLER et al., 2004). Atualmente, na literatura encontram-se estudos mais recentes e sistemáticos que cobrem o *gap* semântico, como a antologia de *gaps* (DESERNO; ANTANIB; LONG, 2007; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009), que define 14 *gaps* classificados em quatro grandes grupos (conteúdo, características, desempenho e usabilidade) e sete características do sistema que podem ser utilizadas para análise e avaliação desses sistemas.

Em Depeursinge et al. (DEPEURSINGE et al., 2011), apresentam-se outros aspectos importantes que ajudam a responder porque os S-CBIRs ainda não foram implantados na prática clínica. Entre eles, destaca-se a necessidade de algumas melhorias, tais como: arquiteturas, princípios e interfaces mais genéricas, integração com sistemas de informação hospitalar em vários níveis (*gap* de integração) (WELTER et al., 2011) e interação do usuário com base no aprimoramento dos fluxos de trabalho clínicos e interfaces (DEPEURSINGE et al., 2012), como também novas aplicações tecnológicas, como interfaces baseadas em web (DEPEURSINGE et al., 2012).

Todos esses aspectos, se não tratados, justificam a discrepância existente entre a proliferação das metodologias - em processamento de imagem e reconhecimento de padrões - e protótipos publicados na literatura e a falta desses na prática clínica. Em Deserno

²Um *gap* representa uma quebra ou descontinuidade em algum aspecto importante de uma característica do sistema, medindo a variação entre um possível valor potencial até o valor real alcançado pela característica (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

³O *gap* semântico refere-se à descontinuidade entre as características de baixo nível extraídas das imagens automaticamente e a interpretação do usuário (os seus conteúdos semânticos associados) (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999; SMEULDERS et al., 2000; MÜLLER et al., 2004).

et al., (2009), essa limitação é definida como *gap* de aplicação, e é a principal motivação deste trabalho.

Além dos *gaps* apresentados, outros aspectos importantes, para a implantação nas Instituições de Saúde, também podem ser cumpridos durante o desenvolvimento de S-CBIR, como o tratamento de certos requisitos para a regulamentação exigida por órgãos e instituições governamentais (ou não governamentais), como por exemplo, no Brasil tem-se o Processo de Certificação de S-RES (CFM; SBIS, 2009a), criado pela Sociedade Brasileira de Informática em Saúde⁴ (SBIS) juntamente com o Conselho Federal de Medicina (CFM) e o Compêndio Normativo Jurídico aplicado às áreas de tecnologia de dispositivos médicos (ANVISA, 2011), fornecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária⁵ (ANVISA), e nos Estados Unidos da América, indica-se o Administração de Alimentos e Medicamentos (*Food and Drug Administration* - FDA).

Contudo, percebe-se também que esses S-CBIRs não vêm sendo desenvolvidos com base nas melhores práticas de Engenharia de *Software*⁶, como por exemplo, modelos de qualidade⁷. Geralmente, isso ocorre porque a pesquisa científica nesta área ainda está centralizada somente na investigação (definição e implementação) de um novo método de processamento de imagens, e não necessariamente no uso de modelos para garantir a qualidade em outra perspectiva.

Dessa forma, o estabelecimento de metodologias que apoiem o desenvolvimento dessas aplicações, que atendam aos aspectos importantes desses sistemas, como os *gaps* e os requisitos do processo de certificação de S-RES da SBIS/CFM, que sejam baseados em modelos de qualidade bem estabelecidos, como o modelo internacional *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) e o modelo nacional denominado Melhoria de Processo do *Software* Brasileiro (MPS.BR), pode elevar a qualidade de desenvolvimento dessas aplicações, bem como a do S-CBIR propriamente dito e, conseqüentemente, atingir a maturidade necessária para superar o *gap* de aplicação, isto é, a implantação efetiva destas aplicações em Instituições de Saúde.

⁴Disponível em www.sbis.org.br/. Acesso em 31/10/2012

⁵<http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>

⁶A Engenharia de *Software* é uma área de conhecimento da Ciência da Computação que fornece uma estrutura para a construção de *software* com alta qualidade, por meio de seus processos, métodos e ferramentas (PRESSMAN, 2006).

⁷Modelos de qualidade são documentos utilizados para apoiar a qualidade do processo ou produto de *software* com base em diretrizes bem estabelecidas para adotar um determinado processo, bem como para elaborar, avaliar ou melhorar um novo processo de desenvolvimento ou produto de *software*. Os MQ de processo que mais se destacam na literatura são: normas ISO/IEC 12207 (ISO/IEC 12207:2008, 2008) e 15504 (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004) e os modelos CMMI (SEI, 2006) e MPS-BR (SOFTEX, 2011d).

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é definir um modelo de qualidade que forneça diretrizes para o desenvolvimento de S-CBIR no domínio médico, contribuindo, assim, com melhorias para aumentar o nível de qualidade dessas aplicações. Como mencionado anteriormente, uma série de limitações de S-CBIR vem sendo discutida na literatura, que se não tratadas adequadamente, podem impactar o seu uso na prática clínica. Neste sentido, este modelo visa a cobrir grande parte dessas limitações em seus níveis de qualidade e durante o processo de desenvolvimento.

Para atingir o objetivo geral, apresentam-se como objetivos específicos:

- Levantar evidências sobre métodos que vêm sendo utilizados, pela comunidade científica da área, para avaliação e desenvolvimento de S-CBIR em aplicações médicas, com ênfase nas boas práticas da Qualidade de *Software*.
- Levantar dados sobre a qualidade esperada dos usuários médicos do S-CBIR em relação a sua aplicação na prática clínica em um ambiente real. A partir disso, e com base em tarefas diagnósticas controladas, aplicar testes para verificar o desempenho do sistema no ponto de vista CAD; e para avaliar a satisfação do radiologista em utilizar o sistema.

1.4 Organização

Neste capítulo foram apresentados o contexto no qual este trabalho se insere, as motivações para a sua realização e os objetivos a serem alcançados.

No Capítulo 2, apresenta-se uma análise inicial da literatura. Inicialmente é apresentada uma visão geral a respeito da Engenharia de *Software*, especificamente a Qualidade de *Software*, modelos de qualidade para melhorias de processo e produto, entre outras iniciativas nacionais e internacionais para qualidade de *software* na área da saúde. Além disso, apresenta-se uma metodologia com base na Engenharia de *Software* Experimental, com destaque para a revisão sistemática e um processo para a sua condução.

No Capítulo 3, a revisão da literatura é complementada com os principais conceitos sobre S-CBIR para imagens médicas, enfatizando-se principalmente as aplicações em CAD, desafios que ainda precisam ser superados, ferramentas de apoio e metodologias de avaliação.

No Capítulo 4, descrevem-se uma estratégia de pesquisa referente a uma revisão sistemática e uma pesquisa empírica que buscaram responder quais metodologias vêm sendo adotadas para apoiar o desenvolvimento e a avaliação de S-CBIR em aplicações médicas. A metodologia, resultados e discussão dessa estratégia são apresentados nesse capítulo.

No Capítulo 5, descreve-se uma avaliação de um S-CBIR realizada no setor radiológico do HCFMRP. Com base em tarefas diagnósticas controladas, dois testes foram aplicados, referentes ao desempenho do S-CBIR no ponto de vista CAD e satisfação dos radiologistas. A metodologia, os resultados e a discussão desses testes são apresentados nesse capítulo.

No Capítulo 6, apresenta-se a definição do modelo de qualidade para melhorias de S-CBIR. Basicamente, nesse capítulo é descrita toda a arquitetura do modelo, bem como os seus componentes - modelo de referência , método de avaliação e todos os conceitos relacionados.

Por fim, no Capítulo 7, apresentam-se as conclusões e os trabalhos futuros desta tese.

2 *Qualidade de Software*

Esta tese foi baseada em duas linhas de pesquisas abrangentes: qualidade de *software* e Sistema de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo (S-CBIR). Para melhor entendimento, neste capítulo são apresentados os conceitos de qualidade de *software* que foram utilizados como fundamentação teórica para a construção do modelo de qualidade apresentado no Capítulo 6. A revisão bibliográfica é complementada e finalizada no Capítulo 3, com a descrição dos conceitos de S-CBIR.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 2.1, apresentam-se os conceitos básicos sobre qualidade de *software*. Na Seção 2.2, descrevem-se modelos de qualidade na visão de processos. Na Seção 2.3, apresentam-se modelos de qualidade baseados em produtos. Na Seção 2.4, descrevem-se algumas iniciativas de qualidade de *software* na área da saúde. Na Seção 4.1, apresentam-se, brevemente, conceitos sobre revisão sistemática sob a perspectiva da engenharia de *software* experimental (área relacionada que também contempla a qualidade de *software*). Por fim, na Seção 2.6, são mostradas as considerações finais deste capítulo.

2.1 Conceitos Básicos

A Engenharia de *Software* (ES) é uma área do conhecimento da computação voltada para a especificação, desenvolvimento e manutenção de sistemas de *software*¹, com maior garantia de alta qualidade e baixo custo (PRESSMAN, 2006). Basicamente, a ES pode ser definida como “a aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável para o desenvolvimento, operação e manutenção do *software*. Inclui o estudo de abordagens e princípios a fim de obter economicamente *softwares* confiáveis e que executem de forma eficiente nas máquinas reais” (ISO/IEC 2382-1:1993, 1993).

¹ *Software* é o conjunto completo ou apenas uma parte dos programas, procedimentos, regras e documentação associada de um sistema (computacional) de processamento de informação (ISO/IEC 2382-1:1993, 1993).

A ES foi classificada pelo Corpo de Conhecimento de Engenharia de *Software* (SWE-BOK², da sigla em inglês) em onze áreas de conhecimento (BOURQUE; DUPUIS, 2004): requisitos, gerência de engenharia, projeto, métodos e ferramentas de engenharia, construção, processo de engenharia, testes, qualidade, manutenção, disciplinas relacionadas e gerência de configuração.

A qualidade de *software* é uma dessas onze áreas, que objetiva garantir a qualidade por meio da definição e normatização de processos de desenvolvimento. De acordo com a norma ISO 9000 (2005), definida pela *International Organization for Standardization*³ (ISO), qualidade é o “grau no qual um conjunto de características inerentes a um produto, processo ou sistema atende requisitos inicialmente estipulados para estes”. Pressman (2006) complementa como a “conformidade com requisitos funcionais e de desempenho explicitamente declarados, normas de desenvolvimento explicitamente documentadas e características implícitas, que são esperadas em todo *software* desenvolvido profissionalmente”.

Mesmo que o SWEBOK tenha declarado a qualidade de *software* como uma área de conhecimento específica, vale ressaltar que essa área contempla e relaciona-se com todas as outras áreas e subáreas da ES. Na Figura 1, apresenta-se a estrutura hierárquica da área de qualidade definida pelo SWEBOK.

Conforme mostrado por Pressman (2006) na definição de qualidade, estar em conformidade com os requisitos especificados significa seguir um processo de desenvolvimento (projetá-lo, codificá-lo, testá-lo e mantê-lo) com base em técnicas e ferramentas específicas para cada fase do processo, no qual o resultado do produto final seja equivalente à pretensão definida inicialmente pelo usuário final do sistema. Vale ressaltar que a “qualidade do requisito” especificado deve ser levada em conta, de tal maneira que as questões de “como são especificados”, “com base em que fundamentação”, e “por quem” são fundamentais para o alcance desta qualidade.

Além dos requisitos de *software*, existem outros aspectos importantes para medir e definir a qualidade, como a aderência a padrões e/ou modelos de qualidade, que definem um conjunto de critérios de desenvolvimento que orientam a maneira segundo a qual o *software* passa pelo trabalho de engenharia, além dos requisitos implícitos, que geralmente

²SWEBOK é um produto de uma comissão internacional de especialistas conduzido no âmbito da Sociedade da Computação IEEE (ABRAN et al., 2001). Disponível em <http://www.computer.org/portal/web/swebok>. Acesso em: 08/10/2012.

³ISO organização não governamental, estabelecida em 1947, e que coordena o trabalho de órgãos de 127 países-membros para promover a padronização de normas técnicas em âmbito mundial. Disponível em <http://www.iso.org/iso/home.html>. Acesso em: 08/10/2012.

Figura 1 - Estrutura hierárquica da área de conhecimento qualidade de *software* dividida em tópicos (KOSCIANSKI; SOARES, 2007)

não são especificados inicialmente. Dessa forma, para a obtenção da qualidade, os critérios devem ser seguidos sistematicamente, e os requisitos implícitos devem ser atendidos.

Basicamente, a qualidade de *software* também relaciona-se aos pontos de vista das pessoas envolvidas. Por exemplo, para o usuário final, a qualidade é focada principalmente na usabilidade do sistema, como a facilidade de uso, além dos requisitos atendidos corretamente. Para o desenvolvedor, a qualidade fica mais voltada às características internas do *software*, como a legibilidade, testabilidade e manutenibilidade. Já para o gerente do projeto, a qualidade do produto não pode ser desvinculada dos interesses da organização, como os custos e prazos.

Além disso, pode-se dizer que a qualidade depende do domínio da aplicação, tal que cada domínio possui características específicas que devem ser consideradas atributos fundamentais para medição da qualidade. Por exemplo, um sistema que possui muita interação com o usuário deve ser fácil de usar, já sistemas de missão crítica não precisam necessariamente tratar dessa questão, porém, eles necessitam se comportar com precisão.

A qualidade deve ser incorporada ao produto a partir do início do processo (e não somente no produto final, após a finalização do processo). Geralmente, o produto é visto como uma sequência de produtos intermediários que são construídos, de forma dependente e sequencial, ao longo de todo o processo. Dessa forma, cada produto intermediário tem

certos atributos de qualidade que podem afetar a qualidade do produto intermediário da próxima fase do processo, até afetar a qualidade do produto final.

Segundo Tsukumo et al. (1997), a qualidade do produto está diretamente relacionada à qualidade do processo de desenvolvimento. Sendo assim, é comum que a busca por um *software* de mais qualidade passe necessariamente por melhorias no processo de desenvolvimento.

Com a demanda por qualidade de produto através da melhoria de qualidade de *software*, a comunidade de *software* tem se motivado na elaboração de modelos de qualidade (modelos de definição, avaliação e melhoria dos processos de *software*). Segundo Tsukumo et al. (1997), esses modelos podem ser orientados em duas visões: processo e produto.

A visão de processo refere-se à avaliação e à melhoria dos processos utilizados para o ciclo de vida do *software*⁴. A visão de produto refere-se à avaliação de um produto de *software* para verificação de sua qualidade. Sendo assim, ambas as visões objetivam garantir a qualidade do *software*. Por outro lado, as duas visões são distintas quando utilizam técnicas e métodos específicos, mas são complementares, uma vez que a visão do processo dá uma expectativa de geração de produtos melhores (TSUKUMO et al., 1997).

Nas seções 2.2 e 2.3, apresentam-se modelos de qualidade que representam as duas visões, de qualidade de processo e de qualidade de produto, respectivamente. Embora o modelo de qualidade proposto neste trabalho tenha sido construído com base em modelos de qualidade de processo, algumas de suas atividades foram baseadas na qualidade de produto.

2.2 Qualidade de Processo de *Software*

A visão da qualidade de processo de *software* tem como objetivo tratar da qualidade dos processos utilizados para o desenvolvimento. Dessa maneira, essa visão aborda a avaliação e a melhoria dos processos do ciclo de vida de desenvolvimento de *software* (TSUKUMO et al., 1997).

Segundo Pressman (2006), um processo de *software* é “um arcabouço para as tarefas que são necessárias para construir *software* de alta qualidade. Dessa forma, o processo define a abordagem adotada quando o *software* é elaborado”. Além disso, a ES também inclui tecnologias que constituem um processo, como métodos e ferramentas automati-

⁴O ciclo de vida de um *software* designa todas as etapas do desenvolvimento de um *software*, da sua concepção ao seu desaparecimento (ou até ficar sem uso algum).

zados. Sommerville (2007) contempla essa definição como “o processo é um conjunto de atividades e resultados associados que produzem um produto de software”.

A partir dessas definições, um processo de *software*-padrão pode ser visto como um conjunto de atividades, métodos, ferramentas e práticas que são utilizados para construir um produto de *software*. Pressman (2006) apresenta um conjunto de cinco atividades de um arcabouço de processo-padrão, que são: Comunicação, Planejamento, Modelagem, Construção e Implantação. Esse arcabouço é aplicável à grande maioria de projetos de *software*, independentemente do tamanho, complexidade do sistema e domínio de aplicação. Entretanto, os detalhes que fazem parte das atividades do processo, como por exemplo ferramentas e métodos, poderão ser diferentes para cada domínio de aplicação, entre vários outros fatores.

Na definição de um processo de *software*, devem ser consideradas as seguintes informações: atividades a serem realizadas, recursos necessários, artefatos⁵ requeridos e produzidos, procedimentos adotados e o modelo de ciclo de vida (ou modelo prescritivo de processo⁶). A visão de qualidade de processo orientou a elaboração de Modelos de Qualidade, que agregam essas informações, para a elaboração, avaliação e melhorias dos processos de desenvolvimento de *software*. Os modelos utilizados neste trabalho, como a norma ISO/IEC 15504⁷ (2004); e os modelos CMMI (2010a) e MPS.BR (2011d), estão descritos nas seções 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, respectivamente.

2.2.1 A Norma ISO/IEC 15504

A norma ISO/IEC 15504 apresenta uma estrutura para avaliação de processos de *software*, para a melhoria contínua do processo e a determinação da sua capacidade (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004).

Essa norma pode ser aplicada em duas vertentes: para melhoria do processo - feita por organizações que buscam melhorias internas; e para determinação da capacidade -

⁵Na Engenharia de *Software*, define-se artefato como um subproduto concreto produzido durante o desenvolvimento de *software*, como diagramas da *Unified Modeling Language* (UML), requisitos, documentos de projeto, entre outros. Artefatos de *software* são vitais para o processo de desenvolvimento, sendo necessário tratá-los de uma maneira adequada e com o objetivo de evitar o surgimento de problemas (PRESSMAN, 2006).

⁶Os modelos de ciclo de vida de *software* (ou modelos prescritivos de processo) definem um conjunto distinto de atividades, ações, tarefas, marcos e produtos de trabalho que são necessários para fazer ES com alta qualidade (PRESSMAN, 2006). Os modelos mais conhecidos denominam-se Cascata, Incremental, Evolucionário e Unificado.

⁷*International Electrotechnical Commission* (IEC), fundada em 1906, conta com a participação de mais de 50 países e publica normas internacionais relacionadas com eletricidade, eletrônica e áreas relacionadas. Disponível em <http://www.iec.ch/>. Acesso em: 09/10/2012.

feita por terceiros, ao realizarem contratos de prestação de serviços ou fornecimento de produtos (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004).

O início da norma ISO/IEC 15504 refere-se a um estudo, realizado a partir de 1991 pelo grupo da ISO, sobre a necessidade de uma norma para avaliação de processos de *software*. Em 1993, esse estudo resultou no projeto *Software Process Improvement and Capability dEtermination* (SPICE), que teve como objetivos auxiliar o início do projeto de norma, executar testes de campo para obter dados de experiências práticas e despertar o mercado para o surgimento da futura norma. Em 1998, foi publicada a primeira versão da norma SPICE (como Relatório Técnico), que teve o projeto encerrado em 2003, sendo substituído pelo SPICE *Network*. Com isso, o acrônimo à norma ISO/IEC 15504 tornou-se efetivo definitivamente (KOSCIANSKI; SOARES, 2007). A seguir, apresentam-se as suas principais características, que diferenciam da versão anterior (Relatório Técnico do projeto SPICE):

- É uma norma internacional;
- É genérica, não sendo mais dedicada exclusivamente a *software*;
- Introduz o conceito de Modelo de Referência de Processo, que é externo à norma;
- Para ser aplicada ao *software*, deve ser complementada pela ISO/IEC 12207 (2008), considerando suas emendas 1 e 2 (ISO/IEC 12207:1995/Amd 1:2002, 2002; ISO/IEC 12207:1995/Amd 2:2004, 2004).

Atualmente, essa norma é composta por cinco partes:

1. **Conceitos e vocabulários (informativa⁸):** Provê uma introdução geral aos conceitos de avaliação de processos e um glossário de termos relacionados à avaliação (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004);
2. **Estrutura *framework* do processo de avaliação (normativa⁹):** Define requisitos normativos para a realização de uma avaliação de processo e para modelos de processo em uma avaliação, e define uma infraestrutura de medição para avaliar a capacidade de processo. Essa infraestrutura de medição define nove atributos de processo, agrupados em seis níveis de capacidade de processo (ISO/IEC 15504-2:2003, 2003);

⁸Informativo é a parte do material que somente informa, ou seja, não estabelece obrigação de execução.

⁹A parte normativa serve como regra que deve ser seguida para estar de acordo com os requisitos da norma.

3. **Recomendações para realização de uma avaliação (informativa):** Provê orientações para interpretar os requisitos mínimos para a realização de uma avaliação objetivando diminuir a subjetividade da interpretação da norma por meio de guias que descrevem, em maiores detalhes, a norma (ISO/IEC 15504-3:2004, 2004);
4. **Recomendações para melhoria de processos e determinação de capacidade (informativa):** Provê orientações para a utilização de resultados de uma avaliação de processo para propósitos de melhoria de processo e de determinação da capacidade de processo (ISO/IEC 15504-4:2004, 2004).
5. **Um exemplo de aplicação baseado na ISO/IEC 12207 (informativa):** Con-tém um exemplo de modelo de avaliação de processo que é baseado no modelo de processo de referência definido na ISO/IEC 12207 e suas emendas 1 e 2 (ISO/IEC 15504-5:2004, 2004).

Para atingir os dois objetivos dessa norma (melhoramento ou avaliação de processos), dois elementos devem ser precisamente definidos: os processos e uma escala de medida.

Para a definição de processos, a norma fornece o conceito denominado Modelo de Referência de Processo (*Process Reference Model* - PRM). O PRM, descrito na emenda 1 da norma ISO/IEC 12207 (2002), apresenta uma descrição de escopo e requisitos que estabelecem os resultados esperados da execução de cada processo. Dessa forma, pode-se avaliar se os objetivos do processo serão alcançados.

Para realizar uma medição, define-se um modelo de medição (*Process Assessment Model* - PAM), que identifica elementos da organização a serem examinados. Para cada processo ele define dois indicadores: prática-base e artefatos produzidos. Esses elementos são utilizados na “dimensão de processo” que se limita à verificação da execução ou não dos processos. Já a “dimensão de capacidade”, outra dimensão de avaliação, permite uma avaliação detalhada dos processos executados por uma organização. O PAM define seis níveis de capacidade para os processos: Nível 0 - Incompleto; Nível 1 - Executado; Nível 2 - Gerenciado; Nível 3 - Estabelecido; Nível 4 - Previsível; e Nível 5 - Otimizado (ISO/IEC 15504-2:2003, 2003).

Neste trabalho, a norma ISO/IEC 15504 contribuiu como base para a definição do método de avaliação de Sistemas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo (S-CBIR) apresentado no Capítulo 6.

2.2.2 *Capability Maturity Model Integration* - CMMI

O *Capability Maturity Model for Software* (SW-CMM ou apenas CMM) (PAULK, 1991), desenvolvido pelo *Software Engineering Institute*¹⁰ (SEI) no final da década de 1980, é entendido como um modelo de capacitação de arquitetura em estágios, que serve de referência para avaliar a maturidade dos processos de uma organização. Ao longo de uma década, o CMM tornou-se o modelo de qualidade mais conhecido, usado e respeitado pela comunidade de ES.

Basicamente, o CMM caracteriza-se por ser baseado nas experiências reais de organizações bem-sucedidas no desenvolvimento de *software*, isso faz com que as práticas recomendadas sejam eficientes e eficazes e reflitam melhor o estado da arte, não se constituindo, portanto, de um modelo meramente teórico.

O *Capability Maturity Model Integration*¹¹ (CMMI) é uma integração de vários modelos, como o CMM, para unificação dos diferentes tipos de padrões, bem como uma evolução do CMM.

Enquanto o CMM enfoca melhorias na organização como um todo, por meio de pequenos passos evolutivos (caminho de melhorias), o CMMI complementa esse enfoque com a capacitação em uma determinada área de processo (como a norma ISO/IEC 15504).

Neste contexto, além do CMM, o CMMI é compatível e consistente com a norma ISO/IEC 15504. O CMMI, desenvolvido pelo SEI no ano 2000, consiste nas melhores práticas relativas às atividades de desenvolvimento e manutenção aplicadas a produtos e serviços.

A arquitetura do modelo CMMI apoia várias constelações¹² e permite o compartilhamento das melhores práticas entre constelações e seus modelos. As constelações são definidas como: para Desenvolvimento - refere-se ao processo de desenvolvimento de produtos e serviços (Software Engineering Institute, 2010a); para Serviços - refere-se aos processos de empresas prestadoras de serviços (Software Engineering Institute, 2010c); e para Aquisição - refere-se aos processos de aquisição e terceirização de bens e serviços (Software Engineering Institute, 2010b).

O CMMI para Desenvolvimento (CMMI-DEV, da sigla em inglês), constelação utilizada neste trabalho, é um modelo de referência que contém práticas para os modelos de Gestão de Projeto, Gestão de Processo, Engenharia de Sistemas, Engenharia de *Hardware*,

¹⁰Disponível em <http://www.sei.cmu.edu/>. Acesso em: 09/10/2012.

¹¹Disponível em <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>. Acesso em: 09/10/2012.

¹²Uma Constelação no CMMI consiste em um conjunto de componentes utilizados para atender a uma área de interesse específica da organização (Software Engineering Institute, 2010a).

ES e outros processos de suporte utilizados em desenvolvimento e manutenção. Basicamente, este trabalho foi baseado no modelo de ES desta constelação, e contribuiu com práticas específicas de S-CBIR, conforme apresentado no Capítulo 6.

Na Figura 2, ilustram-se os componentes do CMMI-DEV e como eles se relacionam. A partir de 22 áreas de processos, bem como dos componentes das áreas de processo (metas e práticas genéricas e específicas, entre outros), o CMMI-DEV apresenta um guia que possibilita abordar melhoria, utilizando duas representações: contínua e por estágios.

Figura 2 - Componentes do modelo CMMI-DEV (Software Engineering Institute, 2010a)

Na representação por estágios, as organizações podem melhorar um conjunto de processos inter-relacionados e, de forma incremental, tratarem sucessivos conjuntos de áreas de processo. Esse caminho de melhoria é caracterizado por cinco níveis de maturidade: Nível 1 - Inicial; Nível 2 - Gerenciado; Nível 3 - Definido; Nível 4 - Gerenciado Quantitativamente; e Nível 5 - Em Otimização. Cada nível de maturidade contém um conjunto de áreas de processos que caracterizam diferentes comportamentos organizacionais (Software Engineering Institute, 2010a).

Na representação contínua, representação escolhida para apoiar o modelo de qualidade proposto neste trabalho, as organizações podem melhorar, de forma incremental, os processos correspondentes a uma ou mais áreas de processos individualmente selecionados pela organização. Essa representação é composta por seis níveis de capacidade para caracterizar a melhoria associada a uma área de processo em particular: Nível 0 - Incom-

pleto; Nível 1 - Executado; Nível 2 - Gerenciado; Nível 3 - Definido; Nível 4 - Gerenciado Quantitativamente; e Nível 5 - Em Otimização (Software Engineering Institute, 2010a).

Na Figura 3, é possível visualizar as diferenças nas estruturas das representações contínua e por estágios: enquanto a representação por estágios utiliza níveis de maturidade, a representação contínua utiliza níveis de capacidade. Entretanto, embora as representações proporcionem níveis diferentes, elas têm os mesmos componentes, e esses componentes têm a mesma hierarquia e configuração. Portanto, pode-se considerar que as representações são equivalentes, mas cabe às organizações escolherem a mais apropriada para as suas necessidades.

Figura 3 - Estruturas das representações contínua e por estágios do modelo CMMI-DEV (Software Engineering Institute, 2010a)

Geralmente, as organizações optam pela representação por estágios quando o foco da melhoria for na maturidade organizacional como um todo e melhorias nos processos de *software*. Já na representação contínua, as organizações buscam flexibilidade em capacitar

áreas específicas de processo para implementação de melhorias. Em ambas as representações, para alcançar um determinado nível, uma organização deve satisfazer a todas as metas associadas à área de processo ou ao conjunto de áreas de processo que constituem o alvo para melhoria (Software Engineering Institute, 2010a).

Para facilitar o uso da representação contínua, as áreas de processos são organizadas em quatro categorias: Gestão de Processo, Gestão de Projeto, Engenharia e Suporte. Essas categorias enfatizam o entendimento da interação entre os processos. A categoria Engenharia, abordada neste trabalho, refere-se às atividades de desenvolvimento e manutenção das diversas disciplinas de engenharia, neste caso a Engenharia de *Software*. A categoria Engenharia é composta por seis áreas de processos: Desenvolvimento de Requisitos, Gestão de Requisitos, Solução Técnica, Integração do Produto, Validação e Verificação. Com a escolha desta representação, este trabalho pode enfatizar melhorias no desenvolvimento de S-CBIR durante a implementação destas seis áreas de processos relacionadas a ES.

2.2.3 Melhoria de Processo de *Software* Brasileiro - MPS.BR

O modelo de qualidade denominado Melhoria de Processo de *Software* Brasileiro¹³ (MPS.BR) (SOFTEX, 2011d), criado em 2003 por instituições brasileiras¹⁴, visa a atender às necessidades de micro, pequenas e médias empresas de *software* brasileiro, para implantar os princípios de ES de forma adequada, seguindo as principais abordagens internacionais para definição, avaliação e melhoria de processos de *software*.

O MPS.BR foi desenvolvido com base nas normas ISO/IEC 12207 (2008), ISO/IEC 15504 (2004) e CMMI (2010a), considerando a realidade do mercado brasileiro. O diferencial do MPS-BR é apresentar possibilidades de “miniavaliações”, como passo preparatório para uma avaliação CMMI. Basicamente, houve uma reorganização dos níveis de maturidade 2 e 3 do CMMI com a inclusão de estágios intermediários (algo como um nível 2,5 e outro 3,5, além dos cinco níveis já previstos do CMMI).

Além disso, este modelo baseia-se nos conceitos de maturidade e capacidade de processo, já definidos no CMMI, para a avaliação e melhoria da qualidade e produtividade de produtos de *software* e serviços correlatos. No MPS.BR, estes conceitos de maturidade e capacidade são implementados juntos, em uma perspectiva semelhante à representação por estágios, ao contrário do CMMI, que são implementados separados, de acordo com a representação escolhida (estágios ou contínua).

¹³Disponível em http://www.softex.br/mpsbr/_home/default.asp. Acesso em: 09/10/2012.

¹⁴Instituições brasileiras como empresas (SOFTEX, Riosoft, CESAR), governo (CenPRA e CELEPAR) e universidades (COOPE/UFRJ).

Conforme apresentado na Figura 4, o MPS.BR é composto por três componentes: Modelo de Referência (MR-MPS), Método de Avaliação (MA-MPS) e Modelo de Negócio (MN-MPS). Cada componente é descrito por meio de documentos em formato de guias:

- **Guia Geral:** contém a descrição geral do MPS.BR e detalha o MR-MPS, seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação (SOFTEX, 2011d);
- **Guia de Aquisição:** descreve um processo de aquisição de *software* e serviços correlatos. É descrito como forma de apoiar as instituições que queiram adquirir produtos de *software* e serviços correlatos apoiando-se no MR-MPS (SOFTEX, 2011a);
- **Guia de Avaliação:** descreve o processo e o MA-MPS, os requisitos para avaliadores líderes, avaliadores adjuntos e instituições avaliadoras (SOFTEX, 2011b);
- **Guia de Implementação:** série de onze documentos que fornecem orientações para implementar nas organizações os níveis de maturidade descritos no MR-MPS (SOFTEX, 2011c).

Figura 4 - Componentes do modelo MPS-BR (SOFTEX, 2011d)

Conforme será apresentado no Capítulo 6, o modelo de qualidade proposto foi construído com base no MR-MPS e no MA-MPS, mais especificamente no Guia Geral, Guia de Implementação e no Guia de Avaliação.

No Guia Geral, encontra-se a definição dos níveis de maturidade, tais como: A - Em Otimização; B - Gerenciado quantitativamente; C - Definido; D - Largamente Definido;

E - Parcialmente Definido; F - Gerenciado; e G - Parcialmente Gerenciado. Além disso, neste guia apresenta-se a descrição da capacidade dos processos, representada através de atributos de processos e resultados esperados, e também uma descrição resumida dos processos e seus resultados esperados (SOFTEX, 2011d).

As práticas estabelecidas nos níveis de maturidade dos processos do MR-MPS são as mesmas definidas no CMMI. Entretanto, devido às normas originárias dos modelos, algumas diferenças são notadas. Por exemplo, no MR-MPS não existe o conceito de representação contínua. O modelo segue, em típicos níveis de maturidade, a evolução do processo, caracterizando estágios de melhoria da implementação de processos na organização. Cada nível de maturidade estabelece uma parte importante do processo da organização. O conceito de capacidade de processo é caracterizado como a habilidade do processo em alcançar os objetivos de negócio, atuais e futuros; estando relacionada com o atendimento aos atributos de processo associados aos processos de cada nível de maturidade.

Os 19 processos definidos no MR-MPS são descritos em termos de propósito e resultados esperados. Os seguintes processos foram utilizados no modelo proposto deste trabalho: Gerência de Requisitos, Desenvolvimento de Requisitos, Projeto e Construção do Produto, Integração do Produto, Validação e Verificação. Além disso, documentos do Guia de Implementação referente a esses processos, bem como o Guia de Avaliação, também foram utilizados durante a construção do modelo proposto.

Para alcançar um determinado nível de maturidade do MR-MPS, a organização deve ter atendido a todos os propósitos e a todos os resultados esperados dos respectivos processos e os resultados esperados dos atributos de processo estabelecidos para aquele nível (SOFTEX, 2011d).

2.3 Qualidade de Produto de *Software*

A qualidade de um produto de *software* é resultante das atividades realizadas no processo de desenvolvimento. Avaliar a qualidade de um produto de *software* é verificar, através de técnicas e atividades operacionais, o quanto os requisitos são atendidos. Dessa maneira, além de representar as necessidades em termos quantitativos e qualitativos, os requisitos têm por objetivo definir as características de um *software*, a fim de permitir a avaliação de seu entendimento.

Neste contexto, conforme visto anteriormente, a qualidade do produto de *software* depende fortemente da qualidade do processo de desenvolvimento. Entretanto, um processo

definido com base em normas de qualidade não garante que o produto do *software* será de qualidade. Mas indica que a organização é capaz de produzir bons produtos. Por outro lado, um bom processo não agrega valor para o usuário, que está interessado unicamente na qualidade do produto.

A visão de qualidade de produto de *software*, segundo a norma ISO 8402 (1986), refere-se à “totalidade das características que sustenta sua habilidade em satisfazer necessidades declaradas ou implícitas”. Segundo a norma ISO/IEC 12207 (2002), um produto de *software* “compreende os programas e procedimentos de computador e a documentação e dados associados, que foram projetados para serem liberados para o usuário”. Dessa forma, todo e qualquer artefato relacionado ao projeto do *software* e liberado ao usuário pode ser considerado um produto de *software*.

Na lista a seguir estão descritas as principais normas orientadas a produto. Entretanto, conforme mostrado a seguir, a série da norma ISO/IEC 25000 (2005) (conhecido também como o Modelo SQuaRE), mas especificamente a norma ISO/IEC 25010 (2011), apresenta características de qualidade importantes para o contexto do modelo de qualidade proposto neste trabalho, conforme será apresentado no Capítulo 6.

- **Norma ISO/IEC 25000 (2005):** Define características de qualidade (para requisitos e avaliação) que devem estar presentes em todos os produtos de *software*;
- **Norma ISO/IEC 12119 (1994):** Estabelece os requisitos de qualidade e testes de pacotes de *software* (*software* de prateleira, vendido como um produto embalado);
- **Norma ISO/IEC 14598-5 (1998):** Define um processo de avaliação da qualidade de produto de *software*.

2.3.1 A Norma ISO/IEC 25000 & 9126

Com base em tentativas anteriores para a definição de qualidade de *software* (MCCALL; RICHARDS; WALTERS, 1977; BOEHM; SYSTEMS; ENERGY, 1978), a ISO e a IEC publicaram a norma ISO/IEC 9126 (2001) em quatro partes. Por meio de características e métricas de qualidade relacionadas, essas partes definem um modelo de qualidade que tem por objetivo servir de referência básica na avaliação de produto de *software*. A seguir, estão descritas as quatro partes dessa norma.

- **Modelo de Qualidade:** contém diretrizes que descrevem o uso das características de qualidade para a avaliação da qualidade do produto de *software* (ISO/IEC 9126-1:2001 , 2001);

- **Métricas Externas:** proveem medições externas para medir atributos das características definidas na parte anterior (ISO/IEC TR 9126-2:2003, 2003);
- **Métricas Internas:** de forma semelhante à segunda parte, proveem medições internas (ISO/IEC TR 9126-3:2003, 2003);
- **Qualidade no Uso da Métrica:** define qualidade no uso de medições, para medição das características ou das subcaracterísticas (ISO/IEC TR 9126-4:2004, 2004).

As medições internas medem o próprio *software*, por meio de avaliações de documento de especificação, verificação de modelos, ou análise estática do código-fonte. As medições externas medem o comportamento do sistema baseado em computador que inclui o *software*, no qual a qualidade refere-se às propriedades do *software* interagindo com o meio ambiente. Em contrapartida, a qualidade no uso das medições dimensiona os efeitos do uso do *software* em um contexto específico de uso. Dessa maneira, a qualidade em uso refere-se à qualidade percebida por um usuário final que executa um produto de *software* em um contexto específico.

A primeira parte do modelo especifica seis características amplas (funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, sustentabilidade e portabilidade) para qualidade interna e externa. Cada característica é subdividida em subcaracterísticas. Além disso, cada característica/subcaracterística compõe um atributo de Qualidade do *software*. Estas subcaracterísticas, como mostrado na Figura 5, são manifestadas externamente, quando o *software* é utilizado como parte de um sistema computacional, e são resultantes de atributo interno do *software*.

Figura 5 - Modelo de qualidade interna e externa da ISO/IEC 9126-1 (2001)

A norma ISO/IEC 9126 foi evoluída, juntamente com a norma ISO/IEC 14598, para a nova série da norma ISO/IEC 25000 (*Software Product Quality Requirements and Eva-*

luation - SQuaRE) (ISO/IEC 25000:2005, 2005). Basicamente, o núcleo principal da norma ISO/IEC 25000 é dividido pelas seguintes partes:

- **ISO/IEC 2500n – Divisão Gestão da Qualidade:** Composta pela ISO/IEC 25000:2005 - *Guide to SQuaRE* e ISO/IEC 25001:2007 - *SQaRE Planning and management*.
- **ISO/IEC 2501n – Divisão Modelo de Qualidade:** Composta pela ISO/IEC 25010:2011 - *System and software quality models* e ISO/IEC 25012:2008 - *SQuaRE - Data quality model*. A ISO/IEC 25010 substitui a ISO/IEC 9126-1.
- **ISO/IEC 2502n – Divisão Medição da Qualidade:** Composta pela ISO/IEC 25020:2007 - *SQuaRE Measurement reference model and guide*, ISO/IEC TR 25021:2012 *SQuaRE - Quality measure elements*, entre outras normas desta série (ISO/IEC 25022, ISO/IEC 25023 e ISO/IEC 25024). A norma ISO/IEC 25020 é baseada na ISO/IEC 9126-1, e as normas ISO/IEC 25022, 25023 e 25024 substituem as normas 9126-2, 9126-3 e 9126-4, respectivamente.
- **ISO/IEC 2503n – Divisão Requisitos de Qualidade:** Composta pela ISO/IEC 25030:2007 - *SQuaRE Quality requirements*.
- **ISO/IEC 2504n – Divisão Avaliação da Qualidade:** Composta pela ISO/IEC 25040:2011 - *SQuaRE Evaluation process*, ISO/IEC DIS 25041 - *SQuaRE Evaluation guide for developers, acquirers and independent evaluators* e ISO/IEC 25045:2010 *SQuaRE Evaluation module for recoverability*.
- **ISO/IEC 2505n:** Composta pela ISO/IEC 25051:2006 - *SQuaRE Requirements for quality of Commercial Off-The-Shelf (COTS) software product and instructions for testing* e ISO/IEC 25051:2006/Cor 1:2007.
- **ISO/IEC 2506n:** Composta pela ISO/IEC TR 25060:2010 - *SQuaRE – Common Industry Format (CIF) for usability: General framework for usability-related information*, ISO/IEC 25062:2006 - *SQuaRE – Common Industry Format (CIF) for usability test reports*, ISO/IEC CD 25063 - *SQuaRE - Common industry Format for Usability: Context of use description* e ISO/IEC CD 25064 - *SQuaRE - Common industry Format for Usability: User needs report*.

Conforme descrito anteriormente, essas divisões são compostas de normas, harmonicamente integradas, que detalham os tópicos relacionados à especificação e avaliação da qualidade de produtos de *software*.

A norma ISO/IEC 25010 incorpora as mesmas características de qualidade de *software* da ISO/IEC 9126-1, mas com algumas alterações, como por exemplo, novas características foram adicionadas (Compatibilidade e Segurança) e renomeadas (Funcionalidade para Adequação Funcional), e novas subcaracterísticas foram adicionadas (Completeness Funcional na característica Adequação Funcional) e movidas para outro local (Interoperabilidade para a característica Compatibilidade). Nas figuras 6 e 7, ilustram-se as características e subcaracterísticas da norma ISO/IEC 25010 agrupadas em qualidade de produto e de uso de *software*, respectivamente.

Figura 6 - Características e subcaracterísticas da qualidade de produtos de *software* da norma ISO/IEC 25010 (2011)

Figura 7 - Características e subcaracterísticas da qualidade de uso de *software* da norma ISO/IEC 25010 (2011)

2.4 Qualidade de *Software* na Saúde

Com a demanda pelo uso de processos de *software* como boa prática de ES para produtos com mais qualidade, novos modelos têm sido construídos, e os existentes têm sido evoluídos, criando novas versões dos modelos genéricos. No entanto, adaptar modelos

genéricos não é uma atividade trivial (MAGEE; THIELE, 2004). Assim, várias iniciativas estão em andamento para desenvolver modelos específicos de domínio (CASS et al., 2004). Além disso, há também iniciativas como a *Enterprise SPICE*¹⁵ que, com base na integração da norma ISO/IEC 15504 e outras, visam a estabelecer modelos de avaliação dentro de um contexto específico.

No trabalho de Wangenheim et al. (2010a), apresentam-se resultados de uma revisão sistemática sobre questionamentos da construção e uso de modelos de capacidade/maturidade de processos de *software*. Tais resultados demonstraram que mesmo com a grande quantidade crescente de modelos que estão sendo desenvolvidos, a grande maioria deles não utiliza metodologias sistematizadas para a construção e validação do processo, como normas de qualidade e desempenho, bem como de aplicação de revisões sistemáticas para melhor conhecimento do problema. Essa falta de conhecimento ou uso inadequado de metodologias de qualidade para criação de modelos indica uma área que ainda está em desenvolvimento, como também implica no desenvolvimento de processo dentro de um domínio específico. Por outro lado, esse estudo mostrou que além da evolução de novas versões de modelos existentes, a personalização de modelos para domínios específicos é uma tendência clara.

A seguir, estão descritos alguns trabalhos/pesquisas em desenvolvimento na área de qualidade de *software* na saúde.

2.4.1 Processo de Certificação da SBIS/CFM

Com base na demanda de solicitações e nas necessidades das Instituições em Saúde pela legalidade da utilização de sistemas informatizados, para capturar, armazenar, manipular e transmitir dados do atendimento em saúde, o Conselho Federal de Medicina (CFM), através da Câmara Técnica de Informática em Saúde e Telemedicina, estabeleceu convênio de cooperação técnica com a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS¹⁶) desenvolvendo um processo de certificação de sistemas de informática em saúde (CFM; SBIS, 2009a). Esse processo destina-se, genericamente, a Sistemas de Registro Eletrônico de Saúde (S-RES).

Basicamente, o processo de certificação SBIS/CFM foi definido com base em resoluções do CFM, normas ISO, colaboração e tradução de normas ISO pela Comissão Especial de

¹⁵Disponível em www.enterprisespice.com. Acesso em: 09/10/2012.

¹⁶A SBIS tem a missão de promover o desenvolvimento e o intercâmbio das ideias e dos resultados nos campos devotados às tecnologias de informação aplicadas às Ciências da Saúde (Informática Médica, Telemedicina, Bioinformática, Engenharia Biomédica, entre outros). Disponível em <http://www.sbis.org.br/>. Acesso em: 09/10/2012.

Informática em Saúde da ABNT descrita na próxima seção, entre outros conceitos e normas nacionais e internacionais, todos específicos da área de Informática em Saúde.

Atualmente, o processo de certificação da SBIS/CFM fornece dois manuais:

- **Manual de Certificação para S-RES:** Apresenta o histórico de trabalho entre a SBIS e o CFM, todo o processo de certificação, bem como o embasamento teórico utilizado para desenvolver os requisitos a serem verificados. Tais requisitos estão classificados em 56 Requisitos de Segurança; 114 Requisitos de Estrutura, Conteúdo e Funcionalidades para S-RES Assistencial; 6 Requisitos para Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED¹⁷); e 66 Requisitos para Troca de Informação em Saúde Suplementar (TISS¹⁸), totalizando 243 requisitos para a verificação/certificação (CFM; SBIS, 2009a).
- **Manual Operacional de Ensaio e Análises para Certificação de S-RES:** Apresenta o detalhamento de todas as rotinas (“*scripts*”) que devem ser executadas durante a auditoria de um S-RES para a verificação da conformidade aos requisitos estabelecidos no Manual de Certificação (CFM; SBIS, 2009b).

Visto que o objetivo principal é somente a certificação, isto é, a verificação da conformidade dos requisitos do S-RES com os requisitos estabelecidos no Manual de Certificação, os autores não utilizaram normas (específicas ou não) que apoiem o desenvolvimento ou melhorias nos processos, na construção do seu processo de certificação. Entretanto, o processo da SBIS/CFM pode ser utilizado para empresas de desenvolvimento, como um modelo de referência durante a construção de um S-RES. Neste contexto, nota-se a necessidade de uma adequação no processo da SBIS/CFM, com base em normas específicas de qualidade de *software*, que mostre a evolução dos requisitos sob o contexto das melhores práticas de desenvolvimento.

O modelo de qualidade, definido no Capítulo 6, contribuiu com o processo de certificação da SBIS/CFM, com diretrizes que descrevem como os requisitos podem ser tratados durante o processo de desenvolvimento de S-CBIR.

¹⁷Sistemas GED são utilizados para o armazenamento e visualização de documentos relacionados à informação de saúde (CFM; SBIS, 2009a).

¹⁸Categoria dirigida ao atendimento do padrão TISS da Agência Nacional de Saúde Suplementar. Inúmeros S-RES, especialmente aqueles em uso por operadoras de planos de saúde e prestadores de serviços de saúde, são obrigados a trocar informações usando o TISS. Atende também aos aplicativos de comunicação (“empresas de conectividade”) que realizam a troca de informações entre Operadoras e Prestadores (CFM; SBIS, 2009a).

2.4.2 Comissão de Estudo Especial de Informática em Saúde da ABNT

A Comissão de Estudo Especial de Informática em Saúde da ABNT (ABNT/CEE-78 Informática em Saúde), espelho do Comitê Técnico (*Technical Committee* - TC) de Informática em Saúde da ISO (ISO/TC 215¹⁹), foi criada em 2006 com o propósito de estabelecer um conjunto de normas técnicas para informática em saúde no Brasil, contribuindo, assim, com o desenvolvimento e qualidade de sistemas e padrões na área da Saúde. De maneira resumida, a ABNT/CEE-78 Informática em Saúde aborda a normalização no campo das tecnologias de informação e comunicação em saúde com o objetivo de adquirir compatibilidade e possibilitar a interação operacional entre sistemas independentes.

Da mesma forma como ocorre com os *Working Groups* da ISO/TC 215, a Comissão se organiza em Grupos de Trabalho (GT), que concentram processos de normalização de características semelhantes: GT1 – Arquitetura; GT2 - Interoperabilidade de Sistemas e Dispositivos; GT3 - Conteúdo Semântico; GT4 - Segurança da Informação e do Paciente; e GT5 - Grupo de Cartões.

A seguir apresentam-se as normas que já foram ou estão sendo tratadas pela Comissão, juntamente com o *status*²⁰ atual de trabalho.

Normas que foram publicadas:

- ABNT NBR 15985:2011 - Informática em saúde - Identificação dos indivíduos em saúde.
- ABNT ISO/TR 12309:2011 - Informática em saúde - Diretrizes para o desenvolvimento organizacional de terminologias.
- ABNT NBR 20301:2012 - Informática em saúde - Cartões de saúde - Características gerais.
- ABNT ISO/TR 17119:2008 - Informática na saúde - *Framework* para estabelecimento de perfis em informática em saúde.
- ISO/TR 20514:2008 - Informática em saúde - Registro eletrônico de saúde - Definição, escopo e contexto.

¹⁹Disponível em http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=54960. Acesso em: 09/10/2012.

²⁰*status* verificado até o final da escrita desta tese

Normas que foram enviadas para Consulta Nacional (em revisão para posterior publicação):

- ISO 21549-2 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente Parte 2: objetos comuns.
- ISO 21549-3 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente Parte 3: dados clínicos resumidos.
- ISO 21549-4 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente Parte 4: dados clínicos estendidos.
- ISO 21549-5 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente - Parte 5: dados De Identificação.
- ISO 21549-6 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente Parte 6: dados administrativos.
- ISO 18308 Informática em Saúde - Requisitos para uma Arquitetura do Registro Eletrônico em Saúde.

Normas que estão em revisão e elaboração pelo GT1:

- Elaboração da NBR Sumário de Alta.
- ISO 13606-1 Informática em Saúde - Comunicação de Registros Eletrônicos - Parte 1 - Modelo de Referência.
- ISO 14639-1 *Capacity-based ehealth architecture roadmap Part 1: Overview of national ehealth initiatives.*
- ISO 14639-2 *Capacity-based ehealth architecture roadmap — Part 2: Architectural components.*

Contribuição na ISO pelo GT2:

- Informática em Saúde - Critérios de Qualidade para Serviços e Sistemas de Teles-saúde.

Norma que está em estudo pelo GT3:

- ISO/PDTR 12310 Princípios e Diretrizes para a medida de conformidade na implementação de sistemas Terminológicos.

Contribuição na ISO pelo GT4 (indicação de especialista brasileiro)

- DTS 14441²¹ - Informática em Saúde - Requisitos de Segurança e Privacidade para Testes de Conformidade em Sistemas de RES.

Norma em estudo e tradução pelo Grupo de Cartões – GT5

- ISO 21549-7 Informática em Saúde - Dados do Cartão de Saúde do Paciente – parte 7: dados de medicação.

2.4.3 Exemplos de Características Específicas de Qualidade para Diferentes Tipos de *Software* na Saúde

Com o avanço na tecnologia de informação na área da saúde, torna-se imprescindível a garantia de qualidade em S-RES, uma vez que falhas nesse tipo de aplicação, considerada crítica, podem acarretar graves danos pessoais ou, até mesmo, perda de vidas humanas.

Os produtos de *software* em domínios de aplicação específico e as diferentes tecnologias utilizadas no desenvolvimento desses produtos implicam características específicas que determinam a qualidade desses produtos (ROCHA; MALDONADO; WEBER, 2001). Sendo assim, para a medição de qualidade ou qualquer outra atividade relacionada, como a construção de modelos de qualidade, devem ser consideradas as características específicas dos diferentes tipos de *software*. Geralmente, essas características podem ser adquiridas por meio de conhecimento de especialistas, através de técnicas de elicitação de requisitos²².

Na literatura, encontram-se algumas características de qualidade de diferentes tipos de S-RES. A seguir, apresentam-se alguns desses exemplos que têm sido vistos pelos desenvolvedores como características especiais a serem tratadas por S-RES e que podem complementar as características da norma ISO/IEC 25010 (2011).

- **Sistemas de Informação Hospitalares:** Em Carvalho (1997), no grupo da característica Utilizabilidade encontra-se a característica Usabilidade contendo duas subcaracterísticas (Disponibilidade da informação e Concorrência);

²¹Norma que tem a liderança do Brasil. Está em votação internacional, e é a norma mais importante para o processo de certificação SBIS/CFM.

²²No Capítulo 6, apresentam-se exemplos de técnicas de elicitação de requisitos, e sugere-se a mais adequada no contexto de S-RES.

- **Sistema de Prontuário Médico Eletrônico:** Em Carvalho (1997) e Grisoli (1999), no grupo da característica Utilizabilidade encontra-se a característica Usabilidade contendo quatro subcaracterísticas (Naturalidade, Estabilidade de dados, Estrutura de prontuário e Apresentação uniforme dos dados do paciente);
- **Sistemas Especialistas:** Em Oliveira et al. (1995), a característica Usabilidade não foi especificada, porém, encontram-se outras características no grupo Utilizabilidade, como a Manutenibilidade contendo a subcaracterística Evolutibilidade;
- **Telemedicina:** Em Lima (1999), foi estabelecido que devem ser consideradas todas as características de sistemas de prontuário eletrônico, dado que a telemedicina inclui requisitos desse tipo de sistema. Além disso, foram estabelecidas características específicas relacionadas à capacidade do sistema em localizar e disponibilizar as informações do paciente obtidas ao longo do tempo em qualquer dos locais que compõem a rede de assistência médica integrada, facilidade de acesso, segurança, entre outros aspectos;
- **Sistemas de Acesso Público para Educação de Paciente:** Em Valle et al. (1997), no grupo da característica Utilizabilidade, encontra-se a característica Usabilidade contendo seis subcaracterísticas, como por exemplo, a Facilidade de localização da informação, Motivação, Evidência de inicialização, entre outras.

No contexto de S-CBIR, conforme descrito na Seção 3.3, destacam-se também os trabalhos de Deserno et al. (2009) e Antani et al. (2008) com as categorias e aspectos de cada *gap* (*gaps* de conteúdo, *gaps* de característica, *gaps* de desempenho e *gaps* de usabilidade) como características de qualidade que podem ser tratadas nesse tipo de sistema.

2.5 Engenharia de *Software* Experimental: Revisão Sistemática

Engenharia de *software* experimental (conhecida também ou relacionada à ES Empírica) é um subdomínio da ES com foco em experimentos em sistemas de *software* (produtos de *software*, processos e recursos). Conforme apresentado no Capítulo 4, essa metodologia será utilizada neste trabalho para caracterizar e avaliar os objetivos propostos (vide Seção 1.3 do Capítulo 1), bem como adquirir conhecimento, entendimento e representar uma avaliação justa sobre a pesquisa em questão.

Com a diversidade do ferramental fornecido pela ES e dos contextos associados, os desenvolvedores precisam de subsídios de custos, riscos e dos benefícios desse ferramental

para a tomada de decisão. Muitos problemas na transferência de conhecimento da ciência para a indústria são decorrentes de decisões baseadas em opiniões e crendices, e não em dados objetivos (BASILI et al., 1995).

Segundo Basili et al. (1995) e Travassos et al. (2002), métodos, técnicas, linguagens e ferramentas não deveriam apenas ser sugeridos, publicados ou apresentados para venda sem experimentação e validação. Estudos experimentais devem ser utilizados como um mecanismo para adquirir conhecimento através de uma abordagem científica com base na medição dos fenômenos (TRAVASSOS et al., 2008). Conradi et al. (2001) complementam que a experimentação pode proporcionar uma base de conhecimento para reduzir incertezas sobre quais teorias, ferramentas e metodologias são adequadas, como também descobrir novas áreas de pesquisa ou conduzir as teorias para direções promissoras.

Existem dois tipos de estudos complementares que vêm sendo amplamente usados na comunidade científica, os estudos primários (estudos controlados, estudos de caso e *surveys*) e os estudos secundários (revisão sistemática).

Estudos primários têm sido usados para avaliar e caracterizar uma determinada tecnologia em uso ou ferramental da ES dentro de um contexto específico. Os estudos primários atuam também como fonte de informação para os estudos secundários que têm como objetivo identificar, avaliar e interpretar todos os resultados relevantes sobre um item de pesquisa ou fenômeno (SJOBERG; DYBA; JORGENSEN, 2007).

Um estudo de caso é um estudo de observação que consiste em uma pesquisa de um fenômeno contemporâneo em um contexto real (SJOBERG; DYBA; JORGENSEN, 2007). Já os estudos controlados, também conhecidos como experimentos controlados, caracterizam-se por um processo que tem início a partir da Definição do experimento passando pelo Planejamento, Operação, Análise e Interpretação, Apresentação e Empacotamento (WOHLIN et al., 2000).

Por outro lado, a revisão sistemática tem como objetivo apresentar uma avaliação justa a respeito de um tópico de pesquisa, fazendo uso de uma metodologia de revisão que seja confiável, rigorosa e que permita auditoria (KITCHENHAM, 2004).

A revisão sistemática foi adotada inicialmente na área da saúde, principalmente na Medicina no final da década de 1980, devido ao crescente número de publicações da área sem metodologia apropriada, bem como a necessidade de investigação científica, como síntese e geração de evidências médicas. Assim, a revisão sistemática foi proposta para reunir dados e informações de diferentes fontes sobre um tema de pesquisa científica, tornando-se possível avaliar e integrar de maneira planejada e criteriosa essas evidências

disponíveis, mas isoladas, além de gerar conclusões da confrontação ou combinação de resultados desses estudos diferentes (KITCHENHAM, 2004).

A revisão sistemática é uma abordagem sistemática da revisão da literatura, no entanto, para a condução desse tipo de pesquisa, um protocolo deve ser previamente estabelecido, e seus passos devem ser bem definidos, planejados e seguidos sistematicamente (BIOLCHINI et al., 2005).

Kitchenham (2004) iniciou estudos de revisão sistemática na área de ES. Esse trabalho pioneiro apresenta as diferenças de aplicação da técnica original da Medicina quando empregada na ES, traçando um paralelo entre as áreas. Como resultado, relata-se que a Medicina possui um número maior de estudos experimentais e utiliza métodos de pesquisas mais rigorosos (MAFRA; TRAVASSOS, 2006), o que explica o crescente avanço da pesquisa em Medicina nas últimas décadas. Além disso, observa-se, como ponto crítico, a avaliação da qualidade dos estudos experimentais, principalmente por falta de um padrão nessa perspectiva.

Biolchini et al. (2005) sugerem um processo para condução de revisões sistemáticas, como tentativa de padronização, que define um modelo de protocolo de revisão para pesquisadores da ES baseado nas diretrizes iniciais propostas por Kitchenham 2004.

Na Figura 8, ilustra-se o modelo de processo de Biolchini et al. (2005) que se caracteriza por três etapas: Planejamento da Revisão, Condução e Análise dos Resultados. O empacotamento envolve todo o processo e consiste no armazenamento dos dados operacionais de cada uma das fases.

Figura 8 - Processo de condução de revisão sistemática (BIOLCHINI et al., 2005)

2.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados conceitos e abordagens relativas à qualidade de *software*. É notado que para melhorar a qualidade de um sistema computacional, em especial sistemas na área da saúde que são considerados críticos, modelos de qualidade

podem ser seguidos durante o desenvolvimento do sistema. Desta forma, é possível garantir que práticas e diretrizes adequadas e bem estabelecidas foram cumpridas. Tais modelos contribuem com melhorias nos processos de desenvolvimento, como o CMMI e MPS.BR, bem como no produto propriamente dito, como a norma ISO/IEC 25010.

Algumas iniciativas de qualidade de *software* na área da saúde, como o processo de certificação da SBIS/CFM e algumas normas ISO relacionadas a S-RES, apresentam basicamente os requisitos funcionais e não funcionais que um S-RES precisa ter para ser considerado com mais qualidade, e não como evoluir esses requisitos no processo de desenvolvimento, ou então em como tratar determinadas limitações específicas de um S-RES no processo de desenvolvimento. Por outro lado, os modelos de qualidade existentes, como o CMMI e a ISO/IEC 15504, são muito abrangentes e, também, não cobrem características específicas de uma determinada aplicação.

Para a definição de um modelo de qualidade específico, conforme apresentado no Capítulo 6, o entendimento das características e limitações específicas da aplicação é essencial. Neste contexto, o próximo capítulo descreve os principais conceitos de S-CBIR, em especial a sua arquitetura, aplicações e desafios (limitações específicas desta aplicação), que formaram a fundamentação teórica para a construção do modelo de qualidade proposto.

3 *Sistemas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo*

S-CBIR é uma linha de pesquisa que foi utilizada nesta tese como fundamentação teórica para o cumprimento de todos os objetivos apresentados no Capítulo 1. Assim, para melhor entendimento, neste capítulo apresentam-se os principais conceitos e o estado da arte de S-CBIR. O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 3.1, apresentam-se os conceitos básicos de S-CBIR e um exemplo de arquitetura e componentes relacionados. Na Seção 3.2, descrevem-se conceitos de S-CBIR no domínio médico e algumas aplicações. Na Seção 3.3, apresentam-se os principais desafios e limitações de S-CBIR encontrados na literatura. Na Seção 3.4, apresentam-se alguns protótipos de S-CBIR, em especial a ferramenta Higgia que foi utilizada neste trabalho. Na Seção 3.5, descrevem-se medidas de avaliação de S-CBIR que são frequentemente utilizadas pela comunidade científica da área. Por fim, na Seção 3.6, apresentam-se as considerações finais deste capítulo.

3.1 Conceitos Básicos

S-CBIR refere-se à recuperação de imagens cujos conteúdos são similares à imagem de referência (conhecida também como imagem de consulta ou imagem de amostra¹), utilizando informações derivadas das próprias imagens, representadas por seu conteúdo intrínseco², ao invés de contar com índices de textos associados ou anotações externas (LI C.T. WEI; WILSON, 2006; LIU et al., 2007).

A técnica CBIR foi proposta para superar limitações encontradas na recuperação da associação de texto descritivo às imagens armazenadas em grandes bancos de dados de imagens (QI; SNYDER, 1999; EL-NAQA et al., 2004). Tais limitações referem-se aos esforços

¹Neste trabalho será utilizado o termo **imagem de referência** para representar a imagem fornecida pelo usuário como objeto de consulta.

²O termo **conteúdo intrínseco** diz respeito às características visuais próprias das imagens, como cor, textura, forma, posição espacial de elementos ou de regiões, entre outros (TORRES; AO, 2006).

de inserção manual das informações, dado que muitas dessas informações são subjetivas, variando de acordo com o entendimento da pessoa que as inclui.

Na CBIR, a recuperação de imagens em grandes bancos de dados é realizada sem a utilização das chaves de busca tradicionais, baseadas em números ou textos, como nome do paciente, data do exame ou mesmo uma descrição da imagem. Sendo assim, as chaves de busca são atributos numéricos extraídos de forma automatizada das respectivas imagens.

As características quantitativas da imagem, calculadas automaticamente por meio de técnicas de extração de características, são utilizadas para caracterizar o conteúdo da imagem e para sua comparação. Dessa forma, a imagem de referência é comparada com as imagens do banco de dados com base nas características extraídas. Mediante solicitação do usuário, que geralmente aponta a imagem de referência, o sistema exibe as imagens do banco de dados que possuem a mais alta similaridade em relação à imagem de referência (EL-NAQA et al., 2004). O termo “similaridade” é muito importante, pois evidencia que o resultado da busca será sempre uma aproximação, e não uma identidade. Esse conceito de consulta, denominado *Query by Example* (QBE), foi proposto por Niblack (1993) quando apresentou o sistema de consulta por conteúdo de imagem (*Query By Image Content* - QBIC) no início da década de 1990.

Na literatura, encontram-se vários exemplos de arquitetura de sistema³ CBIR (TANG; HANKA; IP, 1999; QI; SNYDER, 1999; SMEULDERS et al., 2000; TRAINA; ROSA; JR, 2003; MÜLLER et al., 2004; LEHMANN et al., 2005). Esses exemplos apresentam a arquitetura como módulos ou componentes de *software*⁴ bem definidos: Servidor de Imagens, Extrator de Características, Indexação e Similaridade e Interação da CBIR. Na Figura 9, ilustra-se um exemplo de arquitetura geral de S-CBIR instanciado na área da saúde (domínio médico ou simplesmente CBIR para imagens médicas), e nas próximas seções é apresentada uma breve descrição de cada componente associado a esta arquitetura.

3.1.1 Servidor de Imagens

Este componente representa o repositório que fornece as imagens a serem processadas pelo sistema. Geralmente, em aplicações médicas, utiliza-se o *Picture Archiving and Communication System* (PACS), como mecanismo de gerenciamento de imagens médicas.

³Arquitetura de *software* é “a estrutura ou estruturas do sistema, que incluem componentes de *software*, as propriedades externamente visíveis desses componentes, e as relações entre eles” (BASS; CLEMENTS; KAZMAN, 2003).

⁴Um componente de *software* é “uma parte do sistema que seja não trivial, quase independente e substituível, desempenhando funções claras no contexto de uma arquitetura bem definida” (BROWN; WALLNAN, 1996).

Figura 9 - Arquitetura geral de S-CBIR para imagens médicas

Segundo Deserno et al. (2009), o uso de S-CBIRs para imagens médicas pode ser uma tecnologia promissora para enriquecer funcionalidades de ferramentas PACS. Qi, Snyder (1999) e Traina et al. (2005) complementam que PACSs apresentam grande potencial no uso integrado com CBIR, com finalidade de transmitir, visualizar e até mesmo manipular imagens médicas.

O propósito do PACS é integrar modalidades de imagens e interfaces com os sistemas de informação hospitalar e departamental para gerenciar o armazenamento e distribuição de imagens aos radiologistas⁵ e Instituições de Saúde⁶ (LI C.T. WEI; WILSON, 2006; HUANG, 2010). Além disso, as imagens podem ser recuperadas rapidamente, facilitando o diagnóstico da doença com base na correlação de imagens de diferentes modalidades radiológicas (TANG; HANKA; IP, 1999).

⁵Neste trabalho o termo radiologista abrange todos os médicos radiologistas (especialista em radiologia) e residentes em radiologia.

⁶Todas as organizações e centros de imagens que fornecem cuidados à saúde, como por exemplo, hospitais, clínicas, consultórios e institutos médicos.

3.1.2 Extrator de Características

Este componente baseia-se em técnicas de processamento de imagens seguidas de uma análise detalhada de seus níveis de cinza (características de baixo nível), onde programas computacionais de detecção de características e reconhecimento de padrões calculam valores numéricos utilizados como modelos quantitativos para descreverem características visuais da imagem (LEW et al., 2006).

Segundo Eakins et al. (1999), as características visuais são classificadas em três níveis, conforme é apresentado no Quadro 1. Esta classificação exemplifica o nível 1 (linha 1 do Quadro 1) como uma consulta por conteúdo baseada em imagem de referência. Os outros dois níveis (linhas 2 e 3 do Quadro 1) utilizam consultas baseadas na semântica do conteúdo da imagem. No S-CBIR utilizado neste trabalho (vide Seção 3.4.3), foram utilizadas características do nível 1, no qual as consultas por conteúdo serão sempre baseadas em imagem de referência.

Quadro 1 -

Níveis de características para consultas em CBIR (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999)

Níveis	Características	Exemplos
1	Primitivas (representadas por descritores que modelam estímulos visuais primários, como cor, textura, e/ou forma (GONZÁLEZ; WOODS, 2008))	Recupere imagens similares a partir dessa imagem de referência
2	Lógica (características primitivas associadas à semântica específica do contexto onde a imagem de referência está inserida)	Recupere imagens com quantidade de ar no pulmão similar ao dessa imagem de referência
3	Abstratas (envolve raciocínio complexo na interpretação da região de interesse)	Recupere imagens onde o pulmão seja similar ao da imagem de referência, observando a presença de espessamento e de regiões radiopacas (mais escuras) e homogêneas

A consulta do nível 1 utiliza características de cor, textura e forma (GONZÁLEZ; WOODS, 2008), que podem ser subcomponentes desse componente. Na literatura, observa-se que a maioria dos S-CBIRs para imagens médicas trata apenas desse tipo de nível (MÜLLER et al., 2004). Isso pode justificar a dificuldade desses sistemas em alcançar um alto grau de satisfação entre os radiologistas, devido ao fato de que as características primitivas extraídas das imagens são bastantes limitadas na representação dos aspectos visuais das

imagens, principalmente quando comparadas à riqueza de interpretação do ser humano (SMEULDERS et al., 2000).

Esta perda de informação da imagem pela extração de características primitivas denomina-se *gap* semântico (*semantic gap*), como descrito na Seção 3.3.1, e pode acarretar na rejeição do uso de S-CBIR (SMEULDERS et al., 2000) e, conseqüentemente, na dificuldade de implantação definitiva na prática clínica (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

3.1.3 Indexação e Similaridade

Este componente aborda dois subcomponentes: indexação de características e cálculo de similaridade.

O subcomponente indexação de características pode ser opcional e representa a implementação do Método de Acesso Métrico (MAM) para indexar, organizar e consultar as características extraídas das imagens.

Os MAMs organizam um grande conjunto de dados métricos permitindo inserções, exclusões e pesquisas, baseando-se somente nas distâncias entre itens de dados. Neste contexto, MAMs são indicados para indexar características extraídas de imagens médicas, que se classificam em tipos de dados complexos (pontos multidimensionais em um espaço n-dimensional). Embora existam métodos de acesso espaciais desenvolvidos para gerenciar dados de alta dimensão, é necessário destacar que, em algumas ocasiões, não é possível ter todos os vetores de características obtidos com o mesmo número de dimensões e, portanto, não é indicado utilizar nenhum método de acesso espacial.

Dentre as principais estruturas de indexação para espaços métricos encontradas na literatura está a Slim-Tree (JR et al., 2000) que é uma estrutura balanceada e dinâmica que permite inserções posteriores à criação da árvore, podendo ser utilizada em situações práticas em razão de seu grau de eficiência.

O subcomponente cálculo de similaridade é responsável pela implementação da busca por similaridade. A similaridade é aquela em que se considera quão “próximo” (similares) dois dados (objetos) são entre si. A similaridade entre os dados é definida através de uma função de distância ou função de “dissimilaridade” (SANTINI; JAIN, 1999). A medida de distância mais simples denomina-se Distância Euclidiana que é usada em vários trabalhos, como em Quddus et al. (2009). Uma revisão de outras medidas mais complexas pode ser encontrada em Santini e Jain (1999).

Muitas medidas de similaridade estão sendo desenvolvidas para otimizar o processo de CBIR (FELIPE; JR; TRAINA, 2009). Segundo Traina et al. (2002), uma função de distância

é a base na construção de MAMs. Esses métodos, quando construídos sobre características extraídas das imagens, são adequados para responder a consultas por similaridade, conforme descrito no próximo componente.

Geralmente, a escolha da função de distância a ser utilizada em um S-CBIR é feita sem critério de fundamentação teórica. Essa escolha pode afetar o desempenho do sistema, visto que cada uma das funções apresenta comportamento diferente com relação aos dados comparados.

3.1.4 Interação da CBIR

O componente Interação da CBIR refere-se à consulta de imagens propriamente dita, enfatizando as possíveis interações do radiologista com a interface do sistema para a realização da consulta por similaridade.

Consultas por similaridade baseiam-se na recuperação de imagens parecidas ou similares, até um determinado nível de semelhança, definido caso a caso. Neste tipo de consulta, a ênfase está na aparência das imagens ao invés de basear-se no uso de descrição textual. Existem dois tipos básicos de consulta por similaridade que utilizam o paradigma QBE: *k-nearest Neighbor Query* - k-NN, que retornam os k objetos mais próximos do objeto de consulta, como por exemplo, “encontre as 15 imagens mais semelhantes à imagem de referência”; e Consulta por Abrangência (*Range-Query*), que retorna todos os objetos cuja distância ao centro do objeto de consulta é menor ou igual ao raio fornecido (raio de abrangência). Por exemplo, “encontre todas as imagens que se encontram a uma distância de 10 unidades da imagem de referência”.

Nesse contexto, o radiologista poderá configurar a consulta por meio de parâmetros, como o tipo da consulta (K-NN ou abrangência), a quantidade de objetos desejados para serem recuperados ou o raio de abrangência, a imagem de referência e a característica utilizada como critério de similaridade. Consequentemente, o sistema realiza a consulta com os parâmetros de entrada, e as imagens obtidas são apresentadas ordenadas de acordo com a sua similaridade em relação à imagem de referência, ou seja, da mais similar (de menor distância) para a menos similar (maior distância).

Para atender às necessidades dos radiologistas com o intuito de diminuir a dificuldade em expressar as suas necessidades utilizando QBE, além da dificuldade do sistema em traduzir as necessidades do radiologista em características de imagens e medidas de similaridade (*semantic gap*), um subcomponente pode ser integrado para introduzir a realimentação de relevância na recuperação de imagens por conteúdo (HOI; LYU; JIN, 2006; KHERFI; ZIOU, 2006).

Realimentação de relevância é um subcomponente que implementa a técnica de *Relevance Feedback* (RF). Esta técnica é comprovadamente eficiente para reformulação de consultas por similaridade e, conseqüentemente, para aumento da precisão das respostas de um S-CBIR (LIU et al., 2007).

A RF refere-se a uma interação cíclica em que o radiologista seleciona um conjunto de imagens que ele considera relevantes à consulta, e o sistema as utiliza para ajustar automaticamente a consulta com base nas características derivadas dessas imagens relevantes selecionadas. A consulta é então ajustada, e um novo conjunto de imagens é obtido (HOI; LYU; JIN, 2006; KHERFI; ZIOU, 2006). Esta interação é repetida até que a consulta ajustada seja uma melhor aproximação das necessidades e preferências das informações dos radiologistas (DOULAMIS; DOULAMIS, 2006).

Na Figura 10, apresenta-se uma interface de um típico S-CBIR para imagens médicas. A interface mostra as imagens recuperadas com seus valores de similaridade, a partir da imagem de referência que é a primeira imagem da lista. O radiologista pode marcar as imagens como relevantes, não relevantes ou deixá-las como neutras, alterar os parâmetros para a recuperação e iniciar uma nova consulta para o refinamento (realimentação por relevância) (MÜLLER et al., 2004).

3.2 Recuperação de Imagens Médicas

O domínio médico é frequentemente citado como um domínio de aplicação principal para tecnologias CBIR em termos de impacto potencial (SMEULDERS et al., 2000; AGGARWAL; SARDANA; JINDAL, 2009; DEMNER-FUSHMAN et al., 2009). Geralmente, os principais objetivos de sistemas que tratam de imagens médicas são de tentar melhorar a qualidade e eficiência dos processos de cuidado do paciente (WINTER; HAUX, 1995).

S-CBIRs⁷ vêm sendo aplicados como técnicas de “Suporte às Decisões Clínicas”, como o “Raciocínio Baseado em Casos” (LEBOZEC et al., 1998) e a “Medicina Baseada em Evidências” (BOISSEL et al., 2003). O benefício clínico geral dos sistemas de imagens médicas é demonstrado em Kaplan (1996).

Como visto anteriormente, a CBIR tem sido proposta para superar algumas limitações encontradas na pesquisa baseada em texto. Antes do surgimento da CBIR, o acesso às imagens médicas era baseado em consultas textuais, principalmente as booleanas padrões, em que eram associadas às classificações das modalidades de imagens, regiões e orientações (LEHMANN et al., 2003). Essa estrutura hierárquica permitia aos radiologistas navegar e

⁷A partir desta seção, toda referência a S-CBIR será destinada a aplicações para imagens médicas.

Figura 10 - Interface de um S-CBIR típico apresentando imagens similares recuperadas, a partir de uma imagem de referência via navegador web (MÜLLER et al., 2004)

procurar facilmente na base de dados (LI C.T. WEI; WILSON, 2006). Entretanto, com o aumento do tamanho da base de imagens, as seguintes limitações foram caracterizadas:

- **Anotações manuais necessitam de muitos recursos humanos e tempo, além de serem custosas para implementar.** Nas Instituições de Saúde, gera-se um grande número de imagens médicas diariamente⁸, utilizadas para diagnósticos e terapias, o que dificulta a busca de imagens desejadas, além do tempo impraticável que seria gasto, pessoas e esforços para a anotação manual de todos os atributos do conteúdo da imagem (MÜLLER et al., 2004).
- **Anotações manuais são falhas ao lidar com a discrepância da percepção subjetiva do radiologista.** Somente a descrição textual fornecida manualmente é insuficiente para mapear a percepção subjetiva, dado que diferentes radiologistas podem fazer interpretações diferentes para uma mesma imagem.

⁸O setor radiológico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP), por exemplo, produziu mais de 13.582.354 imagens digitais em 2010.

- **Os conteúdos de imagens médicas são difíceis de serem representados por palavras.** O conteúdo de uma imagem médica usualmente possui muitos objetos, que relatam informações específicas do padrão estudado. Dessa forma, é muito difícil descrever esses objetos em forma textual. Além disso, na rotina clínica torna-se interessante a pesquisa de imagens com conteúdo similar baseado em exemplos anteriores avaliados.

Além dessas limitações, S-CBIRs procuram superar questões relacionadas à natureza das imagens, como dificuldades na busca por conteúdo associadas às modalidades, regiões do corpo ou patologias. A grande maioria de pesquisas em S-CBIRs concentra-se em conteúdos específicos das imagens médicas de determinadas modalidades ou regiões do corpo para melhor descreverem o conteúdo dessas imagens (MÜLLER et al., 2004; LEHMANN et al., 2005). Na Seção 3.3, apresentam-se mais alguns desafios enfrentados por essas aplicações.

Embora a CBIR seja frequentemente proposta para o uso em gerenciamento de imagens médicas, ou seja, com a integração em PACS (MÜLLER et al., 2004; JR. et al., 2005; DOI, 2007), somente poucos S-CBIRs têm sido desenvolvidos especificamente para imagens médicas. Os sistemas existentes para imagens médicas geralmente são construídos em institutos de pesquisas e continuam sendo melhorados, desenvolvidos e avaliados no decorrer do tempo (LI C.T. WEI; WILSON, 2006), conforme apresentado na Seção 3.4.

Basicamente, S-CBIRs podem beneficiar qualquer domínio que necessite encontrar imagens ou coleções de imagens com conteúdos similares. Dessa forma, além da integração com PACS (LEHMANN et al., 2003), destaca-se também a integração com sistemas de auxílio ao diagnóstico médico (ZHENG, 2009) e sistemas de ensino médico com suporte ao trabalho didático (AGGARWAL; SARDANA; JINDAL, 2009). Este último destaca-se especificamente na área da pesquisa médica - com recuperação de áreas patológicas similares, por exemplo; e na educação médica e treinamento - na recuperação de atributos patológicos específicos, uma vez que esses atributos podem implicar em doenças particulares. Além disso, a CBIR pode ser usada para recuperar imagens de livros médicos, relatórios, artigos, entre outras fontes de informações digitais (LI C.T. WEI; WILSON, 2006). Vale destacar que essas aplicações são conceitualmente distintas, porém podem ser complementares.

A seguir, apresenta-se a contextualização da aplicação CBIR em auxílio ao diagnóstico (ZHENG, 2009) que é frequentemente discutida no conteúdo deste trabalho.

3.2.1 Diagnóstico Auxiliado por Computador na Radiologia

Diagnóstico auxiliado por computador ou auxílio ao diagnóstico médico (*Computer-Aided Diagnosis* - CAD) tornou-se um dos principais temas de pesquisa em imagens médicas e radiologia diagnóstica. Ferramentas CAD (sistemas CAD ou simplesmente esquemas CAD) são sistemas computacionais, muitas vezes acoplados a equipamentos médicos, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão a respeito de um diagnóstico. Aplicações com finalidades diversas têm sido desenvolvidas por vários grupos de pesquisas, a fim de auxiliar na composição de diagnósticos como uma forma de contribuir para a detecção precoce de doenças.

Embora os primeiros estudos de análise computadorizada de imagens médicas tenham sido realizados na década de 1960, a investigação sistemática sobre CAD começou na década de 1980 com a mudança no conceito de diagnóstico automatizado para diagnóstico auxiliado por computador, que se refere ao diagnóstico final feito pelo radiologista que usa os resultados de análises quantitativas automatizadas de imagens médicas como uma “segunda opinião” na detecção de lesões e na elaboração de diagnóstico, ao contrário do conceito de diagnóstico automatizado, no qual o resultado final era produzido pelo computador (DOI et al., 1999; GIGER, 2000; DOI, 2007).

O CAD tem sido proposto para melhorar a acurácia dos diagnósticos radiológicos (AZEVEDO-MARQUES, 2001), assim como a consistência da interpretação das imagens, mediante o uso da resposta do computador como referência. De maneira geral, CAD é um sistema de apoio à decisão que contribui para melhorar a precisão e a consistência do diagnóstico, além de reduzir o tempo de leitura e análise das imagens (ARIMURA et al., 2009).

Durante o procedimento de detecção de anomalias em exames radiológicos, os radiologistas podem encontrar limitações que justificam o uso de CAD (AZEVEDO-MARQUES, 2001):

- **Tempo** - Procedimento demorado e propenso a erros.
- **Subjetividade diagnóstica** - Diagnóstico baseado em avaliação qualitativa ou semiquantitativa, estando sujeito a variações intra e interpessoais. O grau de subjetividade acontece por várias razões, por exemplo, a existência de estruturas complexas e de grande número de imagens normais, a grande variação na aparência dos tecidos (mesmo os normais), a sutileza das anormalidades, a superposição dos tecidos, a necessidade de grande sensibilidade e, ao mesmo tempo, de minimizar o retorno desnecessário dos pacientes.

- **Perda de informação** - Devido à natureza sutil do achado radiológico.
- **Imagem** - Baixa qualidade da imagem.
- **Radiologista** - Sobreposição de estruturas, fadiga visual ou distração.
- **Sensibilidade do diagnóstico** - dupla leitura (por dois radiologistas) pode aumentar a sensibilidade do diagnóstico. A proposta de CAD é trabalhar como o segundo especialista.

Em geral, as técnicas utilizadas no desenvolvimento de aplicações CAD baseiam-se em algumas áreas do conhecimento: visão computacional que envolve o processamento de imagens para realce, segmentação e extração de atributos; e inteligência artificial que envolve o uso do computador para o processamento de dados, para a distinção entre padrões normais e anormais a partir de atributos extraídos das imagens. As técnicas relacionadas a essa área incluem métodos para seleção de atributos baseados na separabilidade entre as distribuições de probabilidades das classes, algoritmos genéticos e classificadores, sistemas especialistas baseados em regras de decisão, métodos estatísticos, redes neurais artificiais, ontologias, entre outros (DOI, 2005).

Nos últimos anos, vários sistemas CAD têm sido desenvolvidos com ênfase em dois tipos de aplicações: auxílio à detecção de lesões (CADd) - que por meio da varredura de imagens médicas, os algoritmos de detecção automática buscam a localização de regiões que contenham padrões radiológicos anormais (por exemplo, agrupamentos de microcalcificações em imagens mamográficas ou nódulos pulmonares em imagens de tórax); e auxílio à classificação diagnóstica e tomada de decisão (CADx) - uma vez que uma lesão foi detectada, cabe ao radiologista decidir o encaminhamento do caso, para isso, ferramentas CADx estão sendo desenvolvidas para auxiliar a distinção entre lesões malignas e benignas e aumentar a sensibilidade e especificidade do diagnóstico (RAHMAN; ANTANI; THOMA, 2010; DOI, 2007). O trabalho aqui descrito está focado em aplicações CADx, conforme apresentado na próxima seção.

O conceito de CAD é genérico e pode ser aplicado para qualquer modalidade de imagem e região anatômica. Atualmente encontram-se sistemas CAD voltados para uma variedade de aplicações, com destaque para a mamografia (NISHIKAWA, 2007; DOI, 2007).

Auxílio à Classificação Diagnóstica

A partir da detecção da lesão, feita por algoritmos CADd, tornam-se necessários mecanismos para auxiliar na distinção entre lesões malignas e benignas e aumentar a sensibilidade e especificidade do diagnóstico. Na prática clínica em geral, cabe ao radiologista decidir o encaminhamento do caso, por exemplo, se é maligno ou benigno (com ou sem indicação à biópsia), se será necessário algum outro exame e, neste caso, qual deve ser o intervalo até o próximo exame. Com a introdução do CADx, os radiologistas terão uma “segunda opinião” para auxiliar na tomada de decisão do caso.

Sistemas CADx permitem a quantificação das características das imagens e, com base nisso, a classificação em padrões normais ou anormais (incluindo suas especificações, como por exemplo, uso de características de forma de uma estrutura para associá-la a um tumor maligno ou benigno). Além disso, sistemas CADx possuem outros objetivos relevantes: a diminuição de “falso negativo” e “falso positivo”, conforme descritos na Seção 3.5.

Em geral, existem diversos critérios na radiologia para diferenciar lesões malignas ou benignas, entretanto, ainda existe uma grande variedade na interpretação das mesmas. Apenas 10% a 20% dos tecidos submetidos a um procedimento cirúrgico de biópsia são confirmados como tumor maligno. Estudos mostraram que essa grande faixa de intervenções desnecessárias tem sido diminuída com o uso de sistemas CAD (PRZELASKOWSKI, 2008).

Alguns outros exemplos de sistemas CADx podem ser citados para a classificação automática de lesões de pulmão (ARMATO et al., 2003; DEPEURSINGE et al., 2008). No que se refere à mama, esta aplicação continua em grande desenvolvimento (FREER; ULISSEY, 2001; HOUSSAMI; GIVEN-WILSON; CIATTO, 2009; SAHINER et al., 2009). Em imagens de mama, geralmente, os trabalhos utilizam as categorias do padrão *Breast Imaging Reporting and Data System* (BI-RADS) como entradas para redes neurais artificiais, para não somente a distinção entre lesões benignas e malignas, mas também a previsão da potencialidade de invasão do câncer de mama (KINOSHITA et al., 2007; AZEVEDO-MARQUES et al., 2008). No trabalho de Gupta et al. (2006), constatou-se o potencial do uso do padrão BI-RADS em CADx.

A seguir, apresenta-se uma breve descrição do padrão BI-RADS que também foi utilizado como categorizador das imagens de mamas estudadas neste trabalho.

Classificação BI-RADS

O BI-RADS é um sistema de padronização de laudos e codificação das doenças mamográficas, além de uma metodologia para a monitoração e seguimento dos resultados

obtidos. Foi desenvolvido por membros de vários comitês médicos americanos, chefiados pelo Colégio Americano de Radiologia⁹, tendo sua primeira edição em 1992. O sistema visa não apenas a uma classificação de resultados, mas também a um conjunto de ações que, quando aplicadas, permitem maior eficiência dos programas de detecção precoce do câncer de mama (American College of Radiology, 1998).

O BI-RADS, em sua quarta e última edição, classifica os achados em sete categorias possíveis de decisões, objetivando sempre facilitar a conduta dos radiologistas solicitantes frente aos achados imaginológicos anormais. Além da mamografia, essa versão inclui a mesma metodologia para classificação de exames de ultrassonografia e ressonância magnética das mamas (American College of Radiology, 2003). No Quadro 2, ilustram-se as categorias BI-RADS, descrições e condutas recomendáveis.

Quadro 2 - Classificação BI-RADS (American College of Radiology, 2003)

	Descrição	Recomendações/Condutas
0	Incompleto.	Outras incidências de mamografia ou ultrassonografia são necessárias.
1	Mamografia normal (mamas sem nenhum achado radiográfico anatomicamente anormal).	Controle mamográfico anual de rotina a partir dos 40 anos, na ausência de achados clínicos.
2	Achados radiográficos benignos.	
3	Achados radiográficos provavelmente benignos.	Controle em 06 meses da mama com os achados mamográficos descritos, depois controle anual bilateral em 12, 24 e 36 meses.
4	Achados suspeitos para malignidade e indicados para biópsia: 4a - menor grau de suspeição 4b - grau de suspeição intermediário 4c - maior grau de suspeição.	Biópsia percutânea ou cirúrgica.
5	Achados muito suspeitos para malignidade.	Biópsia.
6	Aqueles casos já biopsiados e com diagnóstico de carcinoma, mas antes de serem submetidos à terapia definitiva (cirurgia, radioterapia ou quimioterapia).	

⁹Disponível em <http://www.acr.org>. Acesso em: 10/10/2012.

3.3 Desafios em CBIR

Atualmente, na literatura, encontra-se uma grande quantidade de métodos e conceitos de processamento de imagens médicas ou processamento de consultas por similaridade para a implementação de S-CBIR (GüLD et al., 2007). Por outro lado, constata-se que a grande maioria dos protótipos ou S-CBIR publicados (DEPEURSINGE et al., 2011) apresenta pouca ou nenhuma informação sobre a metodologia adotada no desenvolvimento e avaliação do sistema. A pouca informação disponível direciona para uma determinada técnica de extração de características, métricas de comparação ou ainda métodos de armazenamento e recuperação dessas imagens em grandes bases de dados.

Além disso, alguns questionamentos sobre por que S-CBIRs não chegaram ainda a uma versão disponível para uso na prática clínica vêm sendo discutidos progressivamente (DEPEURSINGE et al., 2011; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). As razões são múltiplas e, inicialmente, elas foram representadas por características S-CBIR (MÜLLER et al., 2004; MULLER et al., 2005; MÜLLER et al., 2005), com evolução para lacunas/deficiências (DESERNO; ANTANIB; LONG, 2007; ANTANI; LONG; THOMA, 2008) (comumente conhecido como *gaps*, em inglês).

Um *gap* (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009) representa uma quebra ou descontinuidade em algum aspecto importante de uma característica do sistema, medindo a variação entre um possível valor potencial até o valor real alcançado pela característica. A literatura referente a S-CBIR aponta dois *gaps* principais: o *gap* semântico (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999; SMEULDERS et al., 2000; MÜLLER et al., 2004) e o *gap* sensorial¹⁰ (*sensory gap*) (SMEULDERS et al., 2000).

Em Antani et al. (2008) e Deserno et al. (2009), é visto que o conceito de *gap* não se restringe somente ao *gap* semântico e ao *gap* sensorial. Este conceito pode ser aplicável a outros aspectos de S-CBIR. Segundo Deserno et al. (2009), um *gap* refere-se a um aspecto do sistema que é explicitamente ou implicitamente abordado durante a sua implementação. Além disso, esse aspecto pode ser dividido pelo seu nível de potencialidade da implementação, como também pode ser associado a métodos de diminuição ou eliminação definitiva do próprio *gap*.

Neste contexto, estudos mais recentes e sistemáticos sobre outros tipos de *gaps* vêm sendo discutidos, como a ontologia de *gaps* (DESERNO; ANTANIB; LONG, 2007; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009) que define 14 *gaps* e 7 características do sistema que podem ser utilizados para análise e avaliação de S-CBIR em aplicações médicas. Na Figura 11,

¹⁰O *gap* sensorial refere-se à descontinuidade entre o objeto no mundo (real) e a informação em uma descrição computacional derivada de um registro da cena (ou imagem) (SMEULDERS et al., 2000).

ilustram-se esses 14 *gaps* que são categorizados em quatro grupos de *gaps* (conteúdo, características, desempenho e usabilidade) e suas categorias que, de acordo com Deserno et al. (2009), podem minimizar ou superar esses *gaps*.

Figura 11 - *Gaps* e categorias da ontologia de *gaps* de S-CBIR. Adaptado de Deserno et al. (2009)

Todos os *gaps* apresentados apontam para o entendimento da discrepância entre a proliferação das metodologias e S-CBIR encontrados na literatura e a falta destes no uso da prática clínica nos departamentos de radiologia diagnóstica (ANTANI; LONG; THOMA, 2008; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Os *gaps* utilizados neste trabalho para a construção do modelo de qualidade apresentado no Capítulo 6 referem-se aos 14 *gaps* definidos por Deserno et al., (2009). A seguir, é descrito, resumidamente, o conceito de cada *gap* que faz parte desta ontologia de *gaps*.

3.3.1 *Gaps* de Conteúdo

Os *gaps* de conteúdo (*content gaps*) abordam a modelagem, a compreensão e o uso de imagens do ponto de vista de um usuário (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Em aplicações médicas, este *gap* refere-se à medida em que o sistema adapta-se às diferentes modalidades, ao contexto e aos protocolos de diagnósticos. O conjunto desses *gaps* é composto pelo *gap* de contexto de uso e o *gap* semântico.

O *gap* semântico (*semantic gap*) é uma especialização do conceito de *gap* e um exemplo proeminente, que pode ser considerado um dos *gaps* mais clássicos já definidos. Basicamente, o *gap* semântico (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999; SMEULDERS et al., 2000;

MÜLLER et al., 2004) é a disparidade ou descontinuidade entre a “compreensão” das características de baixo nível que são extraídas automaticamente por algoritmos de computador e o “entendimento” de alto nível dado pela interpretação, com capacidades cognitivas humanas, da imagem (conceitos de visão humana sobre a compreensão) (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

De maneira geral, o *gap* semântico é definido por duas vertentes. Se por um lado a interpretação humana da imagem similar é realizada em um contexto específico, por um especialista do domínio, enfatizando um alto nível semântico, por outro lado, para o algoritmo, a compreensão é dada por análises computacionais a partir das características extraídas das imagens, como cor, textura ou forma. Sendo assim, este *gap* afeta diretamente a avaliação das imagens similares por ambos os lados. Isso compromete integralmente a usabilidade e o desempenho do sistema (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

Na literatura, encontram-se diversas pesquisas que analisam detalhadamente o *gap* semântico (EAKINS; GRAHAM; PROGRAMME, 1999; ENSER; SANDOM, 2003; BOSCH; MUÑOZ; MARTÍ, 2007; DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Basicamente, esses trabalhos definiram, interpretaram ou classificaram esse *gap*. Além disso, alguns trabalhos propuseram métodos na tentativa de solucioná-lo. De acordo com Liu et al. (2007), esses métodos podem ser classificados em cinco categorias, como seguem:

1. Uso de ontologias para definir conceitos de alto nível (MEZARIS; KOMPATSIARIS; STRINTZIS, 2003; MAILLOT; THONNAT; HUDELOT, 2004; JIANG; HUANG; GAO, 2004; ALLAMPALLI-NAGARAJ; BICHINDARITZ, 2009);
2. Uso de métodos de aprendizado supervisionado ou não supervisionado para associar recursos de baixo nível com conceitos de consulta (CHEN; WANG; KROVETZ, 2005; HAN et al., 2005);
3. Uso da RF (LI; YUAN, 2004; EL-NAQA et al., 2004; GOSSELIN; CORD, 2004; HAN et al., 2005; AZEVEDO-MARQUES et al., 2008). Como visto na Seção 3.1, com a intervenção da RF, as imagens similares resultantes da consulta poderão ser ajustadas com base na opinião do especialista, diminuindo, assim, a descontinuidade semântica existente (LIU et al., 2007).
4. Geração de modelo semântico para oferecer suporte à recuperação de imagens de alto nível (ZHUANG; LIU; PAN, 1999);
5. Uso de informações textuais obtidas no conteúdo visual das imagens para recuperação de imagens na Web (FENG; SHI; CHUA, 2004; CAI et al., 2004).

Já o *gap* de contexto de uso refere-se ao contexto da imagem e/ou contexto clínico em que um S-CBIR pode ser utilizado.

3.3.2 *Gaps* de Características

Os *gaps* de características (*features gap*) tratam de questões relacionadas aos ajustes das características que são extraídas das imagens, como a insuficiência da escolha das características numéricas para caracterizar o conteúdo da imagem e as dificuldades práticas de extrair essas características das imagens. Esse conjunto de *gaps* é baseado nos seguintes *gaps*: *gap* de extração - refere-se à automatização de extração de características; *gap* de estrutura - refere-se à granularidade da estrutura do objeto da imagem reconhecida; *gap* de escala - refere-se à granularidade do detalhe visual da imagem processada pelo sistema; *gap* de dimensão de espaço + tempo - refere-se à dimensionalidade de espaço e entradas de tempo utilizado para calcular características; e o *gap* de dimensão de canal - refere-se à dimensionalidade de entradas de canal usada para características de computação (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

3.3.3 *Gaps* de Desempenho

Os *gaps* de desempenho (*performance gap*) tratam de aspectos práticos da implementação e aceitação do sistema, como a avaliação da disponibilidade do sistema, integração desta tecnologia à infraestrutura médica, uso de técnicas de extração de características e a medida em que o sistema foi avaliado. Esse conjunto de *gaps* é composto pelos seguintes *gaps*: *gap* de aplicação - refere-se ao nível da implementação atual do sistema; *gap de integração* - refere-se ao nível de integração do S-RES (ou sistema de informação de cuidados do paciente); *gap* de indexação - que se refere ao nível de suporte para a pesquisa de banco de dados rápido; e o *gap* de avaliação - refere-se ao nível para o qual a validade do sistema de recuperação tem sido avaliada (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

3.3.4 *Gaps* de Usabilidade

Os *gaps* de usabilidade (*usability gap*) fazem referência à interação do sistema com o radiologista, enfatizando a facilidade de uso e manuseio do sistema, além da representação do resultado da consulta, como a disponibilização dos parâmetros e as diferentes possíveis consultas de serem realizadas pelos radiologistas, perspectivas dos radiologistas, entre outras (ANTANI; LONG; THOMA, 2008). Esse conjunto de *gaps* é composto por três *gaps*: *gap* de consulta - que se refere ao nível em que o usuário pode usar e combinar consultas

textuais e visuais; *gap* de realimentação por relevância - que se refere ao nível em que o sistema ajuda o usuário a entender resultados da consulta; e o *gap* de refinamento - que se refere ao nível em que o sistema ajuda o usuário a refinar e melhorar os resultados da consulta (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

3.4 Ferramentas de Apoio à CBIR

O desenvolvimento de ferramentas em CBIR tem sido investigado por muitos laboratórios de pesquisa em todo o mundo desde a década de 1990, como a QBIC (NIBLACK et al., 1993), Virage (BACH et al., 1996) e Blobworld (CARSON et al., 1999). A implementação destas ferramentas para imagens médicas é proposta em vários trabalhos (TAGARE; JAFFE; DUNCAN, 1997). Todavia, os sistemas encontrados na literatura abrangem diversos tipos específicos de domínio de imagens médicas:

- **mama:** Korn et al. (1998), Giger et al. (2002), Kinoshita et al. (2007), Rosa et al. (2008), Azevedo-Marques et al. (2008);
- **coluna vertebral:** Long et al. (2003), CBIR3 (ANTANI et al., 2005) - com escoliose (KUMAR; THOMAS; MENON, 2009);
- **pulmão:** ASSERT (SHYU et al., 1999), BRISC (LAM et al., 2007), Ponciano-Silva et al. (2009);
- **cérebro:** MIMS (SESHADRI et al., 2003), fMRI (BAI et al., 2007), ILive (MOJSILOVIC; GOMES, 2002);
- **dermatologia:** Rahman et al. (2010), Dorileo et al. (2008), Ballerini et al. (2010), Pereira et al. (2011);
- **sem modalidade específica:** CBMIR (WILLY; KUFER, 2004), MedGift (MÜLLER et al., 2005), ASSERT (LEHMANN et al., 2006), SPIRS (HSU et al., 2009).

As ferramentas apresentadas são esforços pioneiros em CBIR e ajudaram a demonstrar seu potencial e a justificar sua viabilidade na prática clínica. Assim, o uso dessas aplicações pode impactar benéficamente as áreas de atendimento ao paciente, pesquisa e educação. Em síntese, seguem a descrição e as principais funcionalidades de algumas ferramentas.

3.4.1 CBIR3 - *Content-Based Image Retrieval 3*

A CBIR3 (ANTANI et al., 2005) está sendo desenvolvida pelo *Lister Hill National Center for Biomedical Communications* com a pesquisa fortemente relacionada ao departamento *National Library of Medicine* (NLM), um centro de pesquisa do Instituto Nacional da Saúde dos Estados Unidos. Atualmente, em sua terceira versão ainda experimental, o CBIR3 oferece suporte a consultas híbridas baseadas em texto e no conteúdo de imagens de raios-x com patologias em coluna vertebral. Através de um sistema de banco de dados multimídia biomédico, o NLM fornece ao CBIR3 o acesso a uma coleção de aproximadamente 17.000 imagens digitalizadas e informações textuais dessas imagens (ANTANI et al., 2005).

Além disso, para essa versão, os autores propuseram um sistema em rede extensível, com suporte a banco de dados centralizado, flexibilidade para incorporar resultados de vários esforços de pesquisa, como a revisão e validação das segmentações das imagens, bem como o desenvolvimento baseado em componentes, o que facilita a inserção de novas funcionalidades e ferramentas, entre outros requisitos (ANTANI et al., 2005). Dessa forma, torna-se possível a realização de avaliações sistematizadas sobre grandes coleções de consultas para estudos de patologias e desempenho do sistema, que não foram feitas nas versões anteriores.

Nas versões CBIR1 (KRAINAK; LONG; THOMA, 2002) e CBIR2 (ANTANI; LONG; THOMA, 2002), testes iniciais foram realizados para avaliar o sistema nos quesitos de viabilidade da CBIR, como também para validar os resultados da consulta e caracterizar o desempenho do sistema. Já na versão atual, foram propostas revisões e validações da segmentação das imagens e algoritmos de desempenho.

Em Antani et al. (2005), foram definidas, também, novas funcionalidades que darão continuidade ao desenvolvimento de versões futuras, como permitir novas patologias e modalidades para novos tipos de imagens, permitir múltiplas buscas parciais por forma (característica da imagem), com graus de importância especificados pelo radiologista e o uso de operadores lógicos, expandir a capacidade de busca de modo a incluir relacionamentos de características topológicas de imagens, implementar o módulo de realimentação por relevância para uma interação com o radiologista melhorada e uma opção para salvar preferências de radiologista para uso futuro, desenvolver e implementar um projeto de banco de dados extensível para permitir diferentes tipos de imagens, modalidades e patologias, introduzir dispositivos *hand-held* baseados em caneta nas consultas e desenvolver uma interface externa baseada em internet para o *software*, tornando-o um recurso compartilhável.

3.4.2 SPIRS - *Spine Pathology & Image Retrieval System*

A SPIRS (HSU et al., 2009) é uma ferramenta *web*, similar à CBIR3 no domínio de imagens de raio-x de coluna. Porém, este sistema foi adaptado para também abranger pesquisas de patologia de colo uterino. Esta ferramenta pode ser integrada facilmente com outros sistemas complementares à CBIR. Basicamente, SPIRS foi avaliada por meio de testes de precisão, com a influência da realimentação por relevância na consulta.

A SPIRS¹¹ possui uma arquitetura distribuída com base em padrões de interfaces de comunicação *Web* que possibilita a interação com seus componentes. Para isso, utilizaram-se os recursos de *gateway* que facilitam a comunicação entre os possíveis clientes (que poderiam ser *applets* ou dispositivos remotos) e os componentes do lado do servidor, no cenário da rotina clínica de um hospital. Esta ferramenta destaca-se, também, pela capacidade de suportar consultas CBIR, por meio da imagem ou palavras-chave, em grandes quantidades de dados de imagens.

3.4.3 A Ferramenta - Higiia

A Higiia (BEDO et al., 2012) está sendo utilizada como material-base neste trabalho, conforme descrito no Capítulo 5. Higiia (do grego *Higéia*¹²) está sendo desenvolvida pelos pesquisadores do Grupo de Base de Dados e Imagens do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (GBDI-ICMC-USP) e refere-se a uma força-tarefa que envolve pesquisas realizadas em diversos aspectos da CBIR. Tais pesquisas relatam resultados de trabalhos do laboratório em questão:

- Extração de Características de imagens médicas - cor (TRAINA et al., 2003), textura (BALAN et al., 2005; FELIPE; TRAINA; JR, 2003), forma (BALAN et al., 2007; FELIPE et al., 2006) e características específicas de imagens de pulmão (PONCIANO-SILVA et al., 2009).
- Funções de Distância (FELIPE; JR; TRAINA, 2009).
- Estruturas de Indexação (JR et al., 2000).
- Realimentação por Relevância (TRAINA; MARQUES; JR, 2006).
- Mineração de Dados e Auxílio ao Diagnóstico (RIBEIRO et al., 2009).

¹¹Disponível em <http://archive.nlm.nih.gov/spirs>. Acesso em: 10/10/2012.

¹²*Higéia* (na mitologia grega) era a deusa da saúde, limpeza e sanidade. Ela era associada com a prevenção da doença e a continuação da boa saúde.

- Avaliação da viabilidade clínica com ênfase na percepção e perfis do usuário (BUGATTI, 2010; PONCIANO-SILVA, 2010).

Basicamente, a construção da Higiia está sendo realizada por meio da plataforma Qt¹³. Qt é um *framework* multiplataforma para o desenvolvimento em C++, possibilitando o desenvolvimento de aplicativos e bibliotecas uma única vez e compilá-los para diversas plataformas sem que seja necessário alterar o código-fonte. Além disso, o banco de dados utilizado é o Oracle 11g¹⁴ (BEDO et al., 2012). Na Figura 12, ilustra-se a interface da ferramenta Higiia que representa a consulta propriamente dita, isto é, a interação entre o sistema e o usuário médico/radiologista. E a seguir, apresentam-se as principais funcionalidades dessa aplicação:

Figura 12 - Interface da consulta do sistema Higiia - consultando e obtendo evidência diagnóstica

- Realização da CBIR no contexto de imagens de mamografia;
- Agregação ao CADx;
- Para a inicialização da consulta, o radiologista deve fazer sua identificação por meio de parâmetros de *login* e senha que, de antemão, foram cadastrados e fornecidos pelo administrador do sistema;

¹³Disponível em <http://qt.nokia.com/>. Acesso em: 10/10/2012.

¹⁴Disponível em <http://www.oracle.com/us/products/database/index.html>. Acesso em: 10/10/2012.

- O radiologista poderá classificar as imagens pelo tipo da lesão (massa e/ou calcificação ou sem lesão), densidade (em uma escala de 1 a 4, sendo 1 pouco densa, 2 densidade espalhada, 3 densidade heterogênea, 4 muito densa), categoria BI-RADS (quarta edição - de 0 a 6), sutileza (em uma escala de 1 a 5, onde o 1 é considerado uma lesão sutil e o valor 5, uma lesão evidente), relevância (relevante ou não relevante) e parâmetro de percepção do radiologista;
- O radiologista poderá classificar o grau de certeza do conjunto de classificações da consulta (diagnóstico final da consulta);
- O radiologista poderá realimentar a consulta com base nas imagens de sua preferência (classificadas como relevantes);
- O sistema deverá ser flexível à configuração das técnicas de Realimentação de relevância a serem utilizadas na consulta.
- A consulta das imagens é do tipo K-NN, e o valor de K deve ser configurável.

3.5 Avaliação do Desempenho

Como apresentado nas seções anteriores, são muitos os esforços de algoritmos de CBIR e tentativas de melhorias nos métodos de desenvolvimento desses sistemas, para a diminuição de *gaps* e o seu uso no cotidiano clínico real. Entretanto, nota-se que poucos dos trabalhos apresentados utilizam alguma metodologia de avaliação (HERSH; MÜLLER; KALPATHY-CRAMER, 2009). Geralmente, essas metodologias são imprecisas e incompletas, implicando em uma avaliação injusta ou incorreta do desempenho (BRODLEY et al., 1999; SINHA; KANGARLOO, 2002). Além disso, alguns desses poucos trabalhos não apresentam resultados claros de tal maneira que não fornecem muita informação sobre os procedimentos adotados durante a avaliação (HSU et al., 2009).

A avaliação do desempenho de sistemas de imagens médicas não é uma tarefa trivial devido à subjetividade de imagens. Avaliações com base na comparação entre os resultados de sistemas também é uma tarefa difícil. Muitos pesquisadores apresentam dados da avaliação insuficientes como, por exemplo, apresentações visuais (*screenshots*) dos resultados da consulta, ou então aplicam avaliações com base em imagens suspeitas que podem não representar a veracidade ou qualidade das classificações da patologia especificadas, acarretando, assim, a não revelar muito sobre o desempenho real do sistema.

A seguir, são apresentados alguns métodos de avaliação da eficiência/desempenho de sistemas de busca, bem como para o desempenho do diagnóstico em medicina.

3.5.1 Precisão e Revocação

As medidas de precisão (*precision*) e revocação (*recall*) são as mais tradicionais utilizadas para avaliar uma consulta e mensurar a efetividade da recuperação de informação (SALTON, 1965). Estas medidas também são amplamente usadas em CBIR (MÜLLER et al., 2001, 2004).

Para ambas as medidas, considera-se que para uma determinada consulta por similaridade exista um conjunto (R) de imagens relevantes e um conjunto (A) de imagens recuperadas. A intersecção desses dois conjuntos ($R \cap A$) compreende os elementos relevantes que foram recuperados pela consulta realizada. Com base nesses conjuntos, a precisão representa a porcentagem de imagens relevantes que foram recuperadas, enquanto a revocação representa a porcentagem de imagens recuperadas que são relevantes (BAEZA-YATES; RIBEIRO-NETO, 1999).

As equações 3.1 e 3.2 ilustram essas medidas, que descrevem a precisão como os elementos relevantes recuperados ($R \cap A$) dentre todos os que foram recuperados na consulta (A), bem como a revocação como o conjunto de elementos relevantes (R) que foram recuperados na consulta dentre todos os relevantes recuperados ($R \cap A$), respectivamente.

$$\text{precisão} = \frac{(R \cap A)}{A} \quad (3.1)$$

$$\text{revocação} = \frac{(R \cap A)}{R} \quad (3.2)$$

Os resultados obtidos dos cálculos da medida podem ser representados por meio de um gráfico de precisão *vs.* revocação, no qual cada ponto representa a média aritmética dos desempenhos de várias consultas. A análise do gráfico de precisão consiste no formato e altura da curva obtida, caracterizando-se em melhor resultado das operações de busca quando a curva estiver mais próxima do topo do gráfico.

3.5.2 Curvas ROC - *Receiver Operating Characteristic*

A análise ROC (*Receiver Operating Characteristic*) é um método gráfico para avaliação, organização e seleção de sistemas de diagnóstico e/ou predição. Gráficos ROC foram originalmente utilizados em detecção de sinais, para se avaliar a qualidade de transmissão de um sinal em um canal com ruído (EGAN, 1975).

Na medicina, com base em um teste diagnóstico, gráficos ROC contribuem para medir e especificar problemas no desempenho do diagnóstico médico (ZHOU; OBUCHOWSKI; MCCLISH, 2002). O teste diagnóstico consiste em conseguir classificar, de uma forma precisa, os casos considerados normais e anormais. Dessa forma, a área sob a curva ROC é um dos métodos mais utilizados para medir a eficácia de um sistema CADx por permitir estudar a variação da sensibilidade e especificidade para diferentes valores de corte (PRATI; BATISTA; MONARD, 2008).

No Quadro 3, denominado tabela de contingência (ou matriz de confusão), ilustram-se alguns conceitos que devem ser conhecidos *a priori* para o funcionamento deste método. Além disso, as medidas apresentadas a seguir provêm deste quadro. Basicamente, a interpretação do quadro é relativamente simples:

- Quando o resultado de um teste é positivo (indicando que há lesão), consideram-se valores verdadeiros ou falsos:
 - **verdadeiros:** o sistema julgou positivo (indicando que há lesão) como “Verdadeiro Positivo” (ocasião onde essa lesão realmente existe);
 - **falsos:** o sistema julgou falso (indicando que não há lesão) como “Falso Positivo” (ocasião onde não há lesão, e o sistema errou a resposta). Na medicina, considera-se este resultado o mais grave, porque o paciente pode deixar de ser tratado, o que o levaria a possíveis danos irreversíveis.
- Quando o resultado de um teste dá negativo (indicando que não há lesão), consideram-se valores verdadeiros ou falsos:
 - **verdadeiros:** o sistema julgou verdadeiro (indicando que não há lesão) como um verdadeiro negativo (ocasião onde a lesão realmente não existe);
 - **falsos:** o sistema julgou falso (indicando que há lesão) como um falso negativo (ocasião onde a lesão existe, e o teste errou a resposta). Este erro (em teste de diagnóstico na medicina) também é sério, porém não apresenta um impacto muito grande no risco de morte do paciente.

A medida de sensibilidade refere-se à capacidade do sistema em prever corretamente a probabilidade de o resultado dar positivo, dado que o paciente está doente (proporção dos resultados positivos que o teste acertou, pelo total de pacientes realmente doentes). A medida de especificidade refere-se à capacidade do sistema em prever corretamente a probabilidade de o resultado dar negativo, dado que o paciente não está doente (proporção

de verdadeiros negativos). Dadas as equações 3.3 e 3.4, as variáveis descrevem os acertos positivos (verdadeiro positivo), total de positivos (soma de verdadeiro positivo com falso negativo), acertos negativos (verdadeiro negativo) e total de negativos (soma de verdadeiro negativo com falso positivo):

Quadro 3 - Tabela de Contingência

		Valor Verdadeiro (confirmado por análise)	
		positivos	negativos
Valor Previsto (predito pelo teste)	positivos	VP Verdadeiro Positivo	FP Falso Positivo
	negativos	FN Falso Negativo	VN Verdadeiro Negativo

$$sensibilidade = \frac{VP}{VP + FN} \quad (3.3)$$

$$especificidade = \frac{VN}{VN + FP} \quad (3.4)$$

As curvas ROC representam a relação, normalmente antagônica, entre a sensibilidade e especificidade de um teste diagnóstico quantitativo ao longo de valores contínuos de ponto de corte. Dessa forma, é necessário definir um conjunto de pontos de corte para se classificar e contabilizar o número de predições positivas e negativas. Os valores de sensibilidade e especificidade são calculados para cada ponto de corte que, então, será disposto no gráfico da curva. Geometricamente, este gráfico baseia-se em pares, eixo “x” e “y”, que correspondem à 1-especificidade e à sensibilidade, respectivamente.

Na Figura 13, ilustra-se um exemplo de curvas ROC. Com a área abaixo da curva é possível medir e avaliar a precisão do método. Dessa forma, o valor da área varia de 0,5 (pior caso) - quando o método mostra um comportamento aleatório - até 1,0 (melhor caso). Entretanto, quanto mais próxima do canto superior esquerdo estiver a curva, maior otimização da sensibilidade em função da especificidade, portanto, melhor é o método.

Figura 13 - Exemplo de Curvas ROC

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram discutidos os principais conceitos e o estado da arte de S-CBIR. Com esta revisão bibliográfica pode-se constatar que embora ainda não tenha sido encontrada na literatura nenhuma evidência de S-CBIR em uso efetivo em uma Instituição de Saúde, este tipo de sistema tem um grande potencial quando integrado a aplicações como o PACS, CAD, e ensino-educação, por exemplo.

Buscando superar essa deficiência, conhecida como *gap* de aplicação pela comunidade científica da área (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009), muita pesquisa é necessária ainda para que S-CBIR alcance a qualidade suficiente, no ponto de vista dos usuários médicos e desenvolvedores, para implantação efetiva na prática clínica.

Para avançar nesse campo e diminuir esses desafios, nota-se a necessidade de unificar, em um modelo de qualidade, os aspectos de S-CBIR que sejam importantes para aumentar o nível de qualidade e superar o *gap* de aplicação, e tratá-los no contexto de melhorias do S-CBIR. Para isso, *a priori*, alguns questionamentos foram levantados a respeito do estado da arte de como os S-CBIRs vêm sendo desenvolvidos e avaliados pela comunidade científica voltada à Informática em Saúde e em áreas afins.

Esses questionamentos visaram a levantar evidências, do ponto de vista dos desenvolvedores, sobre os aspectos que interferem diretamente na qualidade dos S-CBIRs, bem como caracterizar e abrir novas linhas para a pesquisa em questão. No próximo capítulo, esses questionamentos foram satisfeitos a partir do estabelecimento de uma estratégia de pesquisa que contempla uma revisão sistemática e uma pesquisa empírica.

4 *Estratégia de Pesquisa: da Revisão Sistemática à Pesquisa Empírica*

Apesar dos benefícios identificados em diferentes domínios de imagens médicas e esforços na construção de protótipos de S-CBIR (DEPEURSINGE et al., 2011), até o final da escrita desta tese não foram encontrados publicações e relatos de algum S-CBIR que esteja disponível comercialmente. As razões são múltiplas, e grande parte delas vem sendo discutida constantemente na literatura e representada como *gaps* ou características específicas de S-CBIR, conforme discutido na Seção 3.3.

Para contornar esse viés e obter o entendimento necessário para conduzir um modelo de qualidade que cubra esses aspectos, muitas limitações e necessidades reais dos usuários médicos precisam ser levantadas, e as metodologias de apoio ao desenvolvimento, para a melhoria do S-CBIR, também precisam ser mais bem investigadas.

Neste capítulo, apresenta-se uma estratégia de pesquisa, que objetivou investigar, a partir da literatura (revisão sistemática) e de fontes diretas (pesquisa empírica), quais metodologias vêm sendo adotadas para apoiar o desenvolvimento e a avaliação de S-CBIR em aplicações médicas. As evidências levantadas foram utilizadas como fontes de informação para a construção do modelo de qualidade, apresentado no Capítulo 6, que poderá ser utilizado no desenvolvimento ou reengenharia dessas aplicações, buscando não apenas o aumento da qualidade do sistema, como também o amadurecimento necessário para a implantação efetiva na prática clínica.

O restante do capítulo está organizado conforme descrito a seguir: na Seção 4.1, é apresentada uma revisão sistemática baseada em um protocolo voltado para área de Engenharia de *Software* Experimental. Nesta Seção são descritos os materiais e métodos utilizados, bem como os resultados obtidos. A segunda parte da estratégia de pesquisa, relacionada a uma pesquisa empírica, está descrita na Seção 4.2. Nas subseções seguintes, são apresentados os materiais, métodos e resultados desta pesquisa. Na Seção 4.3, são dis-

cutidos os resultados das duas partes da pesquisa. Por fim, na Seção 4.4, são apresentadas as considerações finais deste capítulo.

O primeiro resultado desta estratégia de pesquisa foi publicado nos Anais do *8th annual meeting Health Technology Assessment International* (HTAi 2012). O conteúdo completo do resumo pode ser encontrado no Apêndice A. O contexto geral da estratégia de pesquisa foi submetido ao *Journal of the American Medical Informatics Association* em um artigo completo denominado “*Development and evaluation processes of CBIR systems for medical applications: systematic review, empirical research and future perspectives*” que se encontra em avaliação.

4.1 Revisão Sistemática da Literatura

4.1.1 Materiais e Métodos

A Revisão Sistemática (RS) conduzida teve como objetivo identificar e analisar os métodos de desenvolvimento e avaliação, numa perspectiva da Engenharia de *Software*, de S-CBIR em aplicações médicas, propostos na literatura. O protocolo de RS utilizado foi baseado no modelo disponível em Biolchini et al. (2005). A seguir, apresentam-se duas questões de pesquisas primárias e quatro questões secundárias, relacionadas às questões primárias que foram utilizadas para delinear as atividades da RS.

- **Questão Primária 1** - Quais métodos têm sido investigados para avaliar S-CBIR em aplicações médicas (SOUZA et al., 2012)?
- **Questão Secundária 1.1** - Os métodos identificados enfatizam a aplicabilidade ou viabilidade da implantação efetiva do sistema na prática clínica em Instituições de Saúde?
- **Questão Secundária 1.2** - Os métodos identificados tratam de aplicações CAD para garantir também a qualidade diagnóstica?
- **Questão Secundária 1.3** - Os métodos identificados são embasados em alguma metodologia da Engenharia de *Software*?
- **Questão Primária 2** - Quais modelos de qualidade têm sido propostos para contribuir com o desenvolvimento de S-CBIR em aplicações médicas?
- **Questão Secundária 2.1** - Quais características (limitações ou requisitos), que impactam o uso do sistema na prática clínica, têm sido tratadas pelos modelos?

As questões de pesquisas foram estruturadas em população, intervenção, resultados e aplicação. A população considerada são os artigos científicos aplicados nas áreas de conhecimento da computação e informática médica, mais especificamente nas subáreas de Avaliação de Tecnologias e Engenharia de *Software* aplicadas à Medicina. A intervenção considerada são os métodos utilizados na avaliação e modelos de qualidade para o desenvolvimento de S-CBIR. Os resultados esperados são as evidências de métodos que contribuam com o desenvolvimento e avaliação de sistemas CBIR. Além disso, com os resultados foi possível avaliar a maturidade e caracterizar a área de conhecimento da pesquisa em questão. Na aplicação, as evidências identificadas poderão ser utilizadas por pesquisadores e profissionais com formação ou especialização em Informática Médica (ou áreas afins) que tenham interesse no desenvolvimento, avaliação e melhorias de S-CBIR em aplicações médicas. Além disso, consideram-se, também, os profissionais interessados, de forma a permitir a repetição e auditoria do protocolo de revisão, bem como para atualizar as evidências encontradas desta RS.

Foram definidas como fontes de busca as bases de dados online que satisfaziam alguns critérios, como a disponibilidade de consulta de trabalhos por meio eletrônico, a presença de mecanismos de busca por meio de palavras-chave, a atualização da base periodicamente e a possibilidade de extração dos artigos em formato PDF (*Portable Document Format*). Basicamente, foram selecionadas quatro bases de dados eletrônicas indexadas: IEEE¹, ACM², Scopus³ e PubMed⁴. Caso necessário, poderiam ser considerados também trabalhos com indicação de especialistas. O idioma escolhido foi o inglês, por ser amplamente utilizado no meio acadêmico e também para a escrita de artigos científicos. Como tipo de trabalho, consideraram-se artigos científicos por geralmente apresentarem resultados importantes de pesquisas envolvendo trabalhos acadêmicos de nível *stricto sensu*, de forma objetiva, completa e concisa.

As palavras-chave escolhidas com termos e sinônimos relacionados foram: *method - technique, methodology, process; evaluation - evaluate, assessment; applicability - application, applicable; feasibility; cbir - content-based image retrieval; cad - computer-aided diagnosis; medical - medical image, health, clinical, hospital, radiology; model - pattern, standard, process, strategy, method; gap - requirement; development - deployment, construction, engineering, reengineering*.

Como critérios de inclusão e exclusão, considerou-se que os documentos deveriam estar disponíveis na web e contemplar a metodologia com ênfase em avaliação ou desen-

¹Disponível em <http://www.ieee.org/index.html>. Acesso em: 11/10/2012.

²Disponível em <http://dl.acm.org/>. Acesso em: 11/10/2012.

³Disponível em <http://www.scopus.com/home.url>. Acesso em: 11/10/2012.

⁴Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>. Acesso em: 11/10/2012.

volvimento de S-CBIR em aplicações médicas. Em avaliação, foram excluídos métodos de avaliação que utilizavam somente medidas tradicionais, como a medida de Precisão, Revocação e Curvas ROC) (para aplicações em CAD) (DAVIS; GOADRIC, 2006). Em desenvolvimento, foram excluídos métodos ou estratégias para outros tipos de modelos ou para sistemas que não se baseiam em modelos de qualidade.

O processo de seleção dos estudos primários foi gerenciado pela ferramenta JabRef⁵ e baseou-se em duas etapas: preliminar e final. Na preliminar, o objetivo foi aplicar as *strings* de buscas nas fontes de buscas e selecionar os artigos, por meio da leitura do título, resumo e conclusão, para uma possível inclusão, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Na Figura 14 e na Figura 15, apresentam-se as *strings* definidas por meio da combinação das palavras-chaves. Na próxima etapa, a inclusão final do artigo baseou-se na leitura completa dos artigos especificados na etapa inicial. Assim, com o conhecimento concebido pela leitura completa dos artigos, tornou-se possível responder às questões de pesquisas e, também, descrever o resumo do artigo.

(method OR technique OR methodology OR process) AND ((evaluation OR evaluate OR assessment) OR ((evaluation OR evaluate OR assessment) AND (applicability OR application OR applicable)) OR ((evaluation OR evaluate OR assessment) AND (feasibility OR feasibility))) AND ((cbir OR content-based Image retrieval OR content based image retrieval) OR ((cbir OR content-based Image retrieval OR content based image retrieval) AND (computer-aided diagnosis OR computer aided diagnosis OR CAD))) AND (medical OR medical image OR health OR clinical OR hospital OR radiology)

Figura 14 - Primeira *string* de busca referente à questão primária 1 e a suas questões secundárias

(model OR pattern OR standard OR process OR strategy and method) AND (gap OR requirement) AND (development OR deployment OR construction OR engineering OR reengineering) AND (cbir OR content-based Image retrieval OR content based image retrieval) AND (medical OR medical image OR health OR clinical OR hospital OR radiology)

Figura 15 - Segunda *string* de busca referente à questão primária 2 e a suas questões secundárias

A sumarização dos resultados foi apresentada em um relatório contendo a análise crítica dos trabalhos selecionados e, quando possível, uma comparação entre estes.

4.1.2 Resultados da Revisão Sistemática

A RS subjacente foi conduzida por um período de 50 dias, mais precisamente de janeiro a fevereiro de 2012. Ao total foram analisados 165 trabalhos retornados pelas aplicações das *strings* de buscas nas máquinas de busca eletrônica e bases de dados indexadas, de acordo com as recomendações planejadas no protocolo de revisão.

Da primeira *string* de busca, foram retornados 129 trabalhos, sendo 34 da IEEE, 6 da ACM, 54 do Scopus e 35 do PubMed. Na seleção preliminar, havia 22 trabalhos repetidos

⁵Disponível em <http://jabref.sourceforge.net/>. Acesso em: 11/10/2012.

(2 da ACM, 11 do Scopus e 9 do PubMed); 81 foram excluídos (29 da IEEE, 3 da ACM, 30 do Scopus e 19 do PubMed) totalizando em 26 pré-incluídos (5 da IEEE, 1 da ACM, 13 do Scopus e 7 do PubMed). A seleção final resultou em 23 artigos excluídos (4 da IEEE, 12 do Scopus e 7 do PubMed) e 3 incluídos que foram extraídos da IEEE, ACM e Scopus. Ainda para responder às questões de pesquisas primária 1, um único trabalho foi inserido por especialista (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).

Já na segunda *string* de busca, foram retornados 27 trabalhos, sendo 4 da IEEE, 18 da ACM, 4 da Scopus e 1 do PubMed. Na seleção preliminar, foram encontrados 12 trabalhos repetidos entre os trabalhos retornados da ACM; 11 trabalhos excluídos (3 da IEEE, 4 da ACM, 3 Scopus e 1 do PubMed) totalizando em 4 trabalhos pré-incluídos (1 da IEEE, 2 da ACM e 1 do Scopus). A seleção final resultou nos 4 artigos excluídos, dessa maneira nenhum artigo foi incluído pela execução da segunda *string* de busca.

O resultado final da RS refere-se a 4 trabalhos (3 retornados da primeira *string* de busca (RODRIGUES et al., 2003; MÜLLER et al., 2005; FILARDI; TRAINA, 2008) e 1 inserido por especialista (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009)), todos correspondem à Questão Primária 1 - método de avaliação de sistemas CBIR em aplicações médicas - e Questões Secundárias (QS) relacionadas. No Quadro 4, apresentam-se as características gerais dos trabalhos resultantes da RS, os aspectos da qualidade a serem melhorados e as respostas para as QS 1.1, 1.2 e 1.3. A discussão desses resultados é feita na Seção 4.3.

4.2 Pesquisa Empírica

4.2.1 Materiais e Métodos

A RS, apresentada na seção anterior, resultou em um número muito reduzido de artigos contendo informação sobre modelos para avaliação e desenvolvimento de S-CBIR. Isso motivou a realização de uma pesquisa que, por meio de um questionário aplicado diretamente aos próprios pesquisadores nacionais e internacionais, buscou levantar dados empíricos e mais detalhados sobre o processo de desenvolvimento desse tipo de sistema. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi averiguar quais estratégias e metodologias de desenvolvimento vêm sendo adotadas na prática.

Basicamente, o questionário é composto por 22 questões semiestruturadas relacionadas às informações pessoais dos desenvolvedores/pesquisadores e dos projetos/siste-

mas. O questionário foi automatizado pelas ferramentas *Form*⁶ *Spreadsheet*⁷ da Google⁸ e foi enviado aos desenvolvedores/pesquisadores por meio de um e-mail. No Quadro 5, apresentam-se as principais questões deste questionário, e no Apêndice B encontram-se todas as questões enviadas na íntegra.

Quadro 4 - Trabalhos incluídos e analisados da revisão sistemática

Método de Avaliação	Aspectos de Qualidade	QS
Técnica de avaliação de extrator de característica com base na visualização da distribuição de vetores de características em um espaço tridimensional (RODRIGUES et al., 2003).	Desempenho com base em abordagem visual interativa tridimensional.	1.1 Sim 1.2 Não 1.3 Não
Paradigma de avaliação para garantir a velocidade e qualidade para implantação na prática clínica de sistema CBIR em várias perspectivas (MÜLLER et al., 2005).	Desempenho e confiança.	1.1 Sim 1.2 Não 1.3 Não
Técnicas de interação humano-computador para avaliação que leva em consideração o usuário final e os fatores humanos que influenciam o fluxo-trabalho com grandes volumes de imagens (FILARDI; TRAINA, 2008).	Desempenho, funcionalidade e usabilidade com base na interação humano-computador.	1.1 Sim 1.2 Não 1.3 Sim
Ontologia de 14 gaps e sete características de S-CBIR que abordam possíveis deficiências e podem ser utilizados para análise e avaliação de desempenho <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i> do desenvolvimento do S-CBIR (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009).	Desempenho, usabilidade e aplicabilidade.	1.1 Sim 1.2 Sim 1.3 Não

A pesquisa foi conduzida em um período aproximado de 20 dias (no mês de março de 2012). Dos 35 pesquisadores que foram convidados a participar, somente 10 responderam, representando uma taxa de retorno de 29%. Não houve um critério sistemático para a seleção dos pesquisadores, porém eles são autores de, pelo menos, um dos artigos pré-incluídos e incluídos da RS.

⁶Disponível em <http://www.google.com/google-d-s/forms/>. Acesso em: 14/10/2012.

⁷Disponível em <http://www.google.com/google-d-s/spreadsheets/>. Acesso em: 14/10/2012.

⁸Disponível em <http://www.google.com>. Acesso em: 14/10/2012.

Quadro 5 - Principais questões da pesquisa empírica que foram enviadas para os desenvolvedores/pesquisadores

Perguntas sobre o projeto/sistema CBIR
1. <i>Status</i> atual do projeto/S-CBIR (em desenvolvimento, em desenvolvimento e com versão <i>beta</i> sendo utilizada por algum Centro de Pesquisa ou Instituição de Saúde, totalmente desenvolvido e com versão final sendo utilizada por algum Centro de Pesquisa ou Instituição de Saúde ou outros).
2. Por quanto tempo o projeto/S-CBIR foi desenvolvido? Se o projeto ainda está sendo desenvolvido, por favor informe por quanto tempo o sistema foi desenvolvido até a presente data, com a data inicial do projeto.
3. Foram utilizados métodos ou medidas (ou serão utilizados) para avaliar o S-CBIR? Em caso afirmativo, indicar o nome do método e uma referência para a sua documentação.
4. Foi utilizado algum processo de desenvolvimento de <i>software</i> (<i>ad-hoc</i> , cascata, incremental, ágil, unificado ou outros)?
5. Foi utilizado algum modelo de qualidade (ou algum modelo está sendo utilizado atualmente), durante o desenvolvimento do sistema (<i>ad-hoc</i> , ISO 9000, ISO/IEC 15504, ISO/TC 215, CMMI, MPS-BR ou outro)?
6. No caso do desenvolvimento ter sido realizado (ou estar sendo realizado), seguindo uma metodologia <i>ad-hoc</i> ou utilizando metodologia pouco sistemática, por favor, descrever os métodos adotados.
7. Em caso de ter utilizado (ou estar utilizando) algum modelo de qualidade, que limitações (<i>gaps</i>) foram (ou estão sendo) tratadas por ele?
8. Na sua opinião, o que pesquisadores/desenvolvedores devem fazer para aumentar a qualidade de S-CBIR, para a sua implantação efetiva na prática clínica nos serviços de saúde?
9. Em seu departamento há (ou houve) alguma colaboração com projetos relacionados com a Engenharia de <i>Software</i> ? Se sim, descreva resumidamente a relação entre as áreas (do próprio projeto e as áreas da Engenharia de <i>Software</i> utilizadas (ou sendo utilizadas) para melhorar a qualidade do projeto/S-CBIR.
10. Durante o desenvolvimento do S-CBIR, você notou que algumas de suas características, que são peculiares ao domínio médico, devem ser tratadas de maneira especial? Por exemplo, as características do <i>software</i> ou do usuário médico do <i>software</i> , que devem ser tomadas em consideração durante o desenvolvimento para obtenção de uma melhor qualidade. Se sim, quais são elas?
11. Caso o sistema esteja sendo utilizado em alguma Instituição de Saúde (como versão beta ou final), durante a fase de manutenção, você observou qualquer problema que poderia ter sido evitado se o desenvolvimento tivesse sido baseado em um modelo de qualidade (ou em um modelo de qualidade <i>ad-hoc</i> , caso você tenha adotado um)?

4.2.2 Resultados da Pesquisa Empírica

A grande maioria dos participantes/autores que responderam ao questionário, mais especificamente 90% deles, autorizou a publicação detalhada das informações, mas com restrições em relação às informações pessoais e das instituições. Para uma melhor análise, alguns resultados foram categorizados por termos ou sentenças que os definem. A seguir, apresentam-se detalhadamente as evidências levantadas sobre o processo de desenvolvimento dos S-CBIRs em aplicações médicas na comunidade científica atual. Os termos/sentenças estão apresentados em negrito.

- 10% dos sistemas encontram-se **interrompidos** ou **descontinuados**; 60% estão **em desenvolvimento**; e 30% também estão em desenvolvimento, mas com versão beta sendo avaliada em alguma Instituição de Saúde (isto é, **em avaliação**).
- 30% dos sistemas estão sendo desenvolvidos há 2 anos (ou foram desenvolvidos neste período) - **período curto**; 40% entre 3 e 5 anos aproximadamente - **período médio**; 30% entre 7 e 12 anos - **período longo**.
- 80% dos sistemas estão sendo desenvolvidos (ou foram) por até 10 pessoas - **equipe pequena**; e 20% entre 70 e 100 pessoas - **equipe grande**. Entre estas pessoas estão os desenvolvedores (estudantes, pesquisadores e educadores) das áreas de engenharias, informática biomédica e computação - e especialistas médicos (clínicos).
- 100% dos sistemas estão sendo (ou foram) avaliados com base em algum método ou procedimento *ad-hoc*, mas nem todos utilizam (ou utilizaram) a prática clínica como ambiente-base para os testes - **avaliação *ad-hoc***.
- 60% dos sistemas estão sendo (ou foram) desenvolvidos com base em **processo *ad-hoc***; 20% por **processo ágil**; 10% por **processo incremental**; e 10% não utilizaram nenhum processo (isto é, **sem processo**).
- 90% dos sistemas estão sendo desenvolvidos (ou foram) com base em **modelo de qualidade *ad-hoc***; e 10% não utilizaram nenhum modelo de qualidade para o seu desenvolvimento (isto é, **sem modelo**).
- 60% dos sistemas não estão sendo (ou foram) desenvolvidos com a colaboração de especialistas da Engenharia de *Software* (isto é, **sem colaboração com a Engenharia de *Software***).

As informações fornecidas pelos participantes mostraram algumas frentes diferentes a respeito das metodologias *ad-hoc* adotadas como modelo de qualidade. Em modelos

semelhantes aos métodos ágeis, isto é, desenvolvimento simples e rápido, nota-se que os sistemas, por algum motivo, encontram-se interrompidos ou descontinuados e, até então, foram desenvolvidos em um período curto de tempo com uma equipe considerada pequena. A metodologia de avaliação e processo utilizado basearam-se também em *ad-hoc*.

Já em modelos semelhantes ao processo Scrum, isto é, um processo de desenvolvimento iterativo e incremental, os sistemas, por meio de uma metodologia *ad-hoc* e ágil, se encontram em avaliação. Nesses sistemas participaram equipes de desenvolvimento pequena e grande, referentes a período curto e longo de tempo, respectivamente.

Em modelos baseados em testes, foi constatado que os sistemas estão em desenvolvimento por uma equipe de desenvolvimento pequena, porém por um período longo de tempo. Esses sistemas estão sendo construídos com base em método de avaliação *ad-hoc* e processo ágil.

Por fim, em modelos baseados em fluxo de trabalho clínico, os sistemas também estão em desenvolvimento, porém com uma equipe pequena em um período médio. Nesses casos, foram utilizados métodos de avaliação e processo *ad-hoc*, e constatou-se não haver colaboração com algum departamento da Engenharia de *Software*.

Além disso, como já esperado, houve poucas respostas sobre os aspectos das limitações do sistema (*gaps*) tratados pelos modelos de qualidade adotados. Uma limitação apresentada foi a dificuldade de introduzir no processo de desenvolvimento um controle de qualidade sistematizado devido à falta de recursos financeiros. Uma vez que se trata de projetos científicos, a evolução do sistema depende fortemente de projetos financiados, o que resulta na priorização das tarefas científicas, com ênfase na recuperação das imagens médicas, do que em tarefas relacionadas à qualidade.

Os participantes apresentaram também algumas características dos sistemas que são peculiares ao domínio de imagens médicas e implicam em um cuidado maior no ponto de vista dos desenvolvedores, como também interferem diretamente na qualidade do sistema (no ponto de vista da usabilidade do usuário médico e desempenho como um todo), são elas:

- Uso de valores de escala de cinza apropriados, durante o processamento das imagens, uma vez que a sensibilidade do monitor em radiologia é muito elevada.
- Anonimização das informações dos pacientes nas imagens, como garantia de privacidade, durante os testes experimentais.

- Investimento em técnicas e ferramentas para processamento de dados, como a *Hadoop/MapReduce*⁹; para tratar do grande volume de dados processados pelo sistema.
- Certificação apropriada por órgãos e instituições governamentais, como o FDA (*Food and Drug Administration*).
- Adaptações para aplicações com considerações às técnicas de realimentação por relevância.
- Desenvolvimento de interfaces de usuários que permitem formular consultas apropriadas para imagens multidimensionais e que forneçam uma visualização eficiente dos resultados.
- Integração a sistemas de uso nas rotinas dos usuários médicos como, por exemplo, ferramentas de visualização de exames e imagens.
- Integração a sistemas de armazenamento e gerenciamento de imagem, devido à grande quantidade de imagens que devem ser gerenciadas com eficiência.
- Participação dos usuários médicos durante o processo de desenvolvimento, para que o produto final seja utilizável e atenda às suas reais necessidades.

4.3 Discussão

Nesta seção discutem-se os resultados da revisão sistemática e pesquisa empírica. Os trabalhos excluídos da revisão sistemática apresentam, em sua maioria, foco em métodos e técnicas de processamento de imagens e reconhecimento de padrões. Muitas vezes, por meio de experimentos, os autores utilizaram medidas tradicionais, como precisão, revocação e curvas ROC para avaliar a eficiência e desempenho dos sistemas. Nesta pesquisa não foram considerados trabalhos que utilizam somente estas medidas como estratégias de avaliação. Estes trabalhos indicaram também a não utilização de boas práticas da Engenharia de *Software* (isto é, normas e modelos de qualidade) como ferramenta de apoio ao processo de desenvolvimento.

Os poucos trabalhos resultantes da RS evidenciam uma carência de métodos de avaliação de S-CBIR que tenham foco em uma avaliação formal e sistemática do processo de desenvolvimento e do produto resultante, inclusive com o auxílio dos próprios médicos. Constatou-se, porém, que esses trabalhos buscam avaliar aspectos pontuais e específicos

⁹Disponível em: <http://hadoop.apache.org/mapreduce/>. Acesso em 12/10/2012

de qualidade (Quadro 4). Somente um trabalho, incluído por meio de especialista, apresenta uma ontologia que, por meio de conceitos de *gaps*, pode ser utilizada como método de análise e avaliação, cobrindo, assim, os *gaps* de maneira unificada.

Com a pesquisa empírica, como já era esperado, foram levantados poucos detalhes sobre o modelo de qualidade adotado e a condução de sua aplicação, bem como do processo de desenvolvimento dos sistemas propriamente ditos. Nota-se que a maioria dos esforços tende à utilização de modelos de qualidade *ad-hoc* com ênfase no processo ágil. O uso sistemático de modelos bem estabelecidos, como o CMMI e ISO/IEC 15504, se mostra ausente. Embora exista a preocupação do controle de qualidade por parte dos desenvolvedores, eles acabam adaptando o processo de desenvolvimento e métodos de avaliação com as necessidades reais do projeto/organização, o que na maioria das vezes refere-se à falta de recursos financeiros, acarretando na mudança de direção da concentração em tarefas cientificamente desafiadoras como, por exemplo, a definição e implementação de um novo método de processamento de imagens, e não necessariamente no uso de modelos para garantir a qualidade, que como uma tarefa não científica é muitas vezes difícil de financiar. Além disso, vale ressaltar que a maioria dos projetos está em nível acadêmico, geralmente isso implica em depender de aprovações de agências de fomentos para financiá-los.

4.4 Considerações Finais

Neste capítulo, buscou-se levantar evidências sobre métodos que vêm sendo utilizados pela comunidade de Informática Médica, para avaliação e desenvolvimento de S-CBIR em aplicações médicas, com ênfase nas boas práticas da Qualidade de *Software*. Isso foi feito em duas etapas: revisão sistemática e pesquisa empírica, cada qual com uma estratégia diferente (literatura e fontes diretas).

Com a revisão sistemática, pôde ser observada uma carência desses métodos. Com a pesquisa empírica, constatou-se que grande parte dos pesquisadores participantes desenvolve seus sistemas com base em modelos de qualidade *ad-hoc* com ênfase em processo ágil, isto é desenvolvimento iterativo e incremental. Com todos os problemas levantados, pôde-se chegar a um consenso de que o uso de modelos de qualidade, adequados para este domínio de aplicação, pode contribuir com melhorias no processo de desenvolvimento dos sistemas, provavelmente elevando a qualidade esperada sob o ponto de vista dos usuários médicos, bem como a do produto final, implicando na efetivação dessas aplicações na prática clínica.

Espera-se que esta pesquisa possa auxiliar pesquisadores que necessitem de detalhes e de uma base inicial sobre o estado da arte e o estado da prática do assunto abordado, bem como possa orientá-los com base nas áreas de pesquisas levantadas.

No próximo capítulo, é apresentada uma avaliação de um S-CBIR, que teve como principal objetivo levantar dados sobre a qualidade esperada de um S-CBIR, sob o ponto de vista do usuário médico, que podem ser tratados durante o processo de desenvolvimento, e que provavelmente ainda não o foram. Basicamente, essa avaliação buscou observar a viabilidade do sistema no aspecto CAD, isto é, se realmente o sistema pode ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão no diagnóstico, bem como avaliar a satisfação do médico, nesse caso o radiologista, identificando as suas necessidades, expectativas e restrições.

5 *Avaliação de um Sistema CBIR na Radiologia*

Neste capítulo, apresenta-se a avaliação de um S-CBIR, denominado Higiiia (BEDO et al., 2012), sob o contexto clínico de imagens de mamografia. Basicamente, esta avaliação objetivou levantar dados sobre o uso do sistema, durante a rotina clínica de médicos radiologistas do HCFMRP. Assim, com base em um estudo observacional, dois testes foram aplicados: o primeiro para verificar o desempenho do sistema no ponto de vista CAD; e o segundo para avaliar a satisfação do radiologista em usar o sistema.

O primeiro teste foi realizado com a parceria de pesquisadores e desenvolvedores da ferramenta Higiiia, do GBdI-ICMC-USP, que buscaram avaliar o desempenho do S-CBIR sob outras perspectivas, com ênfase na percepção e perfis do usuário e na viabilidade clínica para a prática do auxílio ao diagnóstico.

Para este trabalho, as informações levantadas, em especial sobre a qualidade esperada do S-CBIR na visão do radiologista, foram utilizadas como fontes de informação para a construção do modelo de qualidade definido no próximo capítulo.

Todo o experimento em questão foi realizado no setor radiológico do HCFMRP (Centro de Ciências das Imagens e Física Médica - CCIFM) e foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, de acordo com o Processo HCRP nº 5502/2011, conforme apresentado no Apêndice C.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 5.1, apresentam-se os materiais e métodos utilizados ao longo do experimento; na Seção 5.2, descrevem-se os resultados e as discussões dos testes realizados; e por fim, na Seção 5.3, apresentam-se as considerações finais deste capítulo.

Conforme descrito a seguir, os primeiros resultados dessa avaliação foram publicados: um estudo que avaliou o desempenho de um S-CBIR sobre a aplicação de um determinado extrator de características foi publicado, como trabalho completo, nos Anais do X Workshop de Informática Médica (WIM - 2010); e um modelo que apresenta a estratégia

adotada na avaliação foi publicado, como resumo, nos Anais do *7th annual meeting Health Technology Assessment International* (HTAi 2011). O conteúdo completo desses trabalhos pode ser encontrado no Apêndice D e Apêndice E, respectivamente. Os resultados de todos os testes aplicados estão sendo analisados e editados em um manuscrito para o *Journal of Digital Imaging* (JDI).

5.1 Materiais e Métodos

A metodologia utilizada no experimento buscou avaliar o uso de um S-CBIR em dois aspectos:

- Desempenho como CAD, com e sem o uso do sistema;
- Satisfação do radiologista com o uso do sistema.

Para ambos os testes, além de um S-CBIR, foi necessária a definição de uma base de imagens no contexto de uso do sistema, que nesse caso refere-se à base de imagens em mamografia, conforme descrito a seguir.

5.1.1 Base de Imagens Digitais em Mamografia

A base de imagens digitais em mamografia utilizada, denominada *Digital Database for Screening Mammography*¹ (DDSM), é pública para o uso em pesquisa. Essa base contém aproximadamente 2.500 estudos, sendo que cada estudo inclui 4 imagens (sendo 2 imagens de cada mama), informações associadas às características da aquisição das imagens e do paciente (por exemplo, a idade da época do estudo, avaliação da densidade da mama, classificações da sutileza de anomalias e método BI-RADS). A DDSM fornece o acesso das imagens completas, bem como ROIs de cada imagem.

Foram selecionadas 2.893 imagens (ROIs) da DDSM para fazer parte da Base de Dados (BD) utilizada nesta avaliação. A BD foi definida com base nas seguintes classificações: benigno (benigno por biópsia e benigno por acompanhamento), maligno, densidade (no

¹Disponível em <http://marathon.csee.usf.edu/Mammography/Database.html>. Acesso em: 13/13/2012.

intervalo de 1 a 4), categoria BI-RADS² (no intervalo de 2 a 5 referente à 1ª edição do BI-RADS³) e tipo (nódulos e microcalcificações).

Uma amostra referente à 1% da BD também foi definida. As imagens da amostra foram selecionadas estatisticamente, conforme as mesmas classificações oriundas da DDSM utilizadas para a definição da BD (benigno, maligno, densidade, BI-RADS e tipo de imagem), resultando em 30 imagens (ROIs). Na Figura 16, apresentam-se exemplos de ROIs que fazem parte da amostra.

Figura 16 - Exemplos de ROIs da amostra e suas classificações de acordo com a DDSM. (a) ROI extraída de uma projeção de mamografia médio-lateral esquerda contendo uma massa associada a um tumor maligno; (b) ROI extraída de uma projeção de mamografia médio-lateral direita contendo uma massa associada a um tumor benigno; (c) ROI extraída de uma projeção de mamografia craniocaudal esquerda contendo uma calcificação associada a um tumor maligno; e (d) ROI extraída de uma projeção de mamografia craniocaudal direita contendo uma massa associada a um tumor benigno.

5.1.2 Sistema CBIR

O sistema CBIR utilizado, denominado Higii (BEDO et al., 2012), está descrito na Seção 3.4 do Capítulo 2.

Para a realização dos testes descritos nas próximas seções, o S-CBIR foi calibrado pelo extrator de características Histograma e função de distância L1⁴. Além disso, durante o processamento do sistema, foram utilizadas todas as ROIs da BD.

Inicialmente, o S-CBIR foi desenvolvido para suportar acesso remoto a um BD. Dessa forma, os testes apresentados nas próximas seções foram aplicados sob riscos do S-CBIR

²A DDSM fornece imagens classificadas pelo BI-RADS da 1ª edição, no qual apresentam-se as categorias no intervalo de 1 a 5, que são: Classe 1 - achados mamográficos negativos (normal); Classe 2 - achados mamográficos benignos (benigno); Classe 3 - achados mamográficos provavelmente benignos; Classe 4 - achados mamográficos suspeitos; e Classe 5 - achados mamográficos altamente suspeitos (maligno).

³A categoria 1 - normal - não foi selecionada porque o estudo foi analisado com base em que todas as imagens contêm pelo menos uma lesão.

⁴Informações concedidas pelo GBdI/ICMC (desenvolvedores/pesquisadores da ferramenta Higii).

ficar inoperante, devido a falhas no acesso ao BD remoto, quando houvesse problemas com a internet, por exemplo.

5.1.3 Teste de Desempenho do S-CBIR como CAD na Radiologia

Após a calibração do sistema pela melhor combinação de extrator de características e função de distância, conforme descrito na Seção 5.1.2, o S-CBIR pode ser avaliado no ponto de vista CAD. Assim, a partir do desempenho do radiologista sem e com o uso do sistema, esse teste objetivou avaliar se o S-CBIR auxilia o radiologista na tomada de decisão diagnóstica.

Para tanto, o S-CBIR foi utilizado como ambiente para realização de tarefas diagnósticas controladas, após o consentimento dos radiologistas convidados, que assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme apresentado no Apêndice F.

As tarefas diagnósticas referem-se às interações entre os radiologistas e à interface consulta do S-CBIR, isto é, a execução do S-CBIR para a classificação das imagens. Basicamente, a interface do sistema⁵ possibilitou o radiologista classificar a imagem de referência com base no tipo de lesão (massa e calcificação), categoria BI-RADS, padrão de densidade da mama e sutileza. O radiologista pôde também classificar as imagens recuperadas em cada consulta (15 no total⁶) em “as mais similares à imagem de referência”.

Durante as tarefas, as imagens de referência (ROIs das mamografias) da amostra foram utilizadas como centro de consulta, tal que cada ROI foi utilizada uma vez como imagem de referência para a consulta. Os radiologistas podiam alterar os parâmetros de classificação antes de realimentar a consulta, fazer o *feedback* de relevância, ou antes de passar para a próxima imagem de referência. Cada ciclo de consulta/classificação da mesma imagem de referência foi realimentado pelo menos duas vezes. O teste dava-se como encerrado quando todas as imagens de referência tivessem sido classificadas, ou quando o radiologista solicitasse o encerramento, ou até mesmo quando acontecesse uma situação inesperada, como um erro no sistema ou falha no acesso à internet⁷.

⁵A interface consulta da ferramenta Higii é ilustrada na Figura 12 apresentada na Seção 3.4.3 do Capítulo 3.

⁶Esse valor foi definido, de forma heurística, como uma aproximação do que seria ideal na prática clínica.

⁷As imagens utilizadas estavam armazenadas no servidor do GBdI-ICMC-USP e conforme a solicitação da Higii, as imagens eram acessadas em tempo real, por meio da internet. Qualquer eventualidade na internet implicaria diretamente na execução da Higii.

Participaram dez médicos especialistas e residentes (R) em radiologia do HCFMRP, sendo 3 radiologistas/docentes, 3 R1, 2 R2 e 2 R4. Dos 7 residentes, 4 já haviam passado pelo estágio de formação em radiologia da mama. O método de avaliação analisou a taxa de acerto do radiologista sem e com o uso do sistema, inclusive com as iterações da realimentação por relevância. Conforme descrito na Seção 5.2.1, os resultados são apresentados por meio de gráficos de precisão, contendo informações de média e desvio-padrão dos valores alcançados nas classificações.

O teste foi realizado em uma sala nas dependências do CCIFM do HCFMRP-USP, que forneceu uma infraestrutura adequada, como um computador pessoal com as configurações necessárias para execução do sistema, internet e televisão modelo Sony de 46 polegadas que foi utilizada para melhor visualização das imagens médicas.

5.1.4 Teste de Satisfação dos Radiologistas

Após as tarefas diagnósticas, os radiologistas foram submetidos a um questionário que objetivou avaliar não somente a satisfação do radiologista sobre o uso do S-CBIR, como também buscou identificar novos requisitos e validar se os já existentes estavam de acordo com as necessidades reais dos radiologistas.

O questionário classifica-se em semiestruturado, com respostas múltipla escolha e descritivas. Basicamente, o questionário é composto por seis questões pessoais (nome, e-mail, profissão - médico/docente, médico, residente e técnico em radiologia; ano de residência (caso for residente), confirmação de participação em estágio de mama, e solicitação para o recebimento dos resultados do experimento via e-mail) e uma segunda parte contendo 17 questões sobre a avaliação do sistema.

A segunda parte do questionário foi elaborada com base nas características de Usabilidade – que evidenciam a facilidade para a utilização do sistema (com as subcaracterísticas Reconhecibilidade, Apreensibilidade, Operacionalidade e Estética de interface do usuário), Adequação Funcional – que evidencia o conjunto de funções que atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o sistema (com as subcaracterísticas Adequação e Correção funcional) e Segurança - da norma ISO/IEC 25010 (2011). Além disso, um conjunto de características, baseadas nas necessidades reais do S-CBIR, foi estabelecido para a complementação das características da norma ISO/IEC 25010 no contexto deste trabalho. Essas características são listadas a seguir:

- **Geral:** evidencia o conhecimento e opinião de natureza geral.
- **Viabilidade Clínica:** evidencia a viabilidade no hospital em questão.

- **Novo:** evidencia novo(s) requisito(s) para melhoria(s) do sistema e/ou requisito(s) que pode(m) solucionar limitações.
- **Melhoria:** evidencia requisito(s) existente(s) que precisa(m) se modificado(s) para melhoria(s) do sistema e/ou para solucionar limitações.
- **Validação:** evidencia uma validação sobre a correteude de requisito(s).

O questionário foi automatizado pelas ferramentas *Form* e *Spreadsheet* da Google. No Apêndice G, apresentam-se as questões da segunda parte do questionário. Além disso, no Quadro 16, desse apêndice ilustra-se a relação entre as características (da norma ISO/IEC 25010 e descritas anteriormente) utilizadas e as perguntas do questionário.

5.2 Resultados e Discussão

Nas próximas seções, são apresentados e discutidos os resultados dos testes da Seção 5.1.3 e Seção 5.1.4, respectivamente.

5.2.1 Avaliação do Desempenho CAD na Radiologia

Durante as tarefas diagnósticas, foram realizadas 189 classificações para as 30 imagens utilizadas como centro de consulta (amostra). Dessas, 65 classificações foram realizadas sem a utilização do CBIR. Cada radiologista classificou em média seis imagens, e cada imagem foi classificada, em média, por, pelo menos, dois radiologistas distintos. Além dessas, 57, 57 e 10 classificações foram realizadas após, respectivamente a primeira, segunda e terceira interação com o sistema.

Das imagens utilizadas como centro de consulta, metade continha massa, e a outra metade continha microcalcificação. Essa divisão permitiu que a análise do resultado de precisão das classificações dos médicos fosse dividida em dois grupos: 1) Aqueles onde a imagem de consulta continha massa; e 2) Aqueles onde a imagem de consulta continha calcificação. Na Figura 1, ilustra-se o gráfico da precisão para as duas situações:

Quadro 6 - Requisitos do S-CBIR levantados durante a prática clínica

	Requisito	Tipo
1	Confiabilidade - O sistema deve ser tolerante a falhas.	
1.1	Em caso de falha, o sistema deve enviar mensagem, em tempo real, ao usuário apresentando os possíveis motivos e o procedimento para solucioná-la.	novo
1.2	Em caso de falha, o sistema deve notificar o administrador do sistema.	novo
2	Usabilidade - O sistema deve ser inteligível e operacional.	
2.1	O sistema deve desabilitar as funcionalidades que não fazem sentido estarem habilitadas.	melhoria
2.2	O sistema deve realçar a cor das imagens selecionadas como similares.	melhoria
3	Adequação Funcional - O sistema deve ser adequado ao conceito de CBIR.	
3.1	O sistema deve fornecer a opção de manipular o contraste da imagem.	novo
3.2	O sistema deve fornecer a opção de manipular o zoom (lupa) da imagem.	novo
3.3	O sistema deve fornecer a opção de manipular a visualização das imagens completas.	novo
3.4	O sistema deve fornecer a opção de manipular o parâmetro de percepção do usuário.	novo
3.5	O sistema deve fornecer a opção de manipular a classificação da imagem como “massa e calcificação”.	melhoria
3.6	O sistema deve fornecer a opção de manipular a classificação da imagem como “sem lesão”.	melhoria
3.7	O sistema deve fornecer a opção de manipular o ajuste da imagem mediante a operação de janelamento.	novo
3.8	O sistema deve fornecer a opção de manipular os marcadores de sinalização das lesões.	novo
3.9	O sistema deve ser executado em um monitor, no qual, sua configuração deve ser suficiente para garantir pelo menos a visualização/definição de uma microcalcificação.	novo
3.10	O sistema deve fornecer a opção para visualizar o histórico de paciente de cada imagem.	novo
3.11	O sistema deve fornecer opções de incidências auxiliares da imagem, como perfil, oblíquas e compressão.	novo
3.12	O sistema deve fornecer opção para delimitar lesões.	novo

Gráfico 1 - Precisão média de acerto do radiologista e do S-CBIR na classificação das imagens de mama

Na primeira situação, o CBIR ajudou o radiologista, fazendo com que esse melhorasse sua tomada de decisão com base nos dados de casos similares obtidos com o sistema. Nas classificações realizadas sem a utilização do CBIR, os médicos acertaram 89% dos casos. Em seguida, o CBIR foi calibrado com um descritor (extrator de características e função de distância) que alcançou uma média de precisão de 61% de acerto (ou seja, das 15 imagens retornadas como semelhantes, em média nove eram da mesma classe que a imagem de referência). Mesmo o sistema automático de recuperação não tendo uma média próxima à média humana, foi verificado que ele contribuiu com informações relevantes que elevaram o acerto dos médicos nas classificações. Essa melhora foi de quase 5 pontos percentuais (de 89% para 93%) no primeiro ciclo de utilização do sistema.

Já na segunda situação, o CBIR foi calibrado com um descritor que alcançou uma média de precisão de 39% (ou seja, das 15 imagens retornadas como semelhantes, em média cinco eram da mesma classe que a imagem de referência). Nas classificações realizadas sem a utilização do CBIR para as imagens de consulta dessa segunda situação, os médicos acertaram 47% dos casos. Ao utilizar o sistema, e reclassificar as mesmas imagens anteriores, a taxa de acerto do médico caiu 16 pontos percentuais (de 47% para 31%). Aparentemente, a má qualidade das informações recuperadas pelo sistema confundiu os radiologistas em seu diagnóstico, logo na primeira interação com o sistema.

Com os resultados obtidos, percebe-se algo interessante sobre a viabilidade de um S-CBIR na prática clínica e a importância de se “calibrar” corretamente os parâmetros do sistema. Nas duas situações apresentadas, o uso de um S-CBIR influenciou o radiologista em pelo menos 5% nas classificações realizadas. Em todos os casos, as 15 imagens retornadas como similares no sistema vinham acompanhadas de informações diagnósticas,

como classificação, categoria BI-RADS, densidade e sutileza da lesão. Essas informações foram levadas em consideração pelos radiologistas durante a avaliação. Isso mostrou que, quando há dúvidas no diagnóstico, essas informações influenciam a decisão médica de acordo com o teor da informação apresentada.

5.2.2 Avaliação da Satisfação dos Radiologistas

No Apêndice G, são apresentadas as respostas das 17 questões sobre a avaliação do S-CBIR. Com base nessas respostas, os seguintes itens foram levantados a respeito da satisfação dos radiologistas quanto ao uso do S-CBIR:

- 67% tiveram facilidades em manusear o sistema.
- 11% têm conhecimentos sobre esse tipo de sistema.
- 67% sentiram-se confortáveis com a utilização do sistema.
- 44% acharam que a representação das imagens está adequada a um diagnóstico inicial.
- 44% tiveram facilidades em identificar imagens similares.
- 100% sugeriram novas funcionalidades que facilitem a visualização das imagens.
- 33% tiveram facilidades na análise, interpretação e definição das imagens similares.
- 89% acreditam na CBIR (indicando que os laudos possam ser similares).
- 89% utilizariam imagens relacionadas computacionalmente como base na tomada de decisão de um diagnóstico.
- 89% indicariam esse sistema para treinamento de médicos, residentes e alunos de medicina no HCFMRP.
- 89% acreditam na viabilidade desse sistema na prática clínica do HCFMRP.

Das funcionalidades sugeridas pelos radiologistas, bem como das evidências apresentadas durante as tarefas diagnósticas, foram levantados 16 requisitos que representam as necessidades reais dos radiologistas. Para melhor entendimento, esses requisitos foram mapeados em três grupos de características de qualidade da norma ISO/IEC 25010 (Confiabilidade, Usabilidade e Adequação Funcional) e caracterizados em dois tipos: novo -

requisito que ainda não foi implementado; e melhoria - requisito que já foi implementado, mas que precisa ser modificado. Esses requisitos são descritos no Quadro 6.

Com base nessas constatações, pode-se declarar que os radiologistas têm boas expectativas quanto ao uso do S-CBIR, na prática clínica, como ferramenta que evidencia informações relevantes e que os auxilia na tomada de decisão. Em contrapartida, nota-se a necessidade da divulgação desses recursos e conceitos, inclusive de treinamento sobre o manuseio do sistema.

5.3 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada uma avaliação de um S-CBIR que objetivou levantar dados sobre a qualidade do uso desse sistema que o radiologista pretende encontrar durante a prática clínica. Esta avaliação foi dividida em duas partes, conforme descrito a seguir: Na primeira parte, foi realizado um teste com base em tarefas diagnósticas, para validar o desempenho dos radiologistas com e sem o uso do sistema em relação às classificações de massa e calcificação. Por meio de medidas de precisão, foi constatado que o melhor desempenho do sistema refere-se às imagens que continham massa do que calcificação. Dessa maneira, pode-se afirmar que a qualidade do desempenho do sistema bem como a qualidade do diagnóstico dos radiologistas dependem da calibração adequada dos parâmetros do sistema em relação ao domínio das imagens médicas. Com o uso do S-CBIR, a taxa de acerto dos radiologistas em relação às classificações melhorou significativamente. Durante as tarefas diagnósticas, foi observado que as informações das imagens recuperadas, tais como as classificações BI-RADS, densidade e sutileza das lesões foram consideradas pelos radiologistas na tomada de decisão. Provavelmente isso afetou, positivamente, a taxa de acerto dos radiologistas.

Na segunda parte, o questionário, para medir a satisfação em relação à usabilidade do sistema, indicou que grande parte dos radiologistas utilizaria o sistema como ferramenta CBIR, bem como as evidências recuperadas para a tomada de decisão. Além disso, nota-se a importância do sistema estar em conformidade com as necessidades reais dos radiologistas para o aumento da qualidade e satisfação dos radiologistas, inclusive para a implantação efetiva em uma Instituição de Saúde.

Com todo o experimento realizado (primeira e segunda parte da avaliação), um conjunto de requisitos foi levantado, alguns novos e outros indicam apenas melhorias (modificações) no sistema e representam as necessidades, restrições e expectativas dos radiologistas. Estes requisitos estão sendo implementados pelos desenvolvedores da Higiiia. Isso

contribuirá, positivamente, na conformidade entre o uso do sistema e as necessidades reais dos radiologistas, buscando o aumento da qualidade e satisfação do radiologista.

Levando em consideração todas essas informações, foi possível estabelecer uma base relevante de informações heurísticas que contribuiu com a formação do modelo de qualidade apresentado no próximo capítulo, complementando as expectativas dos pesquisadores/desenvolvedores (futuros usuários do modelo), conforme discutido na pesquisa empírica (vide Seção 4.2 do Capítulo 4), com as necessidades dos radiologistas. Neste contexto, o embasamento teórico e prático necessário para dar início à definição de um modelo de qualidade foi estabelecido.

No próximo capítulo, apresenta-se um modelo para melhorias da qualidade de S-CBIR voltada à superação de aspectos específicos dessas aplicações que, geralmente, não são tratados no desenvolvimento, o que justifica por que esses sistemas ainda não estão em uso efetivo nas Instituições de Saúde.

6 *MQ-SCBIR: Modelo de Qualidade para Melhorias de Sistemas CBIR*

Com o objetivo de apoiar o desenvolvimento de S-CBIR, com a introdução de melhorias para aumentar o nível de qualidade, buscando o uso efetivo em Instituição de Saúde, estudos sobre modelos de qualidade para melhorias de processo e produtos foram necessários. Além disso, buscou-se estudar aspectos de S-CBIR que influenciam no aumento da qualidade (SOUZA; BRAGA; AZEVEDO-MARQUES, 2012). Esses aspectos não vêm sendo tratados pelas organizações desenvolvedoras, em especial pela comunidade científica em questão.

Com base nesses estudos, criou-se o Modelo de Qualidade para melhorias de S-CBIR (MQ-SCBIR) apresentado neste capítulo, cujo objetivo é fornecer diretrizes que apoiem a implementação e a avaliação de S-CBIR no domínio médico.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 6.1, é apresentada uma descrição geral a respeito do MQ-SCBIR. A arquitetura e os componentes do MQ-SCBIR são mostrados na Seção 6.2. Na Seção 6.3, é apresentado o Modelo de Referência (MR-SCBIR), e são apresentadas diretrizes associadas que devem ser seguidas para o S-CBIR estar em conformidade com o modelo. Na Seção 6.4, é apresentado o Método de Avaliação (MA-SCBIR) que, se seguido corretamente, facilita o enquadramento do S-CBIR em relação ao nível de qualidade. Finalmente, na Seção 6.5, são apresentadas as considerações finais deste capítulo.

Conforme descrito a seguir, estudos iniciais do modelo foram publicados: um relato de experiência que avaliou se uma determinada técnica de reutilização de *software* contribui, de forma significativa, com o desenvolvimento de sistemas na área da saúde, agregando, assim, valor efetivo ao processo de desenvolvimento. Esse relato foi publicado, como artigo completo, nos Anais do XII Congresso Brasileiro de Informática na Saúde (CBIS 2010); uma proposta de modelo de qualidade para tratar de *gaps* de S-CBIR foi publicada, como

resumo expandido, nos Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB 2010); e um estudo que analisou os aspectos (*gaps* e características) de S-CBIR necessários para o contexto do modelo, bem como os processos de desenvolvimento tratados, foi aceito para publicação, como artigo completo, nos Anais do XIII Congresso Brasileiro de Informática na Saúde (CBIS 2012). O conteúdo encontra-se no Apêndice H, Apêndice I e no Apêndice J, respectivamente.

6.1 Descrição Geral

O MQ-SCBIR apresenta diretrizes de desenvolvimento que devem ser seguidas para garantir melhorias e a qualidade no S-CBIR como um todo, especialmente no quesito de desempenho e usabilidade. Essas diretrizes referem-se a atributos de produtos, bem como às melhores práticas de processos de desenvolvimento da Engenharia de *Software* que, se presentes em um sistema, podem elevá-lo ao amadurecimento necessário à implantação efetiva em uma Instituição de Saúde.

Basicamente, o MQ-SCBIR baseia-se nos seguintes modelos: o CMMI (Software Engineering Institute, 2010a) e o MPS.BR (SOFTEX, 2011d). O MQ-SCBIR busca manter os principais conceitos e características dos dois principais modelos citados como, por exemplo, a nomenclatura e o propósito dos processos do modelo MPS.BR e a estruturação por categorias do CMMI.

Embora o MPS.BR seja baseado no CMMI (e em outros modelos conforme visto anteriormente), ele apresenta alguns pontos que o diferenciam do CMMI, e que motivaram a utilização dos dois modelos como complementação para a fundamentação do MQ-SCBIR. Os principais pontos referem-se ao fato de que, enquanto o MPS.BR busca dar uma atenção especial, mas não limitada, à melhoria de micros, pequenas e médias empresas brasileiras, e em um custo reduzido, o CMMI oferece a possibilidade de melhorar a capacidade do processo em disciplinas específicas, como a Engenharia de *Software*, por exemplo.

Além da realidade brasileira, o MQ-SCBIR buscou contemplar as mesmas áreas de negócio do MPS.BR, inclusive grupos pequenos com perfis de pesquisa científica na área de Informática Médica e áreas afins. Atualmente, esses grupos são a grande maioria das organizações desenvolvedoras de S-CBIR e buscam não somente a definição de novos métodos de processamento de imagens médicas ou processamento de consultas por similaridade para uma consulta eficiente, mas também o desenvolvimento de um produto com qualidade, para que seja, de fato, utilizado na prática clínica em uma Instituição de Saúde.

Basicamente, o MQ-SCBIR se diferencia do MPS.BR ou CMMI em relação à visão de qualidade. Enquanto os modelos MPS.BR e CMMI tratam de melhorias no processo, o MQ-SCBIR busca melhorar a qualidade do produto a partir de atributos de produtos e práticas realizadas durante o processo. Isso significa que o MQ-SCBIR não substitui os modelos já existentes, ele apenas os complementa.

Os processos do MQ-CBIR foram contextualizados a partir da categoria¹ Engenharia do CMMI e mapeados para os processos equivalentes no MPS.BR, como o Gerenciamento de Requisitos, Desenvolvimento de Requisitos, Projeto e Construção do Produto, Integração do Produto, Verificação e Validação. Por meio desses processos, o MQ-SCBIR procura cobrir os seguintes aspectos de S-CBIR em aplicações médicas (SOUZA; BRAGA; AZEVEDO-MARQUES, 2012): *gaps* da literatura (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009), requisitos do processo de certificação da SBIS/CFM e requisitos sobre as reais necessidades dos médicos radiologistas.

6.2 Arquitetura do MQ-SCBIR

Conforme descrito anteriormente, o MQ-SCBIR foi construído tendo como base os modelos de qualidade MPS.BR e CMMI. Basicamente, o MQ-SCBIR é composto por dois componentes denominados Modelo de Referência (MR-SCBIR) e Método de Avaliação (MA-SCBIR) que tratam de melhorias de S-CBIR por meio de atributos de produtos e processos relacionados à categoria de Engenharia. Na Figura 17, ilustram-se os dois componentes do modelo e a metodologia utilizada.

Segundo a norma ISO 15504 (2004), modelo de referência refere-se a um modelo que compreende definições de processos no ciclo de vida, descrito em termos de propósitos e resultados, junto com uma arquitetura que descreve as relações entre os processos. Conforme descrito na Seção 6.3, o MR-SCBIR é dividido em duas partes, os atributos de produto e os processos. Ambas as partes são representadas por resultados esperados para apoiarem a conformidade do S-CBIR em relação ao MR-SCBIR.

O MA-SCBIR, apresentado na Seção 6.4, é um guia resumido para facilitar o entendimento da avaliação de S-CBIR com base no MR-SCBIR.

¹As categorias de áreas de processos são definidas no CMMI para facilitar o uso da representação contínua, bem como o entendimento da interação entre os processos, por meio da organização das áreas de processos em quatro categorias: Gestão de Processo, Gestão de Projeto, Engenharia e Suporte (Software Engineering Institute, 2010a). A categoria Engenharia tratada no MQ-SCBIR refere-se às atividades de desenvolvimento das diversas disciplinas da Engenharia de *Software*.

Figura 17 - Arquitetura do MQ-SCBIR e seus componentes

6.3 MR-SCBIR: Modelo de Referência de S-CBIR

Conforme descrito anteriormente, o MR-SCBIR apresenta diretrizes e sugestões de melhorias para o desenvolvimento e avaliação de S-CBIR. O princípio fundamental do MQ-SCBIR é garantir que alguns aspectos do S-CBIR sejam atendidos. Para isso, esses aspectos foram incorporados nas duas partes do MR-SCBIR: nos atributos de produto; e em processos, por meio de práticas comuns e específicas de S-CBIR.

Basicamente, os aspectos de S-CBIR levantados são características já definidas na literatura. Já os processos estabelecidos no MR-SCBIR complementam os processos já existentes na literatura voltados à Engenharia de *Software*.

A partir da somatória dessas melhorias em um S-CBIR, é possível enquadrá-lo em um nível de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.1.

A Figura 18 a seguir ilustra os componentes do MR-SCBIR e como eles se relacionam. A descrição de cada componente é apresentada nas próximas seções.

6.3.1 Níveis de Qualidade

Embora o MR-SCBIR contemple um conjunto de processos relacionados à categoria Engenharia, a ideia do modelo não é tratar de melhorias de processos de uma organização como todo (nível de maturidade por meio de representação por estágio) ou de um determinado processo (nível de capacidade por meio de representação contínua). No MQ-SCBIR, a visão de qualidade baseia-se no produto, isto é no S-CBIR propriamente dito.

Figura 18 - Componentes do Modelo de Referência de S-CBIR

Dessa forma, o MR-SCBIR apresenta o conceito de nível de qualidade que caracteriza a evolução de um S-CBIR para atender às necessidades reais dos usuários médicos e ao uso efetivo em Instituições de Saúde. Basicamente, os níveis de qualidade possibilitam medir a qualidade de um S-CBIR por meio do cumprimento de um conjunto de Atributos de Produto (AP) descritos em termos de resultados esperados para um determinado nível, conforme descrito na Seção 6.3.3. Além disso, como mais uma medida de enquadramento, práticas comuns e específicas de S-CBIR são sugeridas para serem implementadas durante os processos de Engenharia, que também apresentam resultados esperados associados, conforme apresentado na Seção 6.3.4. Assim, o alcance de um determinado nível de qualidade do MR-SCBIR se obtém quando são atendidos todos os resultados esperados dos APs e todas as práticas (e seus resultados esperados) sugeridas nos processos de Engenharia.

Conforme apresentado a seguir, os níveis representam uma escala que se inicia no nível F e progride até o nível A, e são acumulativos, isto é, se o S-CBIR está no nível E, significa que ele possui o nível de qualidade do nível F, e que inclui os APs dos níveis E e F. Os APs e as suas relações entre os níveis de qualidade estão apresentados na Seção 6.3.3.

- **Nível F:** Um S-CBIR no nível F atinge seu propósito quando tiver sido desenvolvido de maneira iterativa, a partir de um único contexto de modalidade de imagem, protocolo ou procedimento diagnóstico. Neste nível, não há necessidade do tratamento

dos termos significativos da imagem durante o processamento, mas a extração de características de imagens deve ser realizada automaticamente, sem a interação humana, e em uma única escala de resolução da imagem. Devido ao baixo desempenho do processamento das imagens exigido neste nível, geralmente, o S-CBIR opera sob banco de dados pequenos. Já na consulta propriamente dita, as imagens similares são recuperadas a partir de uma imagem inteira ou uma ROI. Para cada imagem retornada da consulta, o S-CBIR apresenta um número que represente a similaridade ou dissimilaridade entre ela e a imagem de referência. Além disso, a partir da solicitação do usuário, o S-CBIR é capaz de refinar e melhorar o resultado da consulta (realizar a realimentação por relevância), tendo como parâmetro, indicações de imagens mais similares, segundo a percepção do usuário.

- **Nível E:** Um S-CBIR no nível F atinge seu propósito se está no nível F, e que seja integrado a pelo menos um S-RES como, por exemplo, o PACS e o Sistema de Informação Radiológica (RIS, da sigla em inglês), para receber informações dos pacientes (imagem e texto). Durante a realimentação por relevância (refinamento da consulta), a partir da solicitação do usuário, o S-CBIR é capaz de retroceder a consultas anteriores.
- **Nível D:** Um S-CBIR no nível D atinge seu propósito se está no nível E, e quando suportar um pequeno número de modalidades de imagens, protocolos ou procedimentos diagnósticos, ou um pequeno número de combinações destes. A estratégia de desenvolvimento do processo atinge o paralelismo, no qual cada contexto da imagem é desenvolvido em paralelo e, posteriormente, suas partes são integradas. Neste nível, o S-CBIR deve ser capaz de capturar manualmente, por meio de intervenção humana, os termos representativos da imagem e processá-los. Além disso, o processamento do S-CBIR possibilita, por meio de um mapeamento entre dimensões espaciais, a rastreabilidade de toda informação associada da uma determinada ROI ou corte da imagem.
- **Nível C:** Um S-CBIR no nível C atinge seu propósito se está no nível D, e quando for capaz de iniciar o acesso a outros S-RES (da mesma instituição), para coletar dados clínicos de pacientes e realizar a consulta. No processamento de imagens, estratégias de um ambiente de computação paralela devem ser mantidas para apoiar a indexação das imagens médicas. Já na consulta, as imagens similares podem ser recuperadas também a partir de um conjunto de ROIs, juntamente com as estruturas desse conjunto. Após a primeira iteração da realimentação por relevância, o S-CBIR deve ser capaz de restaurar qualquer estágio intermediário da consulta.

- **Nível B:** Um S-CBIR no nível B atinge seu propósito se está no nível C, e quando for capaz de suportar um grande número de modalidades, protocolos ou procedimentos diagnósticos ou por um grande número de combinações destes. A estratégia de desenvolvimento atinge um nível de reutilização de *software*, no qual as características e requisitos comuns e específicos de cada modalidade, protocolos ou procedimentos diagnósticos são tratados com base no conceito de reutilização. Neste nível, o S-CBIR deve ser capaz de capturar os termos representativos da imagem de forma semiautomática, com pouca intervenção humana. Além disso, as características são extraídas automaticamente de ROIs individuais, e não em imagens inteiras, como nos níveis predecessores. Na consulta, as imagens similares podem ser recuperadas também a partir de um padrão de referência criado pelo usuário. As imagens resultantes da consulta são apresentadas juntamente com explicações, indicando a importância relativa de várias características nos resultados retornados. O S-CBIR deve ser capaz de reformular consultas entre combinações de resultados de consultas anteriores.
- **Nível A:** Um S-CBIR no nível A atinge seu propósito se está no nível B, e quando for capaz de tratar o contexto da imagem médica de forma generalizada, não havendo restrições em termos de modalidade, protocolo médico e procedimento diagnóstico. Basicamente, o S-CBIR deve ser capaz de realizar o processamento de imagens totalmente automático, no que diz respeito aos termos significativos atribuídos à imagem e à extração de características. O S-CBIR mantém a extração de características para uma determinada composição de ROIs individuais ou objetos de interesse da imagem. Além disso, representações de múltiplas escalas, que produzem imagens adicionais com resoluções menores, também são mantidas no processamento das imagens. Ainda para apoiar o processamento, para melhor desempenho, um ambiente de computação distribuída deve ser mantido para apoiar a indexação das imagens médicas sob uma arquitetura de *clusters*. Na consulta, as imagens similares são recuperadas a partir de texto ou combinações entre parâmetros de referência. O S-CBIR deve ser capaz de atender a solicitações de usuários sob novas consultas (novos refinamentos), levando em consideração todas as consultas já realizadas. Neste nível, o S-CBIR é capaz de iniciar acesso com S-RES externo à Instituição de Saúde.

6.3.2 Aspectos de S-CBIR no MQ-SCBIR

Existem alguns aspectos de S-CBIR de aplicações médicas que, se não tratados adequadamente durante o processo de desenvolvimento, podem explicar a discrepância entre os sistemas publicados na literatura e o seu uso efetivo na prática clínica.

Neste contexto, o MR-SCBIR busca cobrir alguns desses aspectos durante o desenvolvimento e avaliação de S-CBIR. Conforme ilustrado na Figura 18, esses aspectos referem-se aos *gaps* da literatura, requisitos do processo de certificação da SBIS/CFM e requisitos sobre as reais necessidades dos médicos. Mais informações podem ser encontradas no trabalho de Souza, Braga e Azevedo-Marques (2012) (Apêndice J) e no Capítulo 2.

A seguir, apresenta-se resumidamente o contexto sobre o uso de cada aspecto adotado no MR-SCBIR.

Gaps de Conteúdo

Os *gaps* de conteúdo referem-se ao *gap* de contexto de uso e ao *gap* semântico.

No *gap* de contexto de uso, considerando que a especificidade de S-CBIR (modalidade de imagem ou contexto clínico) seja uma limitação impactante, para superá-la, boas práticas baseadas em estratégias de desenvolvimento são definidas.

Primeiramente, as categorias do *gap* (não tratado, restrito, amplo e geral) foram mapeadas em AP (vide Seção 6.3.3) e associadas aos níveis de qualidade do S-CBIR (vide Seção 6.3.1). Desta maneira, quanto mais categorias de contexto de uso um S-CBIR satisfizer, mais ele supera este *gap*, conseqüentemente, maior será o nível de qualidade em que ele se enquadra. A seguir, apresentam-se outras estratégias que também foram estabelecidas e incorporadas aos níveis de qualidade:

- **Iterativo.** O S-CBIR deve ser desenvolvido por um processo iterativo, o que significa uma estratégia de planejamento que envolva o gerenciamento de uma sequência de versões executáveis. Em cada iteração, sugere-se que as peculiaridades relacionadas ao contexto da imagem e/ou contexto clínico sejam desenvolvidas.
- **Incremental.** A partir de um determinado nível de qualidade, o processo deve ser incremental, o que significa uma estratégia de planejamento estagiado em que várias partes do sistema, em especial cada contexto da imagem ou contexto clínico, são desenvolvidas, em paralelo, e integradas quando completas.

- **Reutilização.** O S-CBIR deve ser desenvolvido por um processo que trate de reutilização de *software*², o que significa que as especificidades do sistema, como as modalidades de imagem, são construídas a partir de um componente já existente, ao invés de construir do início. Assim, requisitos comuns e específicos de cada contexto de imagem são tratados com base em uma técnica de reutilização, como a Linha de Produto de *Software* (LPS), por exemplo. Em Souza et al., (2010) apresenta-se um relato de experiência sobre a aplicação de uma LPS em um arcabouço de *software* para a área da saúde.

Essas estratégias de desenvolvimento incorporadas aos níveis de qualidade facilitam e organizam a implementação de todas as categorias do *gap* de contexto de uso. Além disso, as categorias tornaram-se obrigatórias, por exemplo, um processo está no nível D se suportar um pequeno número de modalidades de imagens, protocolos ou procedimentos diagnósticos (categoria restrito), a estratégia de desenvolvimento for baseada em paralelismo, entre outros.

No *gap* semântico, considerando que a diferença existente entre a compreensão da imagem no ponto de vista do médico e computacional seja uma limitação impactante do S-CBIR, para minimizá-la, é preciso estabelecer uma relação das estruturas da imagem para o significado médico (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Para isso, algumas estratégias e práticas de desenvolvimento foram estabelecidas, conforme descrito a seguir:

- As categorias do *gap* semântico (não tratado, manual, assistido e automático) foram mapeadas em AP (vide Seção 6.3.3) e consideradas nos níveis de qualidade (vide Seção 6.3.1).
- Técnicas de Realimentação por Relevância devem ser evoluídas nos processos de desenvolvimento do MR-SCBIR. Para isso, sugere-se que a técnica mais adequada ao contexto de uso do S-CBIR seja mapeada em requisitos funcionais, que serão especificados em uma Lista de Requisitos Específicos, conforme apresentado na Seção 6.3.4.
- Dois testes são identificados para validar o desempenho de S-CBIR, conforme apresentado no processo de Validação na Seção 6.3.4.

²Reutilização de *software* é o processo de criação de *software* a partir de *software* já existente, ao invés de construir do início Krueger (KRUEGER, 1992).

***Gaps* de Característica**

Os *gaps* de característica referem-se aos seguintes *gaps*: extração, estrutura, escala, dimensão de espaço + tempo e canal.

No *gap* de extração, é discutido que o processo de extração manual de imagens é bastante trabalhoso e sujeito a erros (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Buscando superar esse *gap*, métodos de extração de características assistidos por computador (parcialmente interativo) e automáticos devem ser considerados. Na tentativa de eliminar definitivamente esse *gap*, no MR-SCBIR, considera-se somente a categoria “automático” como AP e em níveis de qualidade (vide Seção 6.3.3 e Seção 6.3.1, respectivamente). Assim, sugere-se que, desde o início do processo de desenvolvimento, o S-CBIR seja construído para não haver qualquer interação humana na extração de características, em qualquer contexto de imagem.

No *gap* de estrutura, considerando que a extração de características em uma imagem inteira é insuficiente para aplicações médicas, para superar esse *gap*, regiões de interesses (ROIs), que descrevem uma determinada parte da imagem, devem ser identificadas e caracterizadas por parâmetros apropriados. Além disso, uma vez que a extração é automática para qualquer contexto da imagem (*gap* de extração), em *gap* de estrutura, a extração de características da ROI também deve ser realizada automaticamente. As categorias do *gap* de estrutura (não tratado, local e relacional) são tratadas no MR-SCBIR como AP e nos níveis de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.3 e na Seção 6.3.1, respectivamente.

No *gap* de escala, considerando que uma imagem com resolução ampliada pode dificultar a extração de algumas características, para superar esse *gap*, a imagem pode ser processada para produzir imagens adicionais com resoluções menores, isto é, representações com múltiplas escalas de características de imagem são incorporadas ao MR-SCBIR como AP (vide Seção 6.3.3) e nos níveis de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.1. Assim, as duas categorias desse *gap* (não tratado e multi) são consideradas.

O *gap* de dimensão de espaço + tempo representa duas possíveis limitações na extração de características. A primeira ocorre quando as características forem extraídas de dados espaciais diferentes dos dados originais e o mapeamento entre os espaços não for estabelecido. Neste cenário, quando as características forem calculadas, como, por exemplo, cálculo entre características de dados 2D e dados originais 3D, essa diferença pode implicar na precisão do resultado da consulta. Para generalizar este *gap*, a segunda limitação refere-se à diferença entre o tempo em que foi realizada uma determinada extração de características e o tempo de um pós-processamento de um determinado corte de imagem,

por exemplo. Para superar esse *gap*, sugere-se que o processamento das imagens cubra um mapeamento entre os espaços e que seja possível rastrear o dado de origem, bem como informações associadas, a partir do dado de dimensão de espaço menor. Dessa forma, a categoria que representa essas limitações, denominada “intervalo completo”, é complementada e tratada, juntamente com a categoria “não tratado”, no MR-SCBIR como AP (vide 6.3.3) e nos níveis de qualidade (vide 6.3.1).

O *gap* de canal trata a dimensionalidade de dados enfatizando a intensidade de cores (como o RGB). Assim, uma vez que imagens radiológicas baseiam-se em escala de tons de cinza, esse *gap* não é aplicável ao contexto de imagens médicas na radiologia, portanto, não será tratado no MR-SCBIR.

Gaps de Desempenho

Conforme descrito a seguir, os *gaps* de desempenho referem-se aos seguintes *gaps*: aplicação, integração, indexação e avaliação.

No *gap* de aplicação, discute-se a diferença existente entre os S-CBIRs (nível conceitual) descritos na literatura e os S-CBIRs disponíveis de fato para teste e uso (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). Basicamente, este *gap* é superado quando houver evidências do aumento do nível de aplicação de S-CBIR publicadas na literatura. Para isso, entre as evidências devem constar descrição e acesso à implementação.

Com o uso do MQ-SCBIR espera-se que os S-CBIRs atinjam a qualidade estimada para serem comercializados e inseridos na prática clínica. Assim, o MQ-SCBIR pode ser uma ferramenta de apoio para superar esse *gap*. Neste contexto, no MQ-SCBIR, considera-se que um S-CBIR supera o *gap* de aplicação se for desenvolvido ou avaliado com base no MR-SCBIR e atingir o nível A de qualidade.

No *gap* de integração, discute-se que S-CBIRs podem ou não ser integrados a outros S-RES. Quando ocorre esta integração ao fluxo de trabalho clínico (superação do *gap*), o S-CBIR pode recuperar não somente as imagens médicas, mas todas as informações associadas a elas, como a história clínica, diagnóstico e tratamento do paciente. Assim, a qualidade do serviço prestado, bem como as necessidades dos médicos, está fortemente relacionada à integração do S-CBIR com S-RES.

O MR-SCBIR considera as categorias do *gap* de integração (não tratado, passivo e ativo) como AP (vide Seção 6.3.3) e nos níveis de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.1. Além disso, como atividade de apoio, requisitos necessários para tratar da integração devem ser especificados em uma lista de requisitos em particular, denominada

Lista de Requisitos de Integração de S-RES. Esses requisitos são evoluídos por todos os processos tratados no MR-SCBIR, conforme descrito na Seção 6.3.4.

No *gap* de indexação, é discutido o nível de suporte necessário para que a recuperação de imagens em grande bancos de dados seja rápida (DESERNO; ANTANI; LONG, 2009). O contrário disso implica no tempo de resposta esperado do médico. Esse parâmetro é relacionado ao desempenho crítico do S-CBIR. Assim, considerando que na prática clínica utilizam-se grandes bases de imagens, para superar esse *gap*, as categorias “não tratado”, “*hardware* suportado”, “*software* suportado” e “ambos” são consideradas no MR-SCBIR como AP e nos níveis de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.3 e na Seção 6.3.1, respectivamente.

No *gap* de avaliação, discute-se a diferença entre avaliações de S-CBIR sem e com conhecimento do padrão-ouro³ das imagens. O conhecimento do padrão-ouro da base de imagens utilizada na avaliação é essencial para garantir a precisão desta avaliação. Basicamente, sem o conhecimento do padrão-ouro, não se sabe, com certeza, o resultado esperado de um S-CBIR, o que implica em compará-lo com o resultado obtido, bem como na qualidade dos resultados de testes que utilizam medidas de avaliação que necessitam desse parâmetro, como a precisão, a revocação, e para gerar curvas ROC.

Geralmente, a falta do padrão-ouro ocorre em avaliações que utilizam grande base de dados de imagens médicas. Essas imagens não possuem informações sólidas sobre a sua classificação.

Para superar esse *gap*, avaliações devem ser realizadas sob o conhecimento do padrão-ouro das imagens utilizadas nos testes. No processo de Validação do MR-SCBIR apresentado na Seção 6.3.4, sugerem-se atividades de testes intraobservador e interobservador para definição ou avaliação do padrão-ouro das imagens.

Gaps de Usabilidade

A consulta de S-CBIR é o principal componente no ponto de vista do usuário, pois é nele que as interações entre o usuário e o sistema são realizadas. Dessa forma, considera-se que a qualidade de um S-CBIR deva garantir que a consulta seja compreendida, seu funcionamento aprendido e que seja atraente ao usuário.

Os *gaps* de usabilidade de um S-CBIR enfatizam o componente de consulta propriamente dito. Esses *gaps* são compostos pelo *gap* de consulta, *gap* de realimentação por relevância e *gap* de refinamento, conforme descrito a seguir.

³O padrão-ouro é o termo para se designar o melhor método de avaliação, em termos de sensibilidade e especificidade.

Para superar o *gap* de consulta, o S-CBIR deve fornecer mecanismos especializados de consulta e interfaces, para que o usuário possa combinar consultas textuais e visuais. Já no *gap* de realimentação por relevância, o S-CBIR deve apresentar, juntamente com as imagens similares retornadas, um número que represente a similaridade ou dissimilaridade de cada imagem. Assim, torna-se possível maior entendimento do usuário para que possa avaliar as considerações do sistema. Por fim, no *gap* de refinamento, discute-se a importância de o usuário interagir com a consulta para solicitar que seja repetida ou modificada, indicando assim as suas preferências de similaridade ou dissimilaridade. Dessa forma, o S-CBIR pode recalcular e apresentar novos resultados mais significativos, melhorando a precisão e a revocação.

O MR-SCBIR apoia a superação dos *gaps* de usabilidade considerando quase todas as suas categorias como APs e níveis de qualidade, conforme descrito na Seção 6.3.3 e na Seção 6.3.1, respectivamente. As categorias “não tratado” não foram inseridas no MR-SCBIR devido à importância, no ponto de vista do usuário, da obtenção do mínimo de características de usabilidade logo no primeiro nível de qualidade.

Além disso, o MR-SCBIR sugere que as seguintes práticas sejam estabelecidas e evoluídas nos processos de desenvolvimento apresentados na Seção 6.3.4:

- Categorias tratadas dos *gaps* de usabilidade sejam mapeadas para requisitos de interfaces;
- Características e subcaracterísticas de qualidade da norma ISO/IEC 25010 (2011) podem ser consideradas como base para atividades de elicitação de requisitos e teste de *software*;

Requisitos do Processo de Certificação da SBIS/CFM

O processo de certificação da SBIS/CFM foi escolhido como fonte de informação para o MR-SCBIR pelo fato de S-CBIR se enquadrar positivamente no contexto de um S-RES, além do processo contemplar, genericamente, os S-RESs de instituições públicas e privadas com requisitos baseados em normas ISO, resoluções do CFM, entre outros conceitos e normas nacionais e internacionais da área de Informática em Saúde que visam à melhoria da qualidade dos S-RESs no Brasil.

O enquadramento de S-CBIR no processo de certificação da SBIS/CFM engloba os seguintes requisitos:

- **Requisitos de Segurança de Nível 1 - NGS1 com acesso remoto (53 requisitos):** Garantem a privacidade, confidencialidade e integridade da informação identificada em saúde.
- **Requisitos de Assistência ambulatorial (114 requisitos):** Requisitos de Estrutura, Conteúdo e Funcionalidades para S-RES Assistencial - garantem requisitos específicos para assistência ambulatorial, tais como requisitos de sistemas de automação de consultório clínico, de informação ambulatorial, de unidades básicas de atendimento à saúde, etc., assim como a parte ambulatorial de sistemas hospitalares ou de sistemas integrados de informação em saúde.
- **Requisitos de Gerenciamento Eletrônico de Documentos - GED (6 requisitos):** Utilizados para o armazenamento e visualização de documentos relacionados à informação de saúde.

No total são 173 requisitos que, de acordo com o MR-SCBIR, devem ser introduzidos em uma lista de requisitos de apoio e tratados durante o desenvolvimento e na avaliação do S-CBIR. Assim, todos os requisitos são evoluídos por todos os processos de desenvolvimento do MR-SCBIR, conforme descrito na Seção 6.3.4.

Demais Requisitos

Estes requisitos referem-se aos requisitos que representam as necessidades reais dos médicos. Neste caso, o MR-SCBIR sugere que, a partir de um protótipo do S-CBIR, seja feito um levantamento de requisitos, por meio de técnicas de elicitação que atendam às restrições dos médicos, quanto à agilidade e rapidez da análise. Além disso, sugere que o levantamento seja feito com base em atributos de qualidade, como apresentado na norma ISO/IEC 25010. As diretrizes para esses requisitos podem ser encontradas nos processos de desenvolvimento apresentados na Seção 6.3.4.

6.3.3 Atributos de Produto

Em cada nível de qualidade definido na Seção 6.3.1, um conjunto de AP deve ser satisfeito para que se possa afirmar que o S-CBIR possui o nível de qualidade correspondente.

Conforme descrito a seguir, os APs podem ser específicos para aplicação de S-CBIR no domínio médico. O alcance de cada AP pode ser avaliado utilizando os respectivos Resultados Esperados de Atributo de Produto (RAPs). A leitura de cada RAP pode ser

feita de maneira decrescente, como por exemplo, o RAP 1 é iniciado a partir do nível F até o nível A, isso significa que passa pelo nível E, D, C, B e por último o A.

AP 1.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Contexto de Uso

- RAP 1. (No nível F) O S-CBIR bem como os produtos do processo contêm um contexto específico para uma determinada modalidade de imagem, protocolo médico e procedimento diagnóstico.
- RAP 2. (No nível F) O S-CBIR é desenvolvido de maneira iterativa. Assim, espera-se que as peculiaridades de cada contexto da imagem (relacionadas às modalidades, protocolos e procedimentos diagnósticos) sejam evoluídas por meio de iterações.
- RAP 3. (No nível E) O S-CBIR bem como os produtos gerados do processo comportam um pequeno número de modalidades, protocolos ou procedimentos de diagnóstico ou um pequeno número de combinações destes.
- RAP 4. (No nível E) Os produtos de trabalho, em especial as modalidades, protocolos ou procedimentos diagnósticos são implementados em paralelo, e suas partes são integradas posteriormente.
- RAP 5. (No nível B) O S-CBIR bem como os produtos gerados do processo comportam um grande número de modalidades ou protocolos ou procedimentos de diagnóstico, ou um grande número de combinações destes.
- RAP 6. (No nível B) Um processo de reutilização de *software* é definido e pode ser incorporado do desenvolvimento, fornecendo tratamento às características e aos requisitos comuns e específicos do S-CBIR.
- RAP 7. (No nível A) O S-CBIR bem como os produtos gerados do processo tratam, sem restrições, de qualquer modalidade ou protocolo ou procedimento de diagnóstico, ou um grande número de combinações.

AP 2.1 - O S-CBIR supera o *Gap* Semântico

- RAP 8. (No nível F) O S-CBIR não trata dos termos significativos da imagem durante o seu processamento. Assim, as imagens são indexadas por medidas estritamente matemáticas, como textura, cor e forma.
- RAP 9. (No nível D) O S-CBIR deve ser capaz de tratar os termos representativos da imagem manualmente, com a intervenção humana.

- RAP 10. (No nível B) O S-CBIR deve ser capaz de tratar os termos representativos da imagem de forma semiautomática, isto é, em algum momento existe a intervenção humana.
- RAP 11. (No nível A) O S-CBIR deve ser capaz de tratar os termos representativos da imagem automaticamente, sem a intervenção humana.

AP 3.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Extração

- RAP 12. (No nível F) O S-CBIR deve ser capaz de extrair as características das imagens de forma automática, sem a interação humana, e em qualquer contexto da imagem.

AP 4.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Estrutura

- RAP 13. (No nível F) O S-CBIR não trata da granularidade da estrutura da imagem durante o seu processamento. Assim, a extração das características é realizada em imagens completas ou globais.
- RAP 14. (No nível B) O S-CBIR deve ser capaz de extrair características de ROIs individuais.
- RAP 15. (No nível A) O S-CBIR deve ser capaz de extrair características para uma determinada composição de ROIs individuais ou objetos de interesse da imagem.

AP 5.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Escala

- RAP 16. (No nível F) O S-CBIR não trata da granularidade de detalhe visual (resolução) da imagem durante o seu processamento. Assim, a extração das características é realizada com base em uma única escala.
- RAP 17. (No nível A) O S-CBIR mantém representações de múltiplas escalas no processamento da imagem.

AP 6.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Dimensão de Espaço e Tempo

- RAP 18. (No nível F) O S-CBIS não trata da dimensão de dados de espaços diferentes dos dados originais, quando o espaço do dado for menor que o dado original.

- RAP 19. (No nível D) O S-CBIR é capaz de mapear um dado de dimensão espacial menor para um dado de dimensão maior, rastreando, assim, informações associadas.

AP 9.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Integração

- RAP 20. (Nível F) O S-CBIR não está integrado a nenhum S-RES.
- RAP 21. (Nível E) O S-CBIR está integrado a pelo menos um S-RES, no qual recebe informações do paciente (imagem e texto).
- RAP 22. (Nível C) O S-CBIR pode iniciar o acesso aos dados clínicos com um ou mais S-RES que esteja integrado.
- RAP 23. (No Nível A) O S-CBIR pode iniciar o acesso aos dados clínicos com um ou mais S-RES de outra Instituição de Saúde ou órgãos governamentais.

AP 10.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Indexação

- RAP 23. (Nível F) O S-CBIR não trata de nenhum suporte para melhorar o desempenho (rapidez) a consultas em banco de dados de imagens.
- RAP 24. (Nível C) O S-CBIR é desenvolvido com base em uma arquitetura de *hardware* especializado para indexar imagens médicas, como um ambiente de computação paralela.
- RAP 25. (Nível B) O S-CBIR é desenvolvido com base em uma arquitetura de *clusters* (ou árvores de *cluster*) para indexar imagens médicas, isto é, o sistema utiliza algoritmos adaptados à organização em *clusters* para acesso rápido aos vetores de características relevantes de uma consulta.
- RAP 26. (Nível A) O S-CBIR é desenvolvido com base em uma arquitetura de *clusters* em um ambiente de computação distribuída, para indexar as imagens médicas.

AP 11.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Consulta

- RAP 27. (A partir do nível F) O S-CBIR é capaz de recuperar imagens similares em uma base de dados a partir de uma imagem inteira ou uma ROI.
- RAP 28. (A partir do nível C) O S-CBIR é capaz de recuperar imagens similares em uma base de dados a partir de um conjunto de ROIs, bem como das estruturas desse conjunto, como textura e cor.

- RAP 29. (A partir do nível B) O S-CBIR é capaz de recuperar imagens similares em uma base de dados a partir de um padrão de referência, criado pelo próprio usuário.
- RAP 30. (A partir do nível A) O S-CBIR é capaz de recuperar imagens similares em uma base de dados a partir de um texto ou combinações de texto e RAP 27, RAP 28 e RAP 29.

AP 12.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Realimentação por Relevância

- RAP 31. (A partir do nível F) O S-CBIR apresenta como resultado da consulta imagens similares juntamente com um número que represente a similaridade ou dissimilaridade de cada imagem.
- RAP 32. (A partir do nível B) O S-CBIR apresenta como resultado da consulta explicações sobre a importância relativa de várias características nos resultados retornados das imagens.

AP 13.1 - O S-CBIR supera o *Gap* de Refinamento

- RAP 33. (A partir do nível F) O S-CBIR realiza uma nova consulta a partir da solicitação do usuário, bem como da sua classificação individual das imagens sobre o nível de relevância da imagem.
- RAP 34. (A partir do nível E) O S-CBIR deve ser capaz de fornecer o retrocesso da consulta, a partir da solicitação do usuário.
- RAP 35. (A partir do nível C) O S-CBIR deve ser capaz de restaurar qualquer estágio intermediário da consulta, a partir da solicitação do usuário.
- RAP 36. (A partir do nível B) Com base na restauração das consultas já realizadas, o S-CBIR deve ser capaz de realizar diferentes consultas, e seus resultados podem ser combinados. Por exemplo, o usuário pode fazer uma nova consulta a partir dos resultados de uma consulta inicial ou da combinação de consultas.
- RAP 37. (A partir do nível A) O S-CBIR deve ser capaz de adaptar-se às necessidades do usuário para refinar e melhorar o resultado da consulta, dentro do contexto das consultas já realizadas que podem ser recuperadas.

No Quadro 7, apresenta-se a relação entre os níveis de qualidade definidos na Seção 6.3.1 e os APs correspondentes a cada nível. Nesse ponto, vale ressaltar que além dos APs,

para um S-CBIR ser enquadrado em um determinado nível, ele precisa também satisfazer as práticas e resultados esperados definidos nos processos de desenvolvimento, conforme descrito na Seção 6.3.4.

Quadro 7 - Relação entre os níveis de qualidade do MR-CBIR e os atributos de produto

Nível	Atributos de Produto
F	AP 1.1 (RAP 1 e RAP 2), AP 2.1 (RAP 8), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13), AP 5.1 (RAP 16), AP 9.1 (RAP 20), AP 10.1 (RAP 23), AP 11.1 (RAP 27), AP 12.1 (RAP 31), AP 13.1 (RAP 33)
E	AP 1.1 (RAP 1 e RAP 2), AP 2.1 (RAP 8), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13), AP 5.1 (RAP 16), AP 9.1 (RAP 20 e RAP 21), AP 10.1 (RAP 23), AP 11.1 (RAP 27), AP 12.1 (RAP 31), AP 13.1 (RAP 33 e RAP 34)
D	AP 1.1 (RAP 1, RAP 2, RAP 3 e RAP 4), AP 2.1 (RAP 8 e RAP 9), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13), AP 5.1 (RAP 16), AP 9.1 (RAP 20 e RAP 21), AP 10.1 (RAP 23), AP 11.1 (RAP 27), AP 12.1 (RAP 31), AP 13.1 (RAP 33 e RAP 34)
C	AP 1.1 (RAP 1, RAP 2, RAP 3 e RAP 4), AP 2.1 (RAP 8 e RAP 9), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13), AP 5.1 (RAP 16), AP 9.1 (RAP 20, RAP 21 e RAP 22), AP 10.1 (RAP 23 e RAP 24), AP 11.1 (RAP 27 e RAP 28), AP 12.1 (RAP 31), AP 13.1 (RAP 33, RAP 34 e RAP 35)
B	AP 1.1 (RAP 1, RAP 2, RAP 3 e RAP 4, RAP 5 e RAP 6), AP 2.1 (RAP 8, RAP 9 e RAP 10), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13 e RAP 14), AP 5.1 (RAP 16), AP 9.1 (RAP 20, RAP 21 e RAP 22), AP 10.1 (RAP 23, RAP 24 e RAP 25), AP 11.1 (RAP 27, RAP 28 e RAP 29), AP 12.1 (RAP 31 e RAP 32), AP 13.1 (RAP 33, RAP 34, RAP 35 e RAP 36)
A	AP 1.1 (RAP 1, RAP 2, RAP 3 e RAP 4, RAP 5 e RAP 6 e RAP 7), AP 2.1 (RAP 8, RAP 9, RAP 10 e RAP 11), AP 3.1 (RAP 12), AP 4.1 (RAP 13, RAP 14 e RAP 15), AP 5.1 (RAP 16 e RAP 17), AP 9.1 (RAP 20, RAP 21 e RAP 22), AP 10.1 (RAP 23, RAP 24, RAP 25 e RAP 26), AP 11.1 (RAP 27, RAP 28, RAP 29 e RAP 30), AP 12.1 (RAP 31 e RAP 32), AP 13.1 (RAP 33, RAP 34 RAP 35, RAP 36 e RAP 37)

6.3.4 Descrição Detalhada dos Processos

Embora todos os processos do MPS.BR sejam extremamente importantes para a busca da qualidade em qualquer domínio de aplicação, os processos do MR-SCBIR visaram, inicialmente, a atender somente aos aspectos específicos de S-CBIR definidos na Seção 6.3.2. Dessa forma, os processos que compõem o MR-SCBIR foram selecionados a partir do

seguinte critério: um processo pode ser incluído quando há uma indicação de que, durante a sua implementação, pelo menos um aspecto de S-CBIR pode ser tratado. Assim, no total de 19 processos, foram incluídos seis, referentes à categoria Engenharia (definição baseada no CMMI): Gerenciamento de Requisitos (GRE), Desenvolvimento de Requisitos (DRE), Projeto e Construção do Produto (PCP), Integração do Produto (ITP), Verificação (VER) e Validação (VAL). Essa ordem é a mais compatível com a ordem natural com que são executados dentro de um processo de desenvolvimento de *software*.

Conforme apresentado na Figura 18, e descritos nesta seção, os processos são compostos pelos seguintes componentes: Referências, Propósito, Práticas Comuns e Específicas e Resultados Esperados Instanciados. As Referências apresentam informações relevantes sobre a referência do processo aos modelos CMMI e o MPS.BR. Em cada processo, um Propósito é constituído pelo objetivo geral da execução do processo.

Como todo modelo de qualidade, as práticas especificam “o que” fazer; o que deve ser cumprido e não “como fazer”. Neste contexto, a prática é a descrição de uma atividade considerada importante para a satisfação do propósito associado. No MR-SCBIR, as práticas são categorizadas em: Práticas Comuns (PC) – que descrevem atividades gerais para serem implementadas em qualquer domínio de aplicação; e as Práticas Específicas (PE) – que descrevem atividades específicas para serem implementadas em S-CBIR.

Os Resultados Esperados Instanciados (REI) são diretrizes detalhadas que orientam a interpretação e implementação de uma prática no contexto de S-CBIR. Assim, os REIs podem ser considerados como uma instanciamento da prática comum, no qual são descritos o que se espera com o exercício da prática, em termos de casos concretos ou reais. Somente as práticas que contêm informação relevante que possa, de fato, contribuir com o desenvolvimento de S-CBIR foram instanciadas.

Os REIs, bem como todos os componentes do MQ-SCBIR, não substituem o MPS.BR, eles apenas o complementam com diretrizes para implementar algumas práticas no contexto de S-CBIR. Portanto, todas as práticas e REIs definidas devem ser implementadas, inclusive as práticas comuns que não contêm REIs. Com isso, é possível avaliar as práticas de processos executados anteriormente, bem como motivar as práticas seguintes. No caso de práticas que não contêm REIs, sugere-se que o MPS.BR seja devidamente consultado.

A seguir, apresentam-se o processo de Gerência de Requisitos e seus componentes. O restante dos processos e componentes associados estão descritos no Apêndice K. As práticas e REIs estão descritos em quadros (nesta seção e no apêndice). Assim, cada categoria de prática (PC e PE) bem como cada REI têm seu quadro, em particular. A

coluna Referência MPS.BR dos quadros de PC refere-se a uma referência associada ao MPS.BR que deu origem à prática em questão.

Para cada prática e REI, é definido um identificador (ID), que facilita a sua referência. O ID segue a seguinte sintaxe: <sigla do processo> <sigla da categoria da prática ou do REI> <numeração em ordem crescente da prática ou REI>, onde as siglas dos processos encontram-se seguidas do nome do processo. Por exemplo, a leitura do ID GRE PC 1 pode ser: “prática comum um do processo de Gerência de Requisitos”.

Os quadros que apresentam os REIs são compostos pelo ID, ID da(s) prática(s) associada(s), título e o contexto do REI. Com essa composição é possível referenciar toda informação necessária para a compreensão do REI.

Processo Gerência de Requisitos (GRE)

Referências:

- CMMI. GRE é equivalente à área de processo Gestão de Requisitos da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 2 de maturidade (Gerenciado).
- MPS.BR. GRE é implementado no nível de maturidade G – Parcialmente Gerenciado.

Propósito:

Gerenciar os requisitos do produto e dos componentes do produto do projeto e identificar inconsistências entre os requisitos, os planos do projeto e os produtos de trabalho do projeto.

Práticas Comuns:**Quadro 8 -** Páticas Comuns do processo de Gerência de Requisitos

ID	Referência MPS.BR	Descrição
GRE PC 1	GRE 1	O entendimento dos requisitos é obtido junto aos fornecedores de requisitos.
GRE PC 2	GRE 2	Os requisitos são avaliados com base em critérios objetivos e um comprometimento da equipe técnica com estes requisitos é obtido.
GRE PC 3	GRE 3	A rastreabilidade bidirecional entre os requisitos e os produtos de trabalho são estabelecidos e mantidos.
GRE PC 4	GRE 4	Revisões em planos e produtos de trabalho do projeto são realizadas para identificar e corrigir inconsistências em relação aos requisitos.
GRE PC 5	GRE 5	Mudanças nos requisitos são gerenciadas ao longo do projeto.

Prática Específica:**Quadro 9 -** Prática Específica do processo de Gerência de Requisitos

ID	Descrição
GRE PE 1	As organizações criadoras dos documentos que deram origem aos requisitos da Lista de Requisitos Específicos (veja prática de ID DRE PE 1) são periodicamente consultadas para garantir que novas versões dos documentos sejam tratadas.

Resultados Esperados Instanciados:

Quadro 10 - GRE REI 1 - Obter entendimento dos requisitos de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
GRE REI 1	GRE PC 1	Obter entendimento dos requisitos de S-CBIR
<p>O entendimento dos requisitos de S-CBIR, ao longo de todo ciclo de vida dos sistemas, deve ser captado (vide resultado esperado de ID DRE REI 1) por canais adequados, sendo essas as fontes oficiais responsáveis pelo fornecimento dos requisitos. Em S-CBIR, podem-se declarar como fornecedores de requisitos, os médicos radiologistas (usuários finais do S-CBIR), os responsáveis pela TI do departamento radiológico e dos sistemas legados integrados ao sistema, bem como o pessoal do departamento administrativo da Instituição de Saúde em questão. Esses últimos podem ser classificados como clientes da organização desenvolvedora do sistema. Por exemplo, no HCFMRP, é possível captar o entendimento dos requisitos entre os médicos/docentes e residentes em radiologia. Os departamentos envolvidos referem-se ao CCIFM, Centro de Informações e Análises (CIA) e o Núcleo de Avaliação e Tecnologias em Saúde (NATS), respectivamente. Os requisitos podem ser documentados em algum documento formal do próprio CIA, seguindo um formato de especificação de requisitos baseado em conjunto de necessidades.</p> <p>Os requisitos impostos ao projeto descritos na Lista de Requisitos Específicos de S-CBIR (vide prática de ID DRE PE 1) podem ser entendidos adequadamente por meio de documentos formais que deram origem a eles, ou pelos autores ou responsáveis da organização criadora desses documentos. Os documentos referem-se a artigos científicos e ao Manual de Certificação para Registro Eletrônico em Saúde (CFM; SBIS, 2009a), versão atual 3.3, da SBIS/CFM. Para o entendimento dos demais requisitos, especialistas em processamento de imagens médicas devem ser consultados.</p> <p>Os requisitos especificados na Lista de Requisitos de Integração de S-RES (vide prática de ID DRE PE 2) referem-se aos requisitos necessários para a integração de S-RES, como o PACS, ao S-CBIR. Esses requisitos podem ser entendidos adequadamente pela equipe de desenvolvimento dos S-RESs, bem como pelas pessoas responsáveis pelo ambiente de aplicação do S-CBIR, como, por exemplo, pessoas responsáveis pela TI do departamento radiológico da instituição em questão.</p>		

Quadro 11 - GRE REI 2 - Avaliação dos requisitos de S-CBIR e comprometimento da organização

ID REI	ID Prática	Título
GRE REI 2	GRE PC 2	Avaliação dos requisitos de S-CBIR e comprometimento da organização
<p>Antes que os requisitos sejam incorporados ao escopo do projeto, eles podem ser revisados e avaliados pela organização (ou participantes do projeto) e pelos fornecedores de requisitos definidos no REI anterior. Em geral, sempre que necessário, a prática de ID GRE PC 1 pode ser novamente implementada, para a complementação dos requisitos, satisfação do usuário/cliente do sistema e o entendimento de todas as necessidades. Dessa forma, quando as partes interessadas chegam a um acordo, a organização pode se comprometer formalmente com a evolução dos requisitos acordados. Isto inclui os requisitos das listas definidas em ID DRE PE 1 e ID DRE PE 2.</p>		

Quadro 12 - GRE REI 4 - Atualização dos documentos e metodologia originais da Lista de Requisitos Específicos de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
GRE REI 4	GRE PE 1	Atualização dos documentos e metodologia originais da Lista de Requisitos Específica de S-CBIR
<p>A Lista de Requisitos Específicos (veja prática específica de ID DRE PE 1) contém requisitos específicos do S-CBIR que foram extraídos do Manual de Certificação para Registro Eletrônico em Saúde (CFM; SBIS, 2009a) e literatura, por exemplo (para as técnicas de realimentação por relevância). As organizações criadoras desses documentos (SBIS e CFM) e literatura podem ser periodicamente consultadas, para identificar novas versões, bem como novas metodologias. Dessa forma, existindo novos documentos, os requisitos da lista devem ser atualizados e um histórico de modificações deve ser mantido.</p>		

Quadro 13 - GRE REI 3 - Gerenciamento de mudanças, rastreabilidade direcional, identificação e correção das inconsistências dos requisitos de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
GRE REI 3	GRE PC 3 GRE PC 4 GRE PC 5	Do gerenciamento de mudanças e rastreabilidade direcional à identificação e correção das inconsistências dos requisitos de sistemas CBIR
<p>Os requisitos do projeto, inclusive os requisitos das listas definidas em ID DRE PE 1 e ID DRE PE 2, podem ser rastreados desde a origem do requisito até o seu detalhamento de menor nível, e vice-versa. Assim, torna-se possível assegurar que os requisitos dessas listas, bem como todos os outros requisitos de origem do projeto, foram tratados e que todos os requisitos detalhados podem ser rastreados até um requisito de origem válido.</p> <p>Esta rastreabilidade bidirecional contribui no processo de correções adequadas dos requisitos e artefatos associados que sofreram modificações, diminuindo assim a inconsistência entre eles. Durante o projeto, as modificações nos requisitos podem ocorrer por diversos fatores, desde a solicitação dos fornecedores de requisitos, como pelo resultado de uma avaliação. No caso da lista definida em ID DRE PE 1, que são requisitos específicos impostos ao projeto, as mudanças podem ocorrer por meio de atualizações das versões dos documentos originários aos requisitos, atividade tratada pela prática de ID GRE PE 1. Dessa maneira, podem ser incluídos novos requisitos, e mudanças podem ocorrer em requisitos existentes.</p> <p>O gerenciamento dessas inclusões e mudanças de requisitos de forma eficiente e eficaz torna-se uma prática importante. Tais modificações no projeto devem ser documentadas, e o histórico das mudanças e raciocínio utilizado deve ser mantido. Por exemplo, o radiologista modifica um requisito que, por meio da rastreabilidade modelada, torna-se possível recuperar toda a evolução deste requisito no projeto, bem como o impacto desta modificação. Neste contexto, correções são realizadas, e o processo torna-se gerenciado. Como apoio a automatização do processo, um sistema de gestão de processo de <i>software</i> e rastreamento de requisitos pode ser utilizado.</p>		

6.4 MA-SCBIR: Método de Avaliação de S-CBIR

O objetivo do MA-SCBIR é apresentar um guia resumido para facilitar a avaliação de um S-CBIR sob o uso do MR-SCBIR. A avaliação de um S-CBIR, segundo o MA-SCBIR,

deverá ser realizada considerando a adesão aos atributos de produtos estabelecidos em cada nível de qualidade e a adequação das práticas comuns e específicas que implementam os processos.

O MA-SCBIR foi baseado no MPS.BR (SOFTEX, 2011c), adaptando, assim, alguns conceitos e deixando-o mais simples (DINIZ, 2007). Basicamente, o resultado esperado de cada atributo de produto e prática comum ou específica deve ser categorizado em um nível de implementação, conforme apresentado a seguir:

- **Nível Totalmente Implementado (L)**

- Um produto de trabalho está presente e é julgado adequado;
- Existe pelo menos um documento que confirme que o atributo do produto ou prática foi implementado;
- Não foi notado nenhum ponto fraco substancial.

- **Nível Largamente Implementado (T)**

- Um produto de trabalho está presente e é julgado adequado;
- Existe pelo menos um documento que confirme que o atributo do produto ou prática foi implementado;
- Foi notado um ou mais pontos fracos substanciais.

- **Nível Parcialmente Implementado (P)**

- O produto de trabalho não está presente ou é julgado inadequado;
- Documentos/artefatos sugerem que alguns aspectos do resultado esperado estão implementados;
- Pontos fracos foram documentados.

- **Não Implementado (N)**

- Qualquer situação diferente das acima.

- **Não Avaliado (NA)**

- O S-CBIR não está na fase de desenvolvimento que permite atender ao resultado.

- **Fora do escopo (F)**

- O resultado esperado está fora do escopo da avaliação, conforme documentado em um plano da avaliação.

Neste contexto, um S-CBIR é considerado de nível A, B, C, D, E ou F se todos os atributos de produtos, (determinados para o nível em questão), bem como todas as práticas comuns e específicas dos processos de desenvolvimento forem considerados largamente implementadas. Como em toda avaliação de *software*, um plano de avaliação deve ser elaborado e seguido, neste caso, os requisitos de avaliação são atributos de produto e práticas, e os resultados esperados de cada um devem ser rigorosamente verificados.

6.5 Considerações Finais

Neste capítulo foi definido um modelo de qualidade para melhorias de S-CBIR no domínio de imagens médicas - MQ-SCBIR e seus componentes MR-SCBIR e MA-SCBIR. No MR-SCBIR, foram apresentados níveis de qualidade, aspectos específicos de S-CBIR que o modelo busca cobrir e atributos de produto e processos que o S-CBIR deve satisfazer para estar em conformidade com o modelo. O MA-SCBIR foi definido para caracterizar se todas as diretrizes oferecidas pelo MR-SCBIR foram implementadas adequadamente, atribuindo, assim, um nível de qualidade ao sistema avaliado. Basicamente, o MQ-SCBIR foi construído com base nos modelos de qualidade CMMI e MPS.BR; avaliações empíricas que propuseram identificar as reais necessidades dos médicos (futuros usuários do sistema), e do S-CBIR propriamente dito, no ponto de vista de desempenho como ferramenta CAD; aspectos da literatura relacionados às limitações de S-CBIR; e em experiência adquirida na prática profissional na área de Engenharia de *Software*.

O MQ-SCBIR permitiu unificar um conjunto de conceitos e experiências que devem ser tratados durante o desenvolvimento e avaliação de um S-CBIR. Porém, deve-se observar como limitação a não realização da avaliação do MQ-SCBIR. Na Engenharia de *Software*, existem modelos de qualidade para estes fins, isto é, modelos que avaliam modelos de qualidade (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004; MATOOK; INDULSKA, 2009). Por exemplo, a norma ISO/IEC 15504 (ISO/IEC 15504-1:2004, 2004) (vide Seção 2.2) é um modelo de avaliação de processos que objetiva verificar se o processo está de acordo com um modelo preestabelecido. No caso da parte 5 desta norma (ISO/IEC 15504-5 (2004), é apresentado um exemplo de modelo de avaliação de processo que é baseado no modelo de referência definido na ISO/IEC 12207 (ISO/IEC 12207:2008, 2008) (avalia-se a ISO/IEC 12207 para ilustrar o uso da norma). Em contrapartida, na prática, modelos próprios vêm sendo cons-

truídos, caracterizando-se como *ad-hoc*, e poucos trazem informações sobre a metodologia adotada, em particular, se foram avaliados e quais os métodos adotados para avaliação (WANGENHEIM et al., 2010b). Isso indica uma área na Engenharia de *Software* que ainda está em desenvolvimento. Em razão da extensão do MQ-SCBIR, para avaliá-lo em um estudo de caso, por exemplo, torna-se necessário que pelo menos um S-CBIR seja implementado, por meio de um processo de engenharia ou reengenharia de *software*, seguindo as suas diretrizes (em vários níveis para testá-los). Assim sendo, esta avaliação requer muito esforço em termos de tempo (isso envolve toda a problemática de estimativa de tempo no desenvolvimento de *software*) e pessoas (usuários do modelo - desenvolvedores e usuários do S-CBIR - médicos radiologistas).

7 Conclusões

Embora não tenham sido encontrados relatos de S-CBIR em uso em nenhuma Instituição de Saúde (em nível global), os trabalhos encontrados na literatura os apontam como uma tecnologia promissora para auxiliar o médico na tomada de decisão referente a diagnósticos (LONG et al., 2009; ZHENG, 2009). Em contrapartida, encontra-se, também, uma série de aspectos de S-CBIR que podem ser tratados durante o seu desenvolvimento para garantir a sua efetivação. Os aspectos de S-CBIR levantados neste trabalho referem-se aos 14 *gaps* de uma ontologia, que são classificados em quatro grupo de *gaps* (conteúdo, características, desempenho e usabilidade), requisitos do processo de certificação da SBIS/CFM e requisitos que representam a real necessidade dos médicos.

Todos esses aspectos justificam a discrepância entre a proliferação das metodologias - em processamento de imagem e reconhecimento de padrões - e protótipos CBIR da literatura e a falta desses na prática clínica. Essa limitação é conhecida no meio científico por *gap* de aplicação (grupo do *gap* de desempenho).

De acordo com resultados observados anteriormente por nosso grupo de pesquisa, pode-se constatar a necessidade de adequação das metodologias de apoio ao desenvolvimento do sistema, para a melhoria dos processos e do produto (características do S-CBIR). Em Souza et al. (SOUZA et al., 2012), descreve-se uma carência de métodos de avaliação de S-CBIR que tenham foco em uma avaliação formal e sistemática, inclusive com o auxílio dos próprios radiologistas. Além disso, com base em uma revisão sistemática e pesquisa empírica (vide Capítulo 4), não foram encontradas evidências de modelos de qualidade específicos para o desenvolvimento de S-CBIR, bem como a não utilização de modelos gerais estabelecidos. Em contrapartida, nota-se uma tendência da utilização de métodos *ad-hoc*, que atendam às necessidades reais da organização e do projeto. Essa falta de recursos sólidos e sistemáticos como apoio ao processo de desenvolvimento também direciona a baixa maturidade dos sistemas para serem inseridos na prática clínica.

Basicamente, seguindo as diretrizes apresentadas no MQ-SCBIR definido neste trabalho, as organizações podem desenvolver e avaliar o seu S-CBIR com base em modelos

de qualidade bem fundamentados, como o CMMI e MPS.BR, como também implementar práticas que buscam superar os *gaps* e exercitar os requisitos mencionados anteriormente. Neste contexto, o MQ-SCBIR é uma nova contribuição da área para a superação do *gap* de aplicação. A seguir, apresentam-se as principais contribuições, bem como as limitações e trabalhos futuros relacionados a cada objetivo deste trabalho (objetivos geral e específicos).

7.1 Principais Contribuições

- **MQ-SCBIR - Modelo de Qualidade para melhorias de S-CBIR:**

- Um modelo de qualidade para melhorias de S-CBIR no domínio de imagens médicas foi definido. Com este modelo, os desenvolvedores poderão guiar-se em um desenvolvimento baseado em processo ágil e incremental e poderão utilizá-lo como guia em uma engenharia dos sistemas. Por meio do método de avaliação definido, o desenvolvedor pode caracterizar o S-CBIR em um nível de maturidade e identificar os próximos atributos de qualidade necessários para atingir um novo nível de qualidade. Contudo, este modelo unifica as principais limitações de S-CBIR em práticas de desenvolvimento (vide Capítulo 6).

- **Revisão Sistemática e Pesquisa Empírica:**

- Um protocolo de revisão sistemática baseado em um método da Engenharia de *Software* Experimental, que pode ser auditado e repetido por pesquisadores interessados em levantar evidências da literatura sobre as metodologias adotadas para apoiar o desenvolvimento e a avaliação de S-CBIR (vide Capítulo 4).
- Evidências do estado da arte e estado da prática levantadas sobre as metodologias utilizadas na comunidade científica de informática médica sobre as metodologias utilizadas no desenvolvimento e avaliação de S-CBIR, bem como a confirmação de que na prática os S-CBIRs não vêm sendo desenvolvidos seguindo um modelo de qualidade apropriado. Isso motiva o estabelecimento do MQ-SCBIR (vide Capítulo 4).

- **Avaliação de um S-CBIR na radiologia:**

- Um conjunto de requisitos, que representam as necessidades reais dos radiologistas, foi levantado e está sendo implementado pelos desenvolvedores do S-CBIR (vide Capítulo 5).

- Um conjunto de informações heurísticas sobre a qualidade esperada de um S-CBIR em uso na prática clínica, no ponto de vista dos radiologistas, foi levantado e mantido como aspectos tratados no MQ-SCBIR. Por exemplo, no teste de desempenho aplicado aos radiologistas, pôde-se constatar que a qualidade do desempenho do sistema, bem como a qualidade do diagnóstico dos radiologistas, dependem da calibração adequada dos parâmetros do sistema, isto é, das técnicas de processamento de imagens utilizadas. Essa informação associa-se aos *gaps* de desempenho, características e avaliação (vide Capítulo 5).
- Um questionário para avaliar a satisfação do radiologista foi definido com base na norma ISO/IEC 25010 e pode ser utilizado também como modelo de elicitação de requisitos de S-CBIR (vide Capítulo 5).

7.2 Limitações e Trabalhos Futuros

• Evolução do MQ-SCBIR:

- Uma limitação do modelo de qualidade definido é o fato de não ter sido possível avaliá-lo. Uma avaliação de um modelo dessa extensão depende de muito esforço em termos de tempo e pessoas, o que se torna uma atividade inviável no contexto de um doutorado. Porém, como atividades futuras, pretende-se avaliar partes do modelo, em especial, as do processo de validação, que dependem de cenário e usuários reais.
- Algumas características do processo foram tratadas no MR-SCBIR como atributos de produto, isso pode gerar dificuldade em entender o problema, bem como dificultar a avaliação. Dessa forma, pretende-se refinar os atributos de produto para inserir o conceito de atributos de processo.
- As diretrizes levantadas no modelo, em especial as relacionadas aos *gaps* da literatura, apresentam conceitos ainda subjetivos. Porém, como atividades futuras, pretende-se avaliar cada prática apresentada para introduzir valores quantitativos mais objetivos, buscando uma possível relação com métricas de *software*.
- Outros aspectos que podem interferir na qualidade do S-CBIR não foram tratados, como regras do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, FDA e ANVISA. Dessa forma, estudos mais aprofundados devem ser realizados para identificar a necessidade destes novos aspectos e como podem ser tratados durante o processo de desenvolvimento, para serem mapeados ao MQ-SCBIR.

- O MQ-CBIR não apresenta diretrizes para apoiar a aquisição de S-CBIR, no ponto de vista das Instituições de Saúde que buscarão adquirir estes sistemas. Dessa forma, semelhante ao Guia de Aquisição do MPS.BR e da norma ISO/IEC 12207:2008, pretende-se definir um componente para o MQ-SCBIR, que oriente as Instituições de Saúde, por meio de um processo de aquisição específico para S-CBIR, para a garantia da qualidade do contrato e respectivos produtos e serviços entregues pelas organizações desenvolvedoras/fornecedor.
- **Reaplicação da revisão sistemática:** Uma limitação da revisão sistemática realizada neste trabalho foi a não utilização da palavra-chave *quality* nas *strings* de buscas e termos relacionados. Além disso, em uma pesquisa baseada em revisão sistemática, o protocolo de revisão tende a ser reaplicado em um período de seis a oito meses, para a atualização das referências e evidências em questão. Dessa forma, torna-se interessante que o protocolo seja reavaliado e reaplicado, para uma nova versão do MQ-SCBIR, incluindo novas fontes de buscas, como por exemplo a Scielo.
- **Validação da base de imagens utilizada na avaliação do S-CBIR:** Uma limitação no teste de desempenho realizado no S-CBIR foi a não validação das classificações das imagens utilizadas no teste como padrão-ouro. Assim, pretende-se em trabalhos futuros realizar testes intraobservador e interobservador para avaliar a base de dados utilizada e garantir que esta base seja confiável e, assim, reavaliar os dados do teste de desempenho.

Referências¹

ABRAN, A.; MOORE, J.; DUPUIS, R.; DUPUIS, R.; TRIPP, L. Guide to the software engineering body of knowledge (swebok). *2004 ed P Bourque R Dupuis A Abran and JW Moore Eds IEEE Press*, IEEE, 2001.

AGGARWAL, P.; SARDANA, H.; JINDAL, G. Content based medical image retrieval: Theory, gaps and future directions. *ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing, GVIP*, v. 9, p. 27–37, 2009.

ALLAMPALLI-NAGARAJ, G.; BICHINDARITZ, I. Automatic semantic indexing of medical images using a web ontology language for case-based image retrieval. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 18–25, 2009.

American College of Radiology. *Breast Imaging Report and Data System*. [S.l.]: ACR, 1998.

American College of Radiology. *ACR BI-RADS-Mammography, Ultrasound & Magnetic Resonance Imaging*. [S.l.]: ACR, 2003.

ANTANI, S.; LONG, L.; THOMA, G. A biomedical information system for combined content-based retrieval of spine x-ray images and associated text information. In: CITESEER. *Proceedings of the Indian Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing*. [S.l.], 2002. p. 242–247.

ANTANI, S.; LONG, R.; THOMA, G. Bridging the gap: Enabling cbir in medical applications. In: IEEE. *Computer-Based Medical Systems, 2008. CBMS'08. 21st IEEE International Symposium on*. [S.l.], 2008. p. 4–6.

ANTANI, S.; NATARAJAN, M.; LONG, J.; LONG, L.; THOMA, G. Developing a comprehensive system for content-based retrieval of image and text data from a national survey. In: CITESEER. *Proc. of SPIE Vol.* [S.l.], 2005. v. 5748, p. 153.

ANVISA. *Compêndio Normativo Jurídico Aplicado às Áreas de Tecnologia de Dispositivos Médicos, versão 3.4*. [S.l.], 2011.

ARIMURA, H.; MAGOME, T.; YAMASHITA, Y.; YAMAMOTO, D. Computer-aided diagnosis systems for brain diseases in magnetic resonance images. *Algorithms*, Molecular Diversity Preservation International, v. 2, n. 3, p. 925–952, 2009.

ARMATO, S.; ALTMAN, M.; WILKIE, J.; SONE, S.; LI, F.; DOI, K.; ROY, A. Automated lung nodule classification following automated nodule detection on ct: A serial approach. *Medical Physics*, v. 30, p. 1188, 2003.

¹De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

AZEVEDO-MARQUES, P. Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia. *SciELO Brasil*, v. 34, n. 5, 2001.

AZEVEDO-MARQUES, P.; ROSA, N.; TRAINA, A. J. M.; JR., C. T.; KINOSHITA, S.; RANGAYYAN, R. Reducing the semantic gap in content-based image retrieval in mammography with relevance feedback and inclusion of expert knowledge. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Springer Berlin / Heidelberg, v. 3, p. 123–130, 2008. ISSN 1861-6410. 10.1007/s11548-008-0154-4. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11548-008-0154-4>>.

BACH, J.; FULLER, C.; GUPTA, A.; HAMPAPUR, A.; HOROWITZ, B.; HUMPHREY, R.; JAIN, R.; SHU, C. The virage image search engine: an open framework for image management. In: *Proceedings of SPIE*. [S.l.: s.n.], 1996. v. 2670, p. 76–87.

BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B. *Modern Information Retrieval*. 1st. ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999. ISBN 020139829X.

BAI, B.; KANTOR, P.; SHOKOUFANDEH, A.; SILVER, D. fmri brain image retrieval based on ica components. In: IEEE. *Current Trends in Computer Science, 2007. ENC 2007. Eighth Mexican International Conference on*. [S.l.], 2007. p. 10–17.

BALAN, A.; TRAINA, A.; JR, C. T.; AZEVEDO-MARQUES, P. Fractal analysis of image textures for indexing and retrieval by content. In: IEEE. *Computer-Based Medical Systems, 2005. Proceedings. 18th IEEE Symposium on*. [S.l.], 2005. p. 581–586.

BALAN, A.; TRAINA, A. J. M.; RIBEIRO, M.; MARQUES, P.; JR, C. T. Head: The human encephalon automatic delimiter. *IEEE Computer Society*, p. 171–176, 2007.

BALLERINI, L.; LI, X.; FISHER, R.; REES, J. A query-by-example content-based image retrieval system of non-melanoma skin lesions. *Medical Content-Based Retrieval for Clinical Decision Support*, Springer, p. 31–38, 2010.

BASILI, V.; GREEN, S.; LAITENBERGER, O.; SHULL, F.; SØRUMGÅRD, S.; ZELKOWITZ, M. *The empirical investigation of perspective-based reading*. College Park, MD, USA, 1995.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. *Software architecture in practice*. 2nd. ed. [S.l.]: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2003.

BEDO, M. V. N.; PONCIANO-SILVA, M.; KASTER, D.; BUGATTI, P.; JR, C. T.; TRAINA, A. J. M. Higii: A perceptual medical cbir system applied to mammography classification. In: . [S.l.: s.n.], 2012.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P.; NATALI, A.; TRAVASSOS, G. *Systematic Review in Software Engineering: Relevance and Utility*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

BOEHM, B.; SYSTEMS, T.; ENERGY. Characteristics of software quality. North-Holland Pub. Co., v. 1, p. 169, 1978.

BOISSEL, J.; CUCHERAT, M.; AMSALLEM, E.; NONY, P.; FARDEHEB, M.; MANZI, W.; HAUGH, M. Getting evidence to prescribers and patients or how to make ebm a reality. *Studies in health technology and informatics*, U. K. Pubmed central, v. 95, p. 554–559, 2003.

BOSCH, A.; MUÑOZ, X.; MARTÍ, R. Which is the best way to organize/classify images by content? *Image and vision computing*, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 778–791, 2007.

BOURQUE, P.; DUPUIS, R. Guide to the software engineering body of knowledge 2004 version. *Software Engineering Body of Knowledge 2004 SWEBOK, Guide to the*, IEEE, 2004.

BRODLEY, C.; KAK, A.; SHYU, C.; DY, J.; BRODERICK, L.; AISEN, A. Content-based retrieval from medical image databases: A synergy of human interaction, machine learning and computer vision. In: JOHN WILEY & SONS LTD. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. [S.l.], 1999. p. 760–767.

BROWN, A.; WALLNAN, K. Engineering of component-based systems. In: PUBLISHED BY THE IEEE COMPUTER SOCIETY. *iceecs*. [S.l.], 1996. p. 414–422.

BUGATTI, P. H. *Desenvolvimento de um arcabouço integrando novas funções de distância para recuperação de imagens por conteúdo, realimentação de relevância e perfis de usuário para responder consultas por similaridade*. Tese (Qualificação de Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2010.

CAI, D.; HE, X.; LI, Z.; MA, W.; WEN, J. Hierarchical clustering of www image search results using visual, textual and link information. In: ACM. *Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*. [S.l.], 2004. p. 952–959.

CARSON, C.; THOMAS, M.; BELONGIE, S.; HELLERSTEIN, J.; MALIK, J. Blobworld: A system for region-based image indexing and retrieval. In: SPRINGER. *Visual Information and Information Systems*. [S.l.], 1999. p. 660–660.

CARVALHO, D. *Qualidade de sistemas de informação hospitalar*. Tese (Dissertação de Mestrado) — COPPE/UFRJ, 1997.

CASS, A.; VÖLCKER, C.; OUARED, R.; DORLING, A.; WINZER, L.; CARRANZA, J. Spice for space trials, risk analysis, and process improvement. *Software Process: Improvement and Practice*, Wiley Online Library, v. 9, n. 1, p. 13–21, 2004.

CFM; SBIS. *Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES), versão 3.3*. [S.l.], 2009.

CFM; SBIS. *Manual Operacional de Ensaios e Análises para Certificação de S-RES, versão 1.2*. [S.l.], 2009.

CHEN, Y.; WANG, J.; KROVETZ, R. Clue: Cluster-based retrieval of images by unsupervised learning. *Image Processing, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 8, p. 1187–1201, 2005.

CONRADI, R.; BASILI, V. R.; CARVER, J.; SHULL, F.; TRAVASSOS, G. H. *A Pragmatic Documents Standard for an Experience Library: Roles, Documents, Contents and Structure*. [S.l.], 2001.

DAVIS, J.; GOADRICH, M. The relationship between precision-recall and roc curves. In: ACM. *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*. [S.l.], 2006. p. 233–240.

DEMNER-FUSHMAN, D.; ANTANI, S.; SIMPSON, M.; THOMA, G. Annotation and retrieval of clinically relevant images. *International Journal of Medical Informatics*, Radiological Society of North America, v. 78, n. 12, p. e59–e67, 2009.

DEPEURSINGE, A.; DUC, S.; EGCEL, I.; MULLER, H. Mobile medical visual information retrieval. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 16, n. 1, p. 53–61, 2012.

DEPEURSINGE, A.; FISCHER, B.; MÜLLER, H.; DESERNO, T. Prototypes for content-based image retrieval in clinical practice. *The open medical informatics journal*, Bentham Science Publishers, v. 5, n. Suppl 1, p. 58, 2011.

DEPEURSINGE, A.; IAVINDRASANA, J.; COHEN, G.; PLATON, A.; POLETTI, P.; MULLER, H. Lung tissue classification in hrt data integrating the clinical context. In: IEEE. *21st IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*. [S.l.], 2008. p. 542–547.

DESERNO, T.; ANTANI, S.; LONG, R. Ontology of gaps in content-based image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, Springer, v. 22, n. 2, p. 202–215, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10278-007-9092-x>>.

DESERNO, T.; ANTANIB, S.; LONG, R. Gaps in content-based image retrieval. In: *Proc. of SPIE Vol.* [S.l.: s.n.], 2007. v. 6516, p. 65160J–1.

DINIZ, A. S. *PROREQ - Um Guia facilitador para a implantação dos Processos de Gestão de Requisitos*. Tese (Dissertação de Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2007.

DOI, K. Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *British Journal of Radiology*, British Institute of Radiology, v. 78, n. 1, p. s3–s19, 2005.

DOI, K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: Historical review, current status and future potential. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, v. 31, p. 198–211, 2007.

DOI, K.; MACMAHON, H.; GIGER, M.; HOFFMANN, K. Computer-aided diagnosis and its potential impact on diagnostic radiology. *Computer-aided diagnosis in medical imaging*, Elsevier Science, p. 11–20, 1999.

- DORILEO, E.; FRADE, M.; ROSELINO, A.; RANGAYYAN, R.; AZEVEDO-MARQUES, P. Color image processing and content-based image retrieval techniques for the analysis of dermatological lesions. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2008. p. 1230–1233.
- DOULAMIS, N.; DOULAMIS, A. Evaluation of relevance feedback schemes in content-based in retrieval systems. *Signal Processing: Image Communication*, Elsevier, v. 21, n. 4, p. 334 – 357, 2006. ISSN 0923-5965.
- EAKINS, J.; GRAHAM, M.; PROGRAMME, J. I. S. C. T. A. *Content-based image retrieval*. [S.l.]: JTAP, 1999.
- EGAN, J. Signal detection theory and {ROC} analysis. Academic Press, 1975.
- EL-NAQA, I.; YANG, Y.; GALATSANOS, N.; NISHIKAWA, R.; WERNICK, M. A similarity learning approach to content-based image retrieval: Application to digital mammography. *Medical Imaging*, v. 23, n. 10, p. 1233–1244, October 2004.
- ENSER, P.; SANDOM, C. Towards a comprehensive survey of the semantic gap in visual image retrieval. *Image and Video Retrieval*, Springer, p. 163–168, 2003.
- FELIPE, J.; JR, C. T.; TRAINA, A. A new family of distance functions for perceptual similarity retrieval of medical images. *Journal of Digital Imaging*, Springer, v. 22, n. 2, p. 183–201, 2009.
- FELIPE, J.; RIBEIRO, M.; SOUSA, E.; TRAINA, A.; JR, C. T. Effective shape-based retrieval and classification of mammograms. In: ACM. *Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied computing*. [S.l.], 2006. p. 250–255.
- FELIPE, J.; TRAINA, A.; JR, C. T. Retrieval by content of medical images using texture for tissue identification. IEEE Computer Society, p. 175–180, 2003.
- FENG, H.; SHI, R.; CHUA, T. A bootstrapping framework for annotating and retrieving www images. In: ACM. *Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*. [S.l.], 2004. p. 960–967.
- FILARDI, A.; TRAINA, A. Combining human-computer interaction techniques to evaluate content-based image retrieval systems. In: . Vila Velha, ES: [s.n.], 2008. p. 170–177. ISBN 9781605581705. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-76949139568&partnerID=40&md5=cd91e20efc03a5f000cd8f7bfb63e5cd>>.
- FREER, T.; ULISSEY, M. Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12,860 patients in a community breast center. *Radiology*, Radiological Society of North America, v. 220, n. 3, p. 781–786, 2001.
- GIGER, M. Computer-aided diagnosis of breast lesions in medical images. *Computing in Science & Engineering*, IEEE, v. 2, n. 5, p. 39–45, 2000.

- GIGER, M.; HUO, Z.; VYBORNÝ, C.; LAN, L.; BONTA, I.; HORSCH, K.; NISHIKAWA, R.; ROSENBOROUGH, I. Intelligent cad workstation for breast imaging using similarity to known lesions and multiple visual prompt aids. In: *Proceedings of SPIE*. [S.l.: s.n.], 2002. v. 4684, p. 768.
- GLENFORD, J.; SANDLER, C.; BADGETT, T. *The art of software testing*. 3rd. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- GOMAA, H. *Designing software product lines with UML*. 1st. ed. Boston: Addison-Wesley Boston, 2004.
- GONZÁLEZ, R.; WOODS, R. *Digital image processing*. 3rd. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2008.
- GOSSELIN, P.; CORD, M. A comparison of active classification methods for content-based image retrieval. In: ACM. *Proceedings of the 1st international workshop on Computer vision meets databases*. [S.l.], 2004. p. 51–58.
- GRISOLIA, S. V. *Uso de assistentes pessoais digitais no prontuário médico eletrônico*. Tese (Dissertação de Mestrado) — COPPE/UFRJ, 1999.
- GÜLD, M.; THIES, C.; FISCHER, B.; LEHMANN, T. A generic concept for the implementation of medical image retrieval systems. *International Journal of Medical Informatics*, Elsevier, v. 76, n. 2-3, p. 252–259, 2007.
- GUPTA, S.; CHYN, P.; MARKEY, M. Breast cancer cad based on bi-radsTM descriptors from two mammographic views. *Medical physics*, v. 33, n. 6, p. 1810, 2006.
- HAN, J.; NGAN, K.; LI, M.; ZHANG, H. A memory learning framework for effective image retrieval. *Image Processing, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 4, p. 511–524, 2005.
- HERSH, W.; MÜLLER, H.; KALPATHY-CRAMER, J. The imageclefmed medical image retrieval task test collection. *Journal of Digital Imaging*, Springer, v. 22, n. 6, p. 648–655, 2009.
- HOI, S.; LYU, M.; JIN, R. A unified log-based relevance feedback scheme for image retrieval. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, IEEE Computer Society, v. 18, n. 4, p. 509–524, 2006.
- HOUSSAMI, N.; GIVEN-WILSON, R.; CIATTO, S. Early detection of breast cancer: overview of the evidence on computer-aided detection in mammography screening*. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, Wiley Online Library, v. 53, n. 2, p. 171–176, 2009.
- HSU, W.; ANTANI, S.; LONG, L.; NEVE, L.; THOMA, G. Spirs: A web-based image retrieval system for large biomedical databases. *International Journal of Medical Informatics*, v. 78, n. Supplement 1, p. S13–S24, 2009. ISSN 1386-5056. MedInfo 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505608001676>>.

HUANG, H. *PACS and imaging informatics: basic principles and applications*. 2nd. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

ISO 8402:1986. *ISO 8402:1986 Quality – Vocabulary*. [S.l.]: International Standards Organization, 1986.

ISO 9000:2005. *Quality management systems - Fundamentals and vocabulary*. [S.l.]: International Standards Organization, 2005.

ISO/IEC 12119:1994. *Information technology - Software packages - Quality requirements and testing*. [S.l.]: International Standards Organization, 1994.

ISO/IEC 12207:1995/Amd 1:2002. *Amendment: Information technology - Amendment 1 to ISO/IEC 12207, The International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission*. [S.l.]: International Standards Organization, 2002.

ISO/IEC 12207:1995/Amd 2:2004. *Amendment: Information technology - Amendment 2 to ISO/IEC 12207, The International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission*. [S.l.]: International Standards Organization, 2004.

ISO/IEC 12207:2008. *Systems and software engineering - Software life cycle processes*. International Standards Organization, 2008.

ISO/IEC 14598-5:1998. *Information technology – Software product evaluation - Part 5: Process for evaluators*. [S.l.]: International Standards Organization, 1998.

ISO/IEC 15504-1:2004. *Information technology - Process assessment - Part 1: Concepts and vocabulary*. [S.l.]: International Standards Organization, 2004.

ISO/IEC 15504-2:2003. *Information technology - Process assessment - Part 2: Performing an assessment*. [S.l.]: International Standards Organization, 2003.

ISO/IEC 15504-3:2004. *Information technology - Process assessment - Part 3: CGuidance on Performing an Assessment*. [S.l.]: International Standards Organization, 2004.

ISO/IEC 15504-4:2004. *Information technology - Process assessment - Part 4: Guidance on use for Process Improvement and Process Capability Determination*. [S.l.]: International Standards Organization, 2004.

ISO/IEC 15504-5:2004. *Information technology - Process assessment - Part 5: An exemplar Process Assessment Model*. [S.l.]: International Standards Organization, 2004.

ISO/IEC 2382-1:1993. *Information technology - Vocabulary - Part 1: Fundamental terms*. [S.l.]: International Standards Organization, 1993.

ISO/IEC 25000:2005. *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. [S.l.]: International Standards Organization, 2005.

ISO/IEC 25010:2011. *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. [S.l.]: International Standards Organization, 2011.

- ISO/IEC 9126-1:2001 . *Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model*. [S.l.]: International Standards Organization, 2001.
- ISO/IEC TR 9126-2:2003. *Software engineering - Product quality - Part 2: External metrics* . [S.l.]: International Standards Organization, 2003.
- ISO/IEC TR 9126-3:2003. *Software engineering - Product quality - Part 3: Internal metrics*. [S.l.]: International Standards Organization, 2003.
- ISO/IEC TR 9126-4:2004. *Software engineering - Product quality - Part 4: Quality in use metrics* . [S.l.]: International Standards Organization, 2004.
- JIANG, S.; HUANG, T.; GAO, W. An ontology-based approach to retrieve digitized art images. In: IEEE COMPUTER SOCIETY. *Proceedings of the 2004 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*. [S.l.], 2004. p. 131–137.
- JR., C. T.; TRAINA, A. J.; ARAÚJO, M.; BUENO, J. M.; CHINO, F. J.; RAZENTE, H.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. Using an image-extended relational database to support content-based image retrieval in a pacs. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Elsevier, v. 80, p. S71–S83, 2005.
- JR, C. T.; TRAINA, A. J. M.; SEEGER, B.; FALOUTSOS, C. Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes. *Advances in Database Technology EDBT 2000*, Springer, p. 51–65, 2000.
- KAPLAN, B.; LUNDSGAARDE, H. Toward an evaluation of an integrated clinical imaging system: identifying clinical benefits. *Methods of information in medicine*, UK Pubmed Central, v. 35, n. 3, p. 221–229, 1996.
- KHERFI, M.; ZIOU, D. Relevance feedback for cbir: a new approach based on probabilistic feature weighting with positive and negative examples. *Image Processing, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 15, n. 4, p. 1017–1030, 2006.
- KINOSHITA, S.; AZEVEDO-MARQUES, P. de; PEREIRA, R.; RODRIGUES, J.; RANGAYAN, R. Content-based retrieval of mammograms using visual features related to breast density patterns. *Journal of Digital Imaging*, Springer New York, v. 20, p. 172–190, 2007. ISSN 0897-1889. 10.1007/s10278-007-9004-0. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10278-007-9004-0>>.
- KITCHENHAM, B. *Procedures for performing systematic reviews*. [S.l.], 2004.
- KORN, P.; SIDIROPOULOS, N.; FALOUTSOS, C.; SIEGEL, E.; PROTOPAPAS, Z. Fast and effective retrieval of medical tumor shapes. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 10, n. 6, p. 889–904, 1998.
- KOSCIANSKI, A.; SOARES, M. *Qualidade de Software*. 1st. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2007.
- KRAINAK, D.; LONG, L.; THOMA, G. Method of content-based retrieval for a spinal x-ray image database. In: *Proceedings of IS&T/SPIE Medical Imaging 2002: PACS and Integrated Medical Systems*. [S.l.: s.n.], 2002. v. 4685, p. 108–116.

- KRUEGER, C. Software reuse. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, ACM, v. 24, n. 2, p. 131–183, 1992.
- KUMAR, V. D.; THOMAS, T.; MENON, K. Content-based image retrieval of spine radiographs with scoliosis. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, v. 22, n. 4, p. 284–289, 2009.
- LAM, M.; DISNEY, T.; PHAM, M.; RAICU, D.; FURST, J.; SUSOMBOON, R. Content-based image retrieval for pulmonary computed tomography nodule images. In: CITESEER. *SPIE Medical Imaging Conference*. [S.l.], 2007.
- LEBOZEC, C.; JAULENT, M.; ZAPLETAL, E.; DEGOULET, P. Unified modeling language and design of a case-based retrieval system in medical imaging. In: AMERICAN MEDICAL INFORMATICS ASSOCIATION. *Proceedings of the AMIA Symposium*. [S.l.], 1998. p. 887–891.
- LEHMANN, T.; DESELAERS, T.; SCHUBERT, H.; GÜLD, M.; THIES, C.; FISCHER, B.; SPITZER, K. A content-based approach to image retrieval in medical applications. *Aachen University of Technology*, 2006.
- LEHMANN, T.; GÜLD, M.; THIES, C.; FISCHER, B.; KEYSERS, D.; KOHNEN, M.; SCHUBERT, H.; WEIN, B. Content-based image retrieval in medical applications for picture archiving and communication systems. In: CITESEER. *Proceedings SPIE*. [S.l.], 2003. v. 5033, p. 109–117.
- LEW, M.; SEBE, N.; DJERABA, C.; JAIN, R. Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, ACM, New York, NY, USA, v. 2, p. 1–19, February 2006. ISSN 1551-6857. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1126004.1126005>>.
- LI, B.; YUAN, S. A novel relevance feedback method in content-based image retrieval. In: IEEE. *Information Technology: Coding and Computing, 2004. Proceedings. ITCC 2004. International Conference on*. [S.l.], 2004. v. 2, p. 120–123.
- LI C.T. WEI, C.; WILSON, R. A content-based approach to medical image database retrieval. In: in: Z. Ma (Ed.), *Database Modeling for Industrial Data Management: Emerging Technologies and Applications*, Idea Group Publishing. [S.l.]: Group Publishing, 2006. p. 258–291.
- LIMA, K. V. C. *Uma aplicação de telemedicina em cardiologia*. Tese (Dissertação de Mestrado) — COPPE/UFRJ, 1999.
- LIU, Y.; ZHANG, D.; LU, G.; MA, W. A survey of content-based image retrieval with high-level semantics. *Pattern Recogn.*, Elsevier Science Inc., New York,

NY, USA, v. 40, p. 262–282, January 2007. ISSN 0031-3203. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2006.04.045>>.

LONG, L.; ANTANI, S.; DESERNO, T.; THOMA, G. Content-based image retrieval in medicine: Retrospective assessment, state of the art, and future directions. *IJHISI*, v. 4, n. 1, p. 1–16, 2009.

LONG, L.; ANTANI, S.; THOMA, G. A prototype content-based image retrieval system for spine x-rays. In: *Proceedings of the 16th IEEE conference on Computer-based medical systems*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2003. (CBMS'03), p. 156–162. ISBN 0-7695-1901-6. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1949145.1949175>>.

M., O. K.; C., R. A. R.; A., R. J. Verificação e validação de sistemas especialistas. In: *XV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - XXI Conferência Latinoamericana de Informática*. Canela, RS: [s.n.], 1995.

MAFRA, S.; TRAVASSOS, G. *Estudos primários e secundários apoiando a busca por evidência em engenharia de software*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

MAGEE, S.; THIELE, D. Engineering process standards: state of the art and challenges. *IT Professional*, IEEE, v. 6, n. 5, p. 38–44, 2004.

MAILLOT, N.; THONNAT, M.; HUDELOT, C. Ontology based object learning and recognition: Application to image retrieval. IEEE Computer Society, p. 620–625, 2004.

MATOOK, S.; INDULSKA, M. Improving the quality of process reference models: A quality function deployment-based approach. *Decision Support Systems*, Elsevier, v. 47, n. 1, p. 60–71, 2009.

MCCALL, J.; RICHARDS, P.; WALTERS, G. *Factors in software quality*. 1st. ed. [S.l.]: Rome Air Development Center, Air Force Systems Command, 1977.

MEZARIS, V.; KOMPATSIARIS, I.; STRINTZIS, M. An ontology approach to object-based image retrieval. In: IEEE. *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on*. [S.l.], 2003. v. 2, p. II–511.

MILDENBERGER, P.; EICHELBERG, M.; MARTIN, E. Introduction to the dicom standard. *European radiology*, Berlin: Springer International, c1991-, v. 12, n. 4, p. 920–927, 2002.

MOJSILOVIC, A.; GOMES, J. Semantic based categorization, browsing and retrieval in medical image databases. In: IEEE. *Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on*. [S.l.], 2002. v. 3, p. III–145.

MORIOKA, C.; EL-SADEN, S.; POPE, W.; DUCKWILER, G.; BUI, A.; KANGARLOO, H. Integration of his/ris clinical document with pacs image studies for neuroradiology. In: *Proceedings of SPIE*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 5748, p. 318.

MÜLLER, H.; CLOUGH, P.; HERSH, W.; DESELAERS, T.; LEHMANN, T.; GEISSBUHLER, A. Evaluation axes for medical image retrieval systems: the imageclef experience. In: *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*. New York, NY, USA: ACM, 2005. (MULTIMEDIA '05), p. 1014–1022. ISBN 1-59593-044-2. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1101149.1101358>>.

MÜLLER, H.; MICHOUX, N.; BANDON, D.; GEISSBUHLER, A. A review of content-based image retrieval systems in medical applications - clinical benefits and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, Elsevier, v. 73, n. 1, p. 1–23, 2004.

MÜLLER, H.; MÜLLER, W.; SQUIRE, D.; MARCHAND-MAILLET, S.; PUN, T. Performance evaluation in content-based image retrieval: overview and proposals. *Pattern Recognition Letters*, Elsevier, v. 22, n. 5, p. 593–601, 2001.

MÜLLER, H.; ROSSET, A.; GARCIA, A.; VALLÉE, J.; GEISSBUHLER, A. Benefits of content-based visual data access in radiology. *Radiographics*, Radiological Society of North America, v. 25, n. 3, p. 849–858, 2005.

MULLER, H.; ROSSET, A.; GARCIA, A.; VALLEE, J.; GEISSBUHLER, A. Informatics in radiology (inforad): Benefits of content-based visual data access in radiology. *Radiographics*, Radiological Society of North America, v. 25, n. 3, p. 849–858, 2005.

NIBLACK, C.; BARBER, R.; EQUITZ, W.; FLICKNER, M.; GLASMAN, E.; PETKOVIC, D.; YANKER, P.; FALOUTSOS, C.; TAUBIN, G. Qbic project: querying images by content, using color, texture, and shape. *Proceedings of SPIE*, Spie, v. 1908, n. 1908, p. 173–187, 1993. Disponível em: <<http://link.aip.org/link/?PSI/1908/173/1&Agg=doi>>.

NISHIKAWA, R. Current status and future directions of computer-aided diagnosis in mammography. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Elsevier, v. 31, n. 4-5, p. 224–235, 2007.

PAULK, M. Capability maturity model for software. *Encyclopedia of Software Engineering*, Wiley Online Library, 1991.

PEREIRA, S.; FRADE, M.; RANGAYAN, R.; MARQUES, P. de A. Classification of dermatological ulcers based on tissue composition and color texture features. In: ACM. *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*. [S.l.], 2011. p. 68.

PERREAULT, L.; OHNO-MACHADO, L. Hospital information system (his). John Wiley and Sons Ltd., 2003.

PONCIANO-SILVA, M. *Sistema integrado para a recuperação de imagens médicas por conteúdo: da viabilidade clínica à prática do auxílio ao diagnóstico médico utilizando consultas por similaridade*. Tese (Qualificação de Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2010.

- PONCIANO-SILVA, M.; TRAINA, A.; AZEVEDO-MARQUES, P.; FELIPE, J.; JR, C. T. Including the perceptual parameter to tune the retrieval ability of pulmonary cbir systems. In: *Computer-Based Medical Systems, 2009. CBMS 2009. 22nd IEEE International Symposium on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–8. ISSN 1063-7125.
- PRATI, R.; BATISTA, G.; MONARD, M. Evaluating classifiers using roc curves. *IEEE*, v. 6, n. 2, p. 215–222, june 2008. ISSN 1548-0992.
- PRESSMAN, R. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 6th. ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 2005. ISBN 0077227808, 9780077227807.
- PRESSMAN, R. *Engenharia de software*. 6th. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2006.
- PRZELASKOWSKI, A. Computer-aided diagnosis: From image understanding to integrated assistance. *Information Technologies in Biomedicine*, Springer, p. 44–54, 2008.
- QI, H.; SNYDER, W. Content-based image retrieval in picture archiving and communications systems. *Journal of Digital Imaging*, Springer, v. 12, p. 81–83, 1999.
- QUDDUS, A.; CHEIKH, F.; GABBOUJ, M. Wavelet-based multi-level object retrieval in contour images. In: CITESEER. *Proc. International Workshop on Very Low Bit Rate Video Coding*. [S.l.], 2009. p. 1–5.
- RAHMAN, M.; ANTANI, S.; THOMA, G. A classification-driven similarity matching framework for retrieval of biomedical images. In: ACM. *Proceedings of the international conference on Multimedia information retrieval*. [S.l.], 2010. p. 147–154.
- RIBEIRO, M.; BUGATTI, P.; JR, C. T.; AZEVEDO-MARQUES, P.; ROSA, N.; TRAINA, A. Supporting content-based image retrieval and computer-aided diagnosis systems with association rule-based techniques. *Data & Knowledge Engineering*, Elsevier, v. 68, n. 12, p. 1370–1382, 2009.
- ROCHA, A.; MALDONADO, J.; WEBER, K. *Qualidade de software: teoria e prática*. [S.l.]: Makron Books, 2001.
- RODRIGUES, J. F. J.; nóN, C. C.; TRAINA, C. J.; TRAINA, A. Using efficient visual exploration techniques to evaluate features for content-based image retrieval. In: IEEE. *Computer Graphics and Image Processing, 2003. SIBGRAPI 2003. XVI Brazilian Symposium on*. [S.l.], 2003. p. 183–190.
- ROSA, N.; FELIPE, J.; TRAINA, A.; TRAINA, C.; RANGAYYAN, R.; AZEVEDO-MARQUES, P. Using relevance feedback to reduce the semantic gap in content-based image retrieval of mammographic masses. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2008. p. 406–409.
- SAHINER, B.; CHAN, H.; HADJIISKI, L.; ROUBIDOUX, M.; PARAMAGUL, C.; BAILLEY, J.; NEES, A.; BLANE, C.; ADLER, D.; PATTERSON, S.; KLEIN, K.; PINSKY, R.; HELVIE, M. Multi-modality cadx:: Roc study of the effect on radiologists' accuracy in characterizing breast masses on mammograms and 3d ultrasound images. *Academic radiology*, Elsevier, v. 16, n. 7, p. 810–818, 2009.

- SALTON, G. The evaluation of computer based information retrieval systems. In: *Proceedings of the 1965 Congress International Federation for Documentation (IFD1965)*, Spartan Books Washington, Washington DC, USA. [S.l.: s.n.], 1965. p. 125–133.
- SANTINI, S.; JAIN, R. Similarity measures. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 21, n. 9, p. 871–883, 1999.
- SEI. *CMMI for Development*. [S.l.: s.n.], 2006.
- SESHADRI, S.; ARENSON, R.; KHALSA, S.; BRIKMAN, I.; VOORDE, F. Prototype medical image management system (mims) at the university of pennsylvania: Software design considerations. *Journal of Digital Imaging*, Springer, v. 16, n. 1, p. 96–102, 2003.
- SHYU, C.; BRODLEY, C.; KAK, A.; KOSAKA, A.; AISEN, A.; BRODERICK, L. Assert: a physician-in-the-loop content-based retrieval system for hrct image databases. *Computer Vision and Image Understanding*, Elsevier, v. 75, n. 1-2, p. 111–132, 1999.
- SINHA, U.; KANGARLOO, H. Principal component analysis for content-based image retrieval. *Radiographics*, Radiological Society of North America, v. 22, n. 5, p. 1271–1289, 2002.
- SJOBERG, D.; DYBA, T.; JORGENSEN, M. The future of empirical methods in software engineering research. *Future of Software Engineering*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 0, p. 358–378, 2007.
- SMEULDERS, A.; WORRING, M.; SANTINI, S.; GUPTA, A.; JAIN, R. Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, v. 22, n. 12, p. 1349–1380, December 2000. ISSN 0162-8828. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=357871.357873>>.
- SOFTEX. *MPS.BR - Guia de Aquisição*. [S.l.: s.n.], 2011.
- SOFTEX. *MPS.BR - Guia de Avaliação*. [S.l.: s.n.], 2011.
- SOFTEX. *MPS.BR - Guia de Implementação*. [S.l.: s.n.], 2011.
- SOFTEX. *MPS.BR - Guia Geral*. [S.l.: s.n.], 2011.
- Software Engineering Institute. *CMMI for Acquisition, Version 1.3*. [S.l.: s.n.], 2010.
- Software Engineering Institute. *CMMI for Acquisition, Version 1.3*. [S.l.: s.n.], 2010.
- Software Engineering Institute. *CMMI for Services, Version 1.3*. [S.l.: s.n.], 2010.
- SOMMERVILLE, I. *Software Engineering, Eight Edition*. [S.l.]: Addison-Wesley, 2007.
- SOUZA, J. P.; BRAGA, R. T. V.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. Análise de gaps e características de sistemas de recuperação de imagens médicas para o estabelecimento de um modelo de qualidade. In: *XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS2012*. Curitiba - Brasil: [s.n.], 2012.

SOUZA, J. P.; BULCÃO-NETO, R. F.; BRAGA, R. T. V.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. Aplicação de linha de produto de software no desenvolvimento de um arcabouço para a Área da saúde: Um relato de experiência. In: *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS2010*. Porto de Galinhas, PE - Brasil: [s.n.], 2010.

SOUZA, J. P.; CALABREZ, L.; BRAGA, R. T. V.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. Quality evaluation of content-based medical image retrieval systems: A systematic review applied to hta. In: *9th annual meeting Health Technology Assessment International - HTAi 2012*. Bilbao - Espanha: [s.n.], 2012.

SOUZA, J. P.; SILVA, M. P.; BUGATTI, P. H.; TRAINA A. J. M; BRAGA, R. T. V.; AZEVEDO-MARQUES, P. M. A proposal of a reference model for the assessment of content-based medical image retrieval systems focused on computer-aided diagnosis applications. In: *8th annual meeting Health Technology Assessment International - HTAi 2011*. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 2011.

STAUNTON, M. Evidence-based radiology: Steps 1 and 2—asking answerable questions and searching for evidence¹. *Radiology*, Radiological Society of North America, v. 242, n. 1, p. 23–31, 2007.

TAGARE, H.; JAFFE, C.; DUNCAN, J. Medical image databases: A content-based retrieval approach. *Journal of the American Medical Informatics Association*, American Medical Informatics Association, v. 4, n. 3, p. 184–198, 1997.

TANG, L.; HANKA, R.; IP, H. A review of intelligent content-based indexing and browsing of medical images. *Health Informatics Journal*, SAGE Publications, v. 5, n. 1, p. 40–49, 1999.

TORRES, R.; AO, A. F. Content-based image retrieval: Theory and applications. In: *Revista de Informática Teórica e Aplicada*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 161–185.

TRAINA, A.; JR, C. T.; BUENO, J.; AZEVEDO-MARQUES, P. The metric histogram: A new and efficient approach for content-based image retrieval. In: KLUWER ACADEMIC PUB. *Visual and Multimedia Information Management: IFIP TC 2/WG 2.6 Sixth Working Conference on Visual Database Systems, May 29-31, 2002, Brisbane, Australia*. [S.l.], 2002. p. 297.

TRAINA, A.; JR, C. T.; BUENO, J.; CHINO, F.; AZEVEDO-MARQUES, P. Efficient content-based image retrieval through metric histograms. *World Wide Web*, Springer, v. 6, n. 2, p. 157–185, 2003.

TRAINA, A.; MARQUES, J.; JR, C. T. Fighting the semantic gap on cbir systems through new relevance feedback techniques. IEEE Computer Society, p. 881–886, 2006.

TRAINA, A.; ROSA, N.; JR, C. T. Integrating images to patient electronic medical records through content-based retrieval techniques. IEEE Computer Society, p. 163–168, 2003.

TRAVASSOS, G.; GUROV, D.; AMARAL, E. *Introdução à Engenharia de Software Experimental*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

TRAVASSOS, G.; SANTOS, P. dos; NETO, P. G.; BIOLCHINI, J. An environment to support large scale experimentation in software engineering. In: *Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2008. p. 193–202. ISBN 978-0-7695-3139-7.

TSUKUMO, A.; RÊGO, C.; SALVIANO, C.; AZEVEDO, G.; MENEGHETTI, L.; COSTA, M.; CARVALHO, M. de; COLOMBO, R. *Qualidade de software: visões de produto e processo de software*. 1st. ed. [S.l.]: Conferência Internacional de Tecnologia de Software, 1997.

VALLE, C.; XIMENES, A.; CAMPOS, G. de; RABELO, A.; ROCHA, A.; JR., A. R. Educação de pacientes através de sistemas de acesso público. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 1, n. 1, 1997.

WANGENHEIM, C.; HAUCK, J.; ZOUCAS, A.; SALVIANO, C.; MCCAFFERY, F.; SHULL, F. Creating software process capability/maturity models. *Software, IEEE*, IEEE, v. 27, n. 4, p. 92–94, 2010.

WANGENHEIM, C.; HAUCK, J.; ZOUCAS, A.; SALVIANO, C.; MCCAFFERY, F.; SHULL, F. Research methods for evaluation of software process capability/maturity models. *Software, IEEE*, IEEE, v. 27, n. 4, p. 92–94, 2010.

WELTER, P.; DESERNO, T.; FISCHER, B.; GÜNTHER, R.; SPRECKELSEN, C. Towards case-based medical learning in radiological decision making using content-based image retrieval. *BMC medical informatics and decision making*, BioMed Central Ltd, v. 11, n. 1, p. 68, 2011.

WILLY, P.; KUFER, K. Content-based medical image retrieval (cbmir): an intelligent retrieval system for handling multiple organs of interest. In: IEEE. *Computer-Based Medical Systems, 2004. CBMS 2004. Proceedings. 17th IEEE Symposium on*. [S.l.], 2004. p. 103–108.

WINTER, A.; HAUX, R. A three-level graph-based model for the management of hospital information systems. *Methods of Information in Medicine*, FK SCHATTAUER VERLAGSGESELLSCHAFT MBH, v. 34, p. 378–396, 1995.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. *Experimentation in software engineering: an introduction*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-7923-8682-5.

ZHENG, B. Computer-aided diagnosis in mammography using content-based image retrieval approaches: current status and future perspectives. *Algorithms*, Molecular Diversity Preservation International, v. 2, n. 2, p. 828–849, 2009.

ZHOU, X.; OBUCHOWSKI, N.; MCCLISH, D. *Statistical methods in diagnostic medicine*. New York: LibreDigital, 2002.

ZHUANG, Y.; LIU, X.; PAN, Y. Apply semantic template to support content-based image retrieval. In: CITESEER. *Proceedings of the SPIE, Storage and Retrieval for Media Databases*. [S.l.], 1999. v. 3972, p. 442–449.

***APÊNDICE A – Quality Evaluation of
Content-Based Medical
Image Retrieval Systems:
a systematic review
applied to HTA***

Este apêndice apresenta o conteúdo completo do resumo ID 393 publicado nos Anais do *8th annual meeting Health Technology Assessment International* - HTAi 2012. Uma visão mais detalhada deste resumo, bem como de toda a estratégia de pesquisa, pode ser encontrada no Capítulo 4.

372. ELICITING PATIENT ASPECTS IN HTA USING QUALITATIVE RESEARCH SYNTHESIS

Helle Ploug Hansen^a, Eva Draborg^a and Finn Børlum Kristensen^b

^a*Institute of Public Health, University of Southern Denmark, Denmark.*

^b*EUnetHTA, National Board of Health, University of Southern Denmark, Denmark.*

Objectives: The objective of this presentation is to discuss how to produce robust scientific evidence about patient aspects. The aim is to demonstrate that qualitative research synthesis can be one relevant strategy in eliciting patient aspects in HTA.

Methods: We explored different approaches of qualitative research synthesis that focus on patient aspects and could be relevant for HTA, health policy design and decision making. The aim of this study was to bring research closer to policy development and decision making, and to facilitate better use of research findings for health and welfare.

Results: We identified four relevant approaches to qualitative research synthesis, namely meta-synthesis, meta-ethnography, meta-study and meta-summary. In order to choose the most relevant synthesis approach, it is important that the researchers look at the following parameters; focus, data generation, approach to data, data analysis and results of the synthesis.

Conclusions: We argue that, before getting started, it is important that researchers have a thorough insight into qualitative research synthesis approaches, experience as a researcher within synthesis, formulated a significant research/policy issue and considered the resources. Qualitative research synthesis has come to stay and it has a considerable potential to answer some of the complex questions about patient aspects in HTA and health policy research.

386. ENDOVENOUS TREATMENT: IS IT THE FUTURE OF VARICOSE VEIN MANAGEMENT? A SYSTEMATIC REVIEW ON RADIOFREQUENCY ABLATION AND FOAM SCLEROTHERAPY

Thomas Poder, Suzanne K. Bédard, Jean-Francois Fiset and Marc-Antoine Despatis

Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke (CHUS), Canada.

Background: Chronic venous insufficiency afflicts half of the adult general population and approximately 25 percent have lower extremity varicose veins with the associated symptoms and complications causing significant morbidity. Established at the beginning of the 20th century, the current principles of surgical treatment of varicose veins are increasingly challenged with the advent of endovenous procedures.

Objectives: The objective in this paper is twofold. First, we compare the technology of radiofrequency to conventional surgery for varicose vein treatment. Second, we perform the same comparison between foam sclerotherapy and conventional surgery.

Methods: A systematic review was conducted using the following search engines: Pubmed, Scencedirect, British Medical Journal, Cochrane Database and Center for Research and Dissemination. Websites of Health Technology Assessment agencies were also consulted and english and french publications were considered. Quality of the evidence was assessed by the checklist of Downs and Black (1998) for primary studies and by the AGREE instrument (Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation in Europe) for literature reviews.

Results: Based on published data, there is sufficient evidence to consider radiofrequency as a safe procedure with good mid-term results for the treatment of incompetent greater saphenous veins.

Concerning foam sclerotherapy, marginal but severe adverse events precludes considering it as a safe procedure. In most publications, medical efficacy of these two endovenous procedures is at least equivalent if not higher than conventional surgery. Further, as opposed to surgery, minor complications were reported less frequently in radiofrequency and foam procedures. These endovenous procedures both incur less cost and allow outpatient treatment, favoring faster recovery time.

Discussion: Comparison of results is difficult because of different inclusion criteria regarding CEAP classification and different follow-up methods and periods and finally because of differences in operator's experience. Therefore, it is desirable to develop a set of guidelines for clinical trials evaluating endovenous ablative methods to ensure a consistent approach in design and reporting of data.

393. QUALITY EVALUATION OF CONTENT-BASED MEDICAL IMAGE RETRIEVAL SYSTEMS: A SYSTEMATIC REVIEW APPLIED TO HTA

Juliana Souza^a, Lucas Calabrez^b, Rosana Braga^c and Paulo Azevedo-Marques^d

^a*Interunits Postgraduate Program in Bioengineering (EESC/FMRP/IQSC).*

^b*USP, São Carlos, Brazil.* ^c*School of Medicine of Ribeirão Preto (FMRP).*

^d*USP, Ribeirão Preto, Brazil.* ^e*Institute of Mathematics and Computer Science (ICMC), USP, São Carlos, Brazil.*

^f*Health Technology Assessment Center at HCFMRP (NATS/HCFMRP), Ribeirão Preto, Brazil.*

Background: With the growing demand of tools for managing medical images in Health Institutions, there are intense efforts in developing Content-Based Image Retrieval (CBIR) Systems, which provide the relationship of images by their content for the development of Computer-Aided Diagnosis (CAD) applications and others. Once quality is a fundamental requirement, the usage of evaluation methods that ensure these systems work accordingly in clinical practice is increasingly important.

Objectives: To present the results of a Systematic Review (SR), whose goal was to investigate how CBIR systems for medical images have been evaluated regarding Software Quality from a HTA perspective.

Methods: An RS Software Engineering (SE) process was executed. It consisted of Planning, Conduction and Reporting phases. The JabRef v.2.7.2 tool (<http://jabref.sourceforge.net>) was used to store and organize the resulting data in each phase.

Results: From a total of 129 studies retrieved, 22 were repeated and 104 were excluded. Three studies matched the established criteria. These were extracted from IEEE, SCOPUS and ACM. All selected emphasized system feasibility in clinical practice, however none assured diagnostic quality in CAD environments, and only one was based on SE-related methodology.

Discussion: The excluded studies focused on image processing and pattern recognition methods and techniques. The scarcity of studies showed a lack of systematic and formal CBIR system evaluations served to surpass functionality limitations (gaps) and effectively introduce these systems in practice. These studies presented performance evaluations of 3D interactive viewing, and new evaluation and functionality/usability paradigms involving computer-human interaction. We concluded that these methods approached specific quality aspects, but failed to approach the existing gaps in CBIR system models thoroughly, limiting it to implementing problems, thus overseeing usability problems from an end-user perspective.

Implications for the health system: It is still remarkable that there are few CBIR system usability-oriented studies from an HTA perspective.

*APÊNDICE B – Medical Image CBIR
Systems Research at the
University of São
Paulo/Brazil*

Este apêndice apresenta o conteúdo completo do questionário que foi enviado aos desenvolvedores/pesquisadores como parte da pesquisa empírica neste trabalho. Maiores informações encontram-se na Seção 4.2 do Capítulo 4.

Empirical Research in CBIR Systems for Medical Images

University of São Paulo - USP - Brazil

Image Science and Medical Physics Center - Ribeirão Preto School of Medicine

Software Engineering Laboratory - Mathematical and Computer Science Institute

* Required

Researcher

1. Name:*

2. Associated to (department/university): *

3. E-mail:*

4. Do you authorize the publishing of the information obtained from this questionnaire in detail?*

In affirmative case, the information might be published in scientific magazines and/or presented at meetings, and all sensitive information regarding researchers or institutions will not be disclosed. In negative case, the information will be summarized and represented quantitatively, thus also assuring the anonymity of the researchers and institutions involved.

☐ Yes

☐ No

Continue »

Powered by [Google Docs](#)

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

Empirical Research in CBIR Systems for Medical Images

* Required

Medical Image Project/System

1. CBIR project or System name:*

2. System/project's current status:*

☐ Being developed.

☐ Being developed and with beta version being used in any Research Center or Health Institution.

☐ Fully developed and with a final version being used in any Research Center or Health Institution.

☐ Other:

3. In case the project is being developed, please indicate the institution or department responsible for the coordination/development.

4. Indicate the main references published/documented about the system.

5. How long has the project/system been developed? *

If the project is still being developed, please inform how long the system has been developed up to the present date, with the initial date of the project.

6. Who is/was involved in the development/project? *

For instance: international, national, regional or local representatives, representatives such as representatives from industry, government, universities.

154

7. Approximately how many people (developers/researchers/representatives) are (or were) involved in the development of the CBIR project/system? What are their roles? *

8. Were any methods or procedures used (or are these being used) to assess the CBIR system? *

In affirmative case, indicate the name of the method and a reference for its documentation.

9. Was any software development methodology process used?*

- ☐ Ad-hoc
☐ Waterfall
☐ Incremental
☐ Agile
☐ Unified
☐ Other:

10. Was any quality model used (or is any model being currently in use) during system development?*

- ☐ Ad-hoc
☐ ISO 9000
☐ ISO/IEC 15504
☐ ISO/TC 215
☐ CMMI
☐ MPS-BR
☐ Other:

11. In case the development was conducted (or is being conducted) following an ad hoc methodology or using little systematic methodology, please describe the adopted methods.

155

12. In case you used (or are using) any quality model, which limitations (gaps) were (or are being) handled by using it?

13. In your opinion, what should researchers/developers do to increase the quality of CBIR systems, thus making them successfully useful for clinical practice in health services?*

14. In your department is (or was) there any collaboration with projects related to Software Engineering (SE)?*

If yes, describe briefly the relationship among the areas (the project itself and the areas of SE used (or being used) to improve the project.

15. During the development of the CBIR system, did you notice (or do you notice) any characteristics of the system that are peculiar to this specific domain and should be treated in a special way? For example, characteristics of the software or of the software user that should be taken into account during the development to achieve better quality. If yes, which are they? *

16. (In case the development process is in this or later stages) After the software was delivered, during the maintenance phase, did you observe any problems that you felt could have been avoided if the development had been based on a quality model (or in a different quality model in case you have adopted one)?*

156

17. Would you like to receive a copy of the publications that might result from this research?*

- ☐ Yes
☐ No

18. Would you be willing to take part in the final stage of this research, which aims to assess quality model acceptance? This stage should take place around August, 2012. *

- ☐ Yes, I accept.
☐ No, I do not accept.

Thank you for taking part in this study. If there are any doubts you would like to have cleared, please indicate in the field below, and we shall contact you soon for further explanations.

Powered by [Google Docs](#)

[Report Abuse](#)-[Terms of Service](#)-[Additional Terms](#)

APÊNDICE C – Ofício de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP - USP

Neste apêndice apresenta-se o parecer do Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP referente ao experimento realizado nesta tese. Maiores informações encontram-se no Capítulo 5.

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.hcrp.usp.br

Ribeirão Preto, 25 de maio de 2011

Ofício nº 1836/2011
CEP/MGV

Prezados Senhores,

O trabalho intitulado **“AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE CLÍNICA DE SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS POR CONTEÚDO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO”** foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, em sua 324ª Reunião Ordinária realizada em 23/05/2011 e enquadrado na categoria: **APROVADO, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**, de acordo com o Processo HCRP nº 5502/2011.

Este Comitê segue integralmente a Conferência Internacional de Harmonização de Boas Práticas Clínicas (IGH-GCP), bem como a Resolução nº 196/96 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente.

DRª MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssimos Senhores

PROF. DR. PAULO MAZZONCINI DE AZEVEDO MARQUES

JULIANA PEREIRA DE SOUZA (Aluna)

Centro de Ciências das Imagens e Física Médica

APÊNDICE D – Aplicação de Descritores de Haralick para Caracterização de Padrões Radiológicos de Doenças

Este apêndice apresenta o conteúdo de um trabalho completo publicado no X Workshop de Informática Médica (WIM - 2010). Uma visão mais detalhada de todo o experimento pode ser encontrada no Capítulo 5.

Aplicação de Descritores de Haralick para Caracterização de Padrões Radiológicos de Doenças Pulmonares Difusas em Tomografia Computadorizada de Alta Resolução

Helder K. Shimo¹, Juliana P. Souza², Renato F. Bulcão-Neto³,
Paulo M. Azevedo-Marques⁴

¹Departamento de Física e Matemática (DFM), Universidade de São Paulo (USP)
CEP 14.040-901, Ribeirão Preto-SP, Brasil

^{2,4}Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC,
Universidade de São Paulo (USP), CEP 13.566-590, São Carlos-SP, Brasil

³Innolusion Sistemas de Informática Ltda., CEP 14.051-140, Ribeirão Preto-SP, Brasil

³Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG),
CEP 74.001-970, Goiânia-GO, Brasil

shimo.ken@gmail.com, jupsouza@usp.br, renato@inf.ufg.br,
pmarques@fmrp.usp.br

Abstract. *This paper describes an ongoing work on the usage of Haralick's statistical attributes for the characterization of radiological patterns of diffuse lung diseases in High Resolution Computed Tomography. Initial results indicate that Haralick features have good potential to separate normal and abnormal radiological patterns, which suggests the applicability for detection and segmentation of suspect lung regions.*

Resumo. *Este artigo descreve um trabalho em andamento sobre a aplicação de atributos estatísticos de Haralick para a caracterização de padrões radiológicos de lesões difusas de pulmão em Tomografia Computadorizada de Alta Resolução. Após a análise dos resultados obtidos, conclui-se que os descritores de Haralick apresentam bom potencial para a separação dos padrões radiológicos normal e não-normal, o que sugere aplicabilidade para a detecção e segmentação de regiões pulmonares suspeitas.*

1. Introdução

Atualmente, mais de cento e cinquenta doenças podem ser englobadas no grupo das Doenças Pulmonares Difusas (DPDs) com características clínicas, radiológicas e funcionais muito semelhantes [Depeursinge et al. 2007]. Pesquisas no desenvolvimento de sistemas de apoio ao diagnóstico para a classificação de DPDs, como em Azevedo-Marques et al. [2006] e Kim et al. [2009], frequentemente utilizam atributos de textura para caracterizar as imagens devido ao seu caráter difuso [Pessotti 2008].

Duas classes de exames são geralmente utilizadas para diagnosticar DPDs: Raio-X e Tomografia Computadorizada de Alta Resolução (TCAR). O exame de Raio-X, embora tenha as vantagens de baixo custo e baixa exposição do paciente a radiação ionizante, comparado ao TCAR, apresenta diversas limitações como interferência de

estruturas de fundo (e.g. ossos da caixa torácica), ou baixa sensibilidade a variações sutis entre os padrões [Azevedo-Marques et al. 2006]. Em decorrência disto o TCAR é mais indicado para diagnosticar DPDs [Mathieson et al. 1989; Grenier et al. 1991]. Porém, este gera uma quantidade muito grande de imagens (cortes) que devem ser analisadas pelo radiologista no processo de avaliação e tomada de decisão diagnóstica.

Para a manipulação de grandes quantidades de informação, é conveniente a aplicação de sistemas computacionais que permitem seu processamento em um tempo relativamente curto. O processo diagnóstico apoiado por um sistema computacional é chamado Diagnóstico Auxiliado por Computador (*Computer Aided Diagnosis – CAD*).

Uma abordagem que abrange o CAD é a recuperação de imagens baseada em conteúdo (*Content-Based Image Retrieval – CBIR*) que utiliza uma representação de imagens baseada em medidas de propriedades inerentes, como cor, textura e forma, e busca automatizar o processo de indexação e recuperação em uma base de imagens, fornecendo assim, aquelas relacionadas à imagem de busca ou referência, através dos atributos extraídos das imagens [Müller et al. 2004]. Contudo, apesar dos esforços em pesquisas, a precisão da recuperação dos algoritmos CBIR atuais é limitada.

Neste contexto, o presente artigo apresenta resultados iniciais de uma pesquisa voltado para o desenvolvimento de um sistema CBIR que utiliza atributos de textura baseados no método de *Haralick* [Haralick et al. 1973] para caracterização automatizada de regiões pulmonares suspeitas de conter lesões difusas em imagens de TCAR.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho se apóia em um sistema CBIR que se encontra em estágio de contínuo desenvolvimento. A execução deste sistema inclui quatro etapas distintas: coleta, pré-processamento, indexação e processamento, e consulta.

Na primeira, imagens podem ser coletadas a partir de repositórios locais e remotos, incluindo servidores PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*) [Marsh 1997]. Estas imagens podem seguir o padrão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), ou os tradicionais formatos de imagens, como o JPEG e PNG. Para cada imagem coletada e armazenada em banco de dados, a etapa de pré-processamento realiza a extração de características de textura, denominadas descritores de *Haralick*. Foram utilizados cinco descritores, a saber: entropia, contraste, variância, correlação e homogeneidade [Haralick et al. 1973].

Em seguida, a etapa de indexação e processamento indexa os vetores de características calculados na etapa anterior em uma estrutura de método de acesso métrico, denominado *SlimTree* [Traina Júnior et al. 2000]. Nesta etapa, é calculado também o grau de similaridade entre as características extraídas através da função de *Distância Euclidiana*, função mais comum para medir a distância entre dois pontos em espaços multidimensionais [Qian et al. 2004]. Por fim, a etapa de consulta se baseia em *Abrangência* [Ciaccia et al. 1997], o que permite que o usuário forneça parâmetros para a realização da busca por similaridade, como a imagem de busca/referência e o valor do raio de abrangência.

O experimento relatado neste trabalho apresenta os resultados das consultas geradas pelo CBIR, através de uma base de 147 imagens de doenças pulmonares difusas

classificadas em *honeycombing*, *emphysematous*, *ground-glass*, *consolidation*, *micronodules*, *normal* e *reticular-linear*. Apesar do número de amostras ser pequeno, elas foram selecionadas por um médico radiologista especialista no assunto para garantir a representatividade dos padrões radiológicos existentes nas lesões difusas de pulmão.

O experimento foi realizado em três etapas: inicialmente, foi definido o melhor valor do raio de abrangência para cada classe de imagem; o melhor raio considerado é aquele que retorna de 15 a 20 imagens (dados utilizados na prática clínica). A segunda etapa consistiu em integrar as imagens referentes às classes de lesões em uma única classe de anormalidade (não-normal), e avaliações foram feitas sobre as classes normal e não-normal. Por fim, realizou-se uma coleta de amostras da classe definida como não-normal, para que ambas (normal e não-normal) tivessem a mesma quantidade de imagens. Conseqüentemente, novas consultas e avaliações foram feitas. Para estas avaliações, utilizou-se a medida de precisão [Shang e Li 2002], que é definida como a porcentagem de imagens relevantes recuperadas, isto é, de mesma classe da imagem de busca/referência.

3. Resultados

Como resultados positivos, a segunda etapa do experimento apresenta que a classe não-normal pode ser entendida como a indicação de um bom potencial para a detecção automatizada de regiões pulmonares suspeitas de conter lesões difusas em imagens de TCAR de tórax, dado que a média de precisão da classe foi de 85,9% com desvio padrão de 13,06%. A Tabela 1 apresenta os resultados dessa etapa.

Tabela 1. Resultados da segunda etapa do experimento.

Classe	Média	Desvio Padrão	Quantidade de Imagens
normal	42,2%	21,9%	27
não-normal	85,9%	13,6%	120

Para diminuir um possível viés no desempenho do sistema em função do desbalanceamento da quantidade de imagens nas classes normal e não-normal da base exibido na Tabela 1, a terceira etapa do experimento foi conduzida a partir de uma base balanceada em relação ao número de amostras das classes normal e não-normal, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da terceira etapa do experimento.

Classe	Média	Desvio Padrão	Quantidade de Imagens
normal	42,2%	21,9%	27
não-normal	86,2%	15,7%	27

Pelos resultados da Tabela 2, conclui-se que o desbalanceamento do número de amostras não interferiu de forma significativa no processamento do sistema. Isto se deve provavelmente ao fato das amostras da base serem realmente representativas dos padrões radiológicos, o que possibilita a generalização dos resultados obtidos de forma independente do número de amostras testado.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Foram apresentados os resultados iniciais de um trabalho em desenvolvimento voltado para a caracterização de lesões difusas de pulmão em imagens de tomografia computadorizada de alta resolução, dentro do escopo de implementação de um sistema

de CBIR. Os atributos de textura mostraram-se eficientes para a separação de regiões normais de regiões não-normais (apresentando padrões radiológicos associados às doenças pulmonares difusas) com bom potencial para possibilitar a detecção e segmentação automática de regiões pulmonares suspeitas.

Embora o acerto da classe normal tenha sido somente de 42,2% em média, o acerto da classe não-normal foi de 85,9% em média. Isso mostra que os atributos de texturas têm alta sensibilidade para reconhecimento de regiões suspeitas (não-normais), porém, com baixa especificidade. Entretanto, no diagnóstico médico o erro crítico é o falso negativo, ou seja, o mais importante a priori é garantir uma alta sensibilidade para reconhecimento de anormalidades. A limitação com relação à baixa sensibilidade pode ser solucionada incluindo-se mais uma etapa de classificação que utilize regras de classificação específica para redução do número de falso positivo.

Como trabalhos futuros, pretende-se implementar novos extratores de textura, incluindo atributos espectrais para possibilitar a diferenciação entre os padrões da classe não-normal, bem como implementar um algoritmo de detecção e segmentação de regiões suspeitas com base nos extratores descritos nesse trabalho.

Agradecimentos

Às agências CAPES, CNPq (557976/2008-1) e FAPESP (05/60038-5, 06/58984-2).

Referências

- Azevedo-Marques, P. M., Tahoces, P., Iglesias, I. (2006) “Automated characterization of interstitial lung disease on poster-anterior chest radiographs”. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, p. 350-352.
- Ciaccia, P., Patella, M. and P. Zezula. (1997) “M-tree: An Efficient Access Method for Similarity Search in Metric Spaces”. In: *23rd International Conference on Very Large Data Bases*, p. 426–435.
- Depeursinge, A., Müller, H. and Hidki, A. (2007) “Image-based Diagnostic Aid for Interstitial Lung Disease with Secondary Data Integration”, *Progress in Biomedical Optics and Imaging*, p. 1-12.
- Grenier, P., Valeyre, D. and Cluzel, P. (1991) “Chronic Diffuse Interstitial Lung Disease: Diagnostic Value of Chest Radiography and High-resolution CT”, *Radiology*, HighWire Press, p. 123-132.
- Haralick R. M., Shanmugam K. and Dinstein I. (1973) “Textural Features for Image Classification”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, IEEE Press, p. 610-621.
- Kim, N., Seo, J. B. and Lee, Y. (2009) “Development of an Automatic Classification System for Differentiation of Obstructive Lung Disease using HRCT”, *Journal of Digital Imaging*, p. 136-148.
- Marsh, A. (1997) “Euromed – The Creation of a Telemedical Information Society”. In: *10th IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems*, p. 86-91.
- Mathieson, J. R., Mayo, J. R. and Staples, C. A. (1989) “Chronic Diffuse Infiltrative Lung Disease: Comparison of Diagnostic Accuracy of CT and Chest Radiography”, *Radiology*, HighWire Press, p. 111-116.
- Müller H., Michoux N., Bandon D. and Geissbühler A. (2004) “A Review of Content-based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Clinical Benefits and Future Directions”, *International Journal of Medical Informatics*, p. 1-23.
- Pessotti, H. C. (2008) “Desenvolvimento de um Framework para Classificação de Doenças Pulmonares Difusas Apoiado por Técnicas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo e Recuperação de Informação Textual”, *Monografia de Conclusão de Curso*, Universidade de São Paulo.
- Qian, G., Sural, S., Gu, Y. and Pramanik, S. (2004) “Similarity between Euclidean and Cosine Angle Distance for Nearest Neighbor Queries”. In: *2004 ACM Symposium on Applied Computing*, p. 1232-1237.
- Shang, Y. and Li, L. (2002) “Precision Evaluation of Search Engines”, *World Wide Web Journal*, Kluwer Academic Publishers, p. 159-173.
- Traina Júnior, C., Traina, A. J. M., Seeger, B. and Faloutsos, C. (2000) “Slim-Tree: High Performance Metric Trees Minimizing Overlap Between Nodes”. In: *International Conference on Extending Database Technology*, p. 51-65.

*APÊNDICE E – A Proposal of a Reference
Model for the Assessment
of Content-Based Medical
Image Retrieval Systems
Focused on
Computer-Aided
Diagnosis Applications*

Este apêndice apresenta o conteúdo completo do resumo de ID 544 publicado nos Anais do *7th annual meeting Health Technology Assessment International* - HTAi 2011. Uma visão mais detalhada de todo o experimento pode ser encontrada no Capítulo 5.

M-193**544 – A PROPOSAL OF A REFERENCE MODEL FOR THE ASSESSMENT OF CONTENT-BASED MEDICAL IMAGE RETRIEVAL SYSTEMS FOCUSED ON COMPUTER-AIDED DIAGNOSIS APPLICATIONS**

Juliana Pereira de Souza, USP - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia - EESC/FMRP/IQSC, Brazil; Marcelo Ponciano da Silva, USP - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC, Brazil; Pedro Henrique Bugatti, USP - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC, BRAZIL; Agma Traina, USP - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC, Brazil; Rosana Teresinha Vaccare Braga, USP - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC, Brazil; Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques, USP - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - FMRP e Núcleo de Avaliação de Saúde do HC/FMRP, Brazil

GOAL: This paper presents a reference model for the assessment of CBMIR (Content-Based Medical Image Retrieval) systems. The model evaluates in a systematic and planned way CBMIR systems that support the clinical diagnosis. In this paper the case study addressed mammography images. **METHODS:** The proposed model is characterized by empirical and heuristic methods towards the real needs of a CAD (Computer-Aided Diagnosis). The model was applied to CBMIR systems that must be evaluated by a series of tests and controlled diagnostic tasks performed by specialists. The tests are based on three way of assessment: BI-RADS classification – which certifies the conformity between the diagnoses of images; Performance – which assesses the performance based on similarity assessment methods; and CAD – which assesses the system from the perspective of a computer-based aid to diagnosis, taking as reference the physicians diagnostic. Quantitative evaluation is based on specificity, sensitivity and ROC curves measurements. **RESULTS:** Results are shown in UML activity diagrams and detailed descriptions of the activities. The main diagram is composed of: 1 - Define the database, 2 – Define the search image sample, 3 - Re-validate BI-RADS classification, 4 – Assess CBMIR performance, 5 - Assess the CBIR system as CAD, 6 and 7 - Analyze the classification and intra and inter observer certainty degrees. Each activity brings work flow actions and descriptions. **CONCLUSIONS:** A model for the assessment of CBMIR systems as CAD tool was proposed. It has the potential to contribute to a development of a systematic process for quality improvement. Mandatories, but often non-implemented, requirements for clinical routine usability were collected, as well as requirements that are often implemented incorrectly. Based on those it is possible to suggest improvements through a reverse engineering process towards an ideal model.

M-194**720 – TRACEABILITY OF BLOOD COMPONENTS: IMPROVING PATIENT SAFETY**

Adriano Rogério Baldacin Rodrigues, Heart Institute INCOR, Medical School, University of Sao Paulo, Brazil; Rita de Cassia Gengo e Silva, Heart Institute, INCOR, Medical School, University of Sao Paulo, Brazil; Eloisa Aleixo Schmidt, Heart Institute, INCOR, Medical School, University of Sao Paulo, Brazil; Jurema da Silva Herbas Palomo, Heart Institute, INCOR, Medical School, University of Sao Paulo, Brazil

Safety and quality of patient assistance that receive blood components should be guaranteed in all steps from the moment of blood sample collection until administration by the nursing staff. In this context, new technologies applied to blood components traceability may be useful. The aim of this study was to describe the electronic system to trace blood components used in the surgical intensive care unit of a cardiopulmonary specialized hospital. The electronic system was developed in accordance to the Brazilian legislation and implemented in 2010. The process begins with the medical order of blood components transfusion that enables the functionality of printing labels with a specific identification number. Blood samples for typing are collected, then identified with labels, and sent to the blood bank. When blood components are available for transfusion, two members of the nursing team proceed with the verification of information in the label of the blood components bag and its content. Afterwards, a mobile computer at bedside is used, and an electronic check is done between the label of blood components bag and the patient identification bracelet. If the system recognizes that both match, the process of transfusion begins, and the electronic system registers the initial moment. During transfusion, any event is registered too. At the end of the transfusion, the nurse registers the end of the process in the electronic system. If the patient needs to receive more than one blood component, this process is repeated to each one. The development of the electronic system for traceability of blood components guarantees safety for both patient and nursing staff. Besides traceability, the whole process is performed at bedside, and information on blood sample, blood components and donor may be rapidly accessed by health professionals.

APÊNDICE F – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Neste apêndice, apresenta-se o termo de consentimento livre e esclarecido aplicado aos médicos antes de realizarem a avaliação de desempenho do S-CBIR apresentada na Seção 5.1.3 do Capítulo 6.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	
<p>Título do Projeto: Avaliação da Viabilidade Clínica de Sistema de Recuperação de Imagens Médicas por Conteúdo como Ferramenta de Auxílio ao Diagnóstico</p> <p>Pesquisadores Responsáveis: ¹Juliana Pereira de Souza e ²Marcelo Ponciano da Silva</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques</p> <p>Colaboradores: Profa. Dra. Rosana Teresinha Vaccare Braga, Profa. Dra. Angela Delele Bellucci, Profa. Dra. Agma Traina, Pedro Henrique Bugatti, Natália Cristina Borges de Faria, Marcos Vinicius Neves Bedo e Daniel dos Santos Kaster.</p> <p>Instituição a que pertence os pesquisadores responsáveis: ¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – programa interunidades oferecido pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) e Instituto de Química de São Carlos (IQSC). ²Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC).</p>	
<p>Nós, convidamos o(a) senhor(a) a participar desta pesquisa, que objetiva avaliar o sistema de recuperação de informação de imagens de mamografia, como ferramenta que auxilia o diagnóstico clínico, bem como sua viabilidade e aplicabilidade no HCFMRP (Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto).</p> <p>Para participar do estudo, o(a) senhor(a) poderá responder três questionários “1 - Questionário de Re-classificação BI-RADS” e/ou o “2 - Questionário de Avaliação do Sistema como Ferramenta de Auxílio ao Diagnóstico Médico”. Após o questionário 2, o(a) senhor(a) deverá responder o questionário 3 denominado “Questionário de Avaliação da Viabilidade Clínica”. Estes questionários serão automáticos e deverão ser fornecidos e explicados após a declaração de aceite desse termo pelos responsáveis e colaboradores da pesquisa.</p> <p>ATENÇÃO: O questionário 1 e 2 são independentes e fazem parte de fases distintas da pesquisa sendo aplicados em tempos diferentes. A participação no questionário 1 não implica na participação do questionário 2. O questionário 3 é complementar ao questionário 2, neste caso, se o(a) senhor(a) responder o questionário 2, necessariamente terá que participar do questionário 3. O tempo total para a participação do questionário 1 é de trinta minutos, e para o questionário 2 e 3 é de sessenta minutos.</p> <p>Com esta pesquisa, o(a) senhor(a) contribuirá com a caracterização desse tipo de sistema, no ponto de vista de viabilidade e aplicabilidade no HCFMRP, bem como para averiguar se a ferramenta auxilia os médicos na tomada de decisão. Essa avaliação deverá trazer subsídios para melhorias da qualidade e aplicabilidade clínica desses sistemas.</p> <p>Esse trabalho é voluntário, portanto, não haverá remuneração pela participação. Além disso, não haverá por nossa parte nenhum comprometimento de co-autorias para publicações de trabalhos científicos.</p> <p>O(A) senhor(a) tem o direito de não participar da pesquisa. A qualquer momento o senhor(a) poderá também desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa não trará nenhum prejuízo às suas atividades profissionais junto à FMRP e/ou HCFMRP.</p> <p>As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Essas informações poderão ser publicadas em revistas científicas e apresentadas em congressos, garantindo-se o anonimato dos sujeitos.</p> <p>Uma vez concordando em participar da pesquisa, o(a) senhor(a) deverá assinalar o aceite desse termo.</p> <p>☐ Fui convidado(a) e aceito, após esclarecimento, participar da pesquisa “Avaliação da Viabilidade Clínica de Sistema de Recuperação de Imagens Médicas por Conteúdo como Ferramenta de Auxílio ao Diagnóstico”.</p> <p>O(A) senhor (a) receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço institucional de um dos pesquisadores responsáveis e do CEP (Comitê de Ética em Pesquisa), podendo tirar dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.</p> <p>Contato: Juliana Pereira de Souza – e-mail: jupsouza@usp.br (16) 3602-2924 – (16) 9279-1875 – (16) 8819-1875 Centro de Ciências das Imagens e Física Médica (CCIFM) Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP) Bairro Monte Alegre – CEP 14048-900 – Ribeirão Preto – SP</p> <p>Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HCFMRP - cep@hcrp.fmrp.usp.br – (16) 3602-2228</p> <p>Sujeito da Pesquisa:</p> <p>R.G: _____ CPF: _____</p> <p style="text-align: right;">_____ local, data e assinatura</p>	

APÊNDICE G – Questionário de Avaliação para S-CBIR

Neste Apêndice são apresentadas as questões que foram aplicadas aos radiologistas, logo após o uso do S-CBIR, objetivando avaliar a sua satisfação, bem como levantar dados para a construção do modelo de qualidade. Maiores informações encontram-se na Seção 5.1.4 do Capítulo 5.

- 1.Você entendeu a finalidade do sistema? E como ele pode contribuir para auxílio ao diagnóstico médico?
- 2.No primeiro contato com o sistema, você teve dificuldade em manuseá-lo? Se sim, justifique sua resposta.
- 3.Você tem conhecimento sobre sistemas que auxiliam o diagnóstico médico por meio de imagens similares?
- 4.Você tem conhecimento de ferramentas de ensino-aprendizagem que treinam médicos/residentes/alunos de medicina por meio de diagnósticos realizados por imagens similares?
- 5.Responder quando a resposta da questão 3 ou 4 for sim. Já utilizou sistemas que recuperam imagens similares na rotina clínica de um hospital? Se sim, qual o cenário do sistema (ferramenta de auxílio ao diagnóstico, ferramenta de ensino-aprendizagem, outros?) e local do uso?
- 6.Você sentiu-se confortável e envolvido com a simulação (escolha das imagens similares)?
- 7.A representação visual das imagens está adequada a um diagnóstico inicial?
- 8.A representação visual das imagens está adequada a um treinamento (ensino-aprendizagem) inicial?

9. Você teve dificuldades em identificar imagens similares à imagem de busca pela forma em que as informações (imagens e outras) estão representadas?
10. Você sugere outra forma de representação das informações (imagens e outras)? Se sim, quais?
11. Há alguma operação que facilitaria a visualização das imagens para identificar a mais semelhante? Por exemplo lupa, marcadores para sinalização de lesões, delimitação de lesões mamárias, *zoom*, etc. Se sim, descreva as operações por ordem crescente de relevância.
12. Você teve dificuldades na análise, interpretação e definição das imagens similares? Se sim, justifique.
13. As 15 imagens retornadas foram suficientes para análise, interpretação e definição das mais similares? Se não, indique uma quantidade relevante de imagens que devem ser retornadas para análise.
14. Você acredita que dada uma imagem, o sistema poderá recuperar imagens similares a ela, indicando que os laudos também poderão ser similares?
15. Você utilizaria casos (imagens e laudos) relacionados computacionalmente como base na tomada de decisão de um diagnóstico? Ou seja, você acredita que este sistema seja viável para auxílio ao diagnóstico médico?
16. Você indicaria esse sistema para treinamento de médicos/residentes/alunos de medicina (como ferramenta didática ensino-aprendizagem) na FMRP-USP?
17. De maneira geral, você acredita na viabilidade do sistema para o uso no cotidiano clínico no HCFMRP?

No Quadro 14 e no Quadro 15, ilustram-se as respostas das dezessete questões apresentadas anteriormente. A primeira coluna desses quadros refere-se à numeração da questão. As demais colunas, de ambas os quadros, apresentam as respostas dos radiologistas (quantidade porcentual dos radiologistas que responderam a uma determinada resposta).

Quadro 14 - Primeiro grupo de respostas dos radiologistas para avaliação da satisfação sobre o uso do S-CBIR na prática clínica

Pergunta	Sim	Não	Não se aplica
01	100%	0%	0%
02	33%	67%	0%
03	11%	89%	0%
06	56%	33%	11%
09	56%	44%	0%
10	56%	44%	0%
11	100%	0%	0%
12	67%	33%	0%
13	67%	33%	0%
14	89%	11%	0%
15	89%	11%	0%
16	89%	11%	0%
17	89%	11%	0%

Quadro 15 - Segundo grupo de respostas dos radiologistas para avaliação da satisfação sobre o uso do S-CBIR na prática clínica

Questão	Avançado	Médio	Pouco	Nenhum	Não se aplica
04	0%	11%	33%	56%	0%
05	0%	11%	0%	22%	0%
07	11%	33%	56%	0%	0%
08	22%	56%	22%	0%	0%

No Quadro 16, apresenta-se a relação entre as características que foram utilizadas como base para construir o questionário e as próprias perguntas do questionário. Na coluna 1, é mostrada a numeração de cada pergunta, como apresentado anteriormente. Na coluna 2, estão descritas as características da Norma ISO/IEC 25010 (2011). Na coluna 3, apresentam-se as características sobre as necessidades reais do sistema, que são definidas na Seção 5.1.4 do Capítulo 5.

Quadro 16 - Relação entre os atributos de qualidade da Norma ISO/IEC 25010 e um questionário para avaliar a satisfação do radiologista sob o uso do S-CBIR

	ISO/IEC 25010 Características (Subcaracterísticas)	Necessidades Reais
1	Não se aplica	Geral
2	Usabilidade (Reconhecibilidade, Apreensibilidade, Operacionalidade e Estética da Interface de Usuário)	Geral, Novo e Melhoria
3	Não se aplica	Geral
4	Não se aplica	Geral
5	Não se aplica	Geral
6	Adequação Funcional (Adequação Funcional) - Usabilidade (Reconhecibilidade, Apreensibilidade, Operacionalidade e Estética da Interface de Usuário) - Segurança	Geral
7	Adequação Funcional (Adequação Funcional) - Usabilidade (Estética da Interface de Usuário)	Validação
8	Adequação Funcional (Adequação Funcional) - Usabilidade (Estética da Interface de Usuário)	Validação
9	Adequação Funcional (Adequação Funcional e Correção Funcional) - Usabilidade (Estética da Interface de Usuário)	Validação
10	Adequação Funcional (Adequação Funcional) - Usabilidade (Estética da Interface de Usuário)	Melhoria
11	Adequação Funcional (Adequação Funcional e Correção Funcional) - Usabilidade (Operacionalidade)	Novo
12	Adequação Funcional (Correção Funcional) - Usabilidade (Operacionalidade e Estética da Interface de Usuário)	Validação, Novo e Melhoria
13	Adequação Funcional (Adequação Funcional)	Validação e Melhoria
14	Adequação Funcional (Correção Funcional)	Geral
15	Adequação Funcional (Correção Funcional)	Geral e Viabilidade Clínica
16	Não se aplica	Geral e Viabilidade Clínica
17	Adequação Funcional (Correção Funcional)	Geral e Viabilidade Clínica

*APÊNDICE H – Aplicação de Linha de
Produto de Software no
Desenvolvimento de um
Arcabouço para a Área
da Saúde: um relato de
experiência*

Este apêndice apresenta o conteúdo do artigo completo de ID 543 publicado nos Anais do XII Congresso Brasileiro de Informática na Saúde (CBIS 2010).

Aplicação de Linha de Produto de Software no Desenvolvimento de um Arcabouço para a Área da Saúde: Um Relato de Experiência

Juliana P. Souza¹, Renato F. Bulcão-Neto², Rosana T. V. Braga³, Paulo M. Azevedo-Marques⁴

^{1,4}Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC-USP), ²Instituto de Informática - Universidade Federal de Goiás (INF-UFG) & Innolution Sistemas de Informática Ltda., ³Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP), Brasil

Resumo: A Engenharia de *Software* oferece processos, métodos e técnicas objetivando o desenvolvimento de *software* confiável, flexível e organizado. Uma dessas técnicas abrange Linha de Produto de *Software* (LPS) pelo reúso sistematizado de artefatos comuns de um sistema para gerar novos produtos. Na literatura há poucos trabalhos que tratam de desenvolvimento de *software* na área da Saúde por meio de LPS, dada a dificuldade de se extrair conhecimento de especialistas do domínio e a resistência de empresas de TI em adotar novas estratégias. Este artigo apresenta um relato de experiência em empresa de TI quanto ao uso de LPS no desenvolvimento do arcabouço de *software* ArcaMed-*, que trata de aplicações de documentação automática de informação para a área da Saúde. O objetivo é avaliar se a LPS-ArcaMed-* facilita a derivação de novas aplicações, além de avaliar a viabilidade de utilização desta nova engenharia na empresa de desenvolvimento. Na execução deste trabalho foi utilizado um método consolidado da literatura de LPS para representar variabilidades e pontos comuns da LPS-ArcaMed-*, assim como para derivar uma aplicação do referido arcabouço. Resultados reportam a facilidade de reutilizar os artefatos iniciados pela estratégia atual da empresa, dado que esta já empregava metodologias compatíveis ao método utilizado. Isto facilitou a introdução da LPS na empresa com menor impacto em relação à necessidade de adquirir novos conhecimentos, além de viabilizar o uso do método para o desenvolvimento do arcabouço ArcaMed-*. Tomando como estudo uma aplicação baseada nesse arcabouço, observou-se também a facilidade de derivação de novas aplicações aplicando a LPS-ArcaMed-*, com significativa diminuição no tempo de desenvolvimento da aplicação. Portanto, em nossa experiência, a aplicabilidade de LPS possibilitou melhorias no processo de um *software* voltado à Saúde, com perspectivas de diminuir a dependência de especialistas dessa área, além da otimização do tempo de desenvolvimento de aplicações em virtude da possibilidade do reúso sistematizado.

Palavras-chave: Informática Médica, *Software*, Projeto de Sistemas, Análise de Sistemas, Linha de Produto de Software

Abstract: Software Engineering offers processes, methods and techniques towards the organized development of reliable and flexible software. Software Product Line (SPL) is one of such techniques, which implements the systematic reuse of common software artifacts to build new software products. The literature has not reported much research on using SPL and software development for the Health area, mainly due to the hard task of knowledge acquisition from domain experts as well as the resistance of enterprises in adopting new strategies. This paper presents the experience report of an IT enterprise in adopting SPL in the construction of the ArcaMed-* framework for the development of automatic information documentation systems for the Health area. The aim is to evaluate whether the SPL-ArcaMed-* facilitates the derivation of new applications and if it is a feasible solution for the enterprise. For that, a well-established SPL method was used to represent the variabilities and common points of the SPL-ArcaMed-* as well as to derive one application using the ArcaMed-* framework. Results pointed out improvements in the ease of reuse of artifacts built by the enterprise. Indeed, the enterprise was already using methodologies that are compatible with the SPL method in question. This facilitated the adoption of SPL by the enterprise, with less impact on the need to acquire new knowledge while also allowing the use of the method for developing the ArcaMed-* framework. Taking an application based on this framework as a case study, there was also the ease of derivation of new applications by applying the SPL-ArcaMed-* with a significant reduction in application development time. Thus, in our experience, the applicability of SPL made it possible to obtain improvements in the development process of a software for the Health area, with the perspective to reduce the dependence on Health experts, besides the optimization of the applications development time due to the possibility of systematic reuse.

Keywords: Medical Informatics, Software, System Design, Systems Analysis, Software Product Line

Introdução

A Engenharia de *Software* (ES) provê técnicas, processos e métodos para o desenvolvimento de aplicações e sistemas de informação que sejam confiáveis, flexíveis, com qualidade, de fácil manutenção e com custo e prazos de desenvolvimento viáveis. Uma das abordagens que proporciona meios para atingir tais metas é a técnica de reúso durante todo o processo de desenvolvimento de *software*.

Reúso é o processo de criar sistemas a partir de *software* existente (1), possibilitando o reaproveitamento de artefatos. As técnicas mais sofisticadas de reúso adotam uma abordagem sistemática, que consiste no desenvolvimento de famílias de sistemas ou sistemas relacionados, em vez de um sistema único. Uma das técnicas mais conhecidas de reúso sistemático é a de Linha de Produto de *Software* (LPS), que corresponde a uma coleção de sistemas que compartilham características comuns (2).

Atualmente, existem diversos exemplos do uso de LPS nas indústrias automotiva, aeronáutica e de telefonia. Segundo (2), é vantajoso desenvolver uma LPS quando os sistemas são analisados de forma coletiva e apresentam mais características em comum do que características que os distinguem, de modo que seja possível desenvolver pelo menos três aplicações específicas. Desta forma, obtêm-se diminuição considerável no tempo de desenvolvimento, aumentando a qualidade do processo bem como a qualidade do produto final, além de facilitar a manutenção.

No que se refere ao desenvolvimento de *software* na área da Saúde, existem poucos trabalhos na literatura que abordam a aplicabilidade de LPS. Exemplos que podem ser citados são: uma arquitetura de LPS para os cuidados da Saúde de idosos através de detecção de situações de alarme (sistema de monitoramento remoto) (3); a definição de novos modelos de LPS para o domínio de cirurgia guiada por imagem (4); e a LPS de sistemas médicos da *Philips* referente a *scanners* de ressonância magnética, que contém inúmeras variabilidades (5).

Os trabalhos supracitados baseiam-se em abordagens existentes para desenvolvimento de *software*, como RUP (*Rational Unified Process*) (6) e FODA (*Feature-Oriented Domain Analysis*) (7), e assim, fazem uso de notações e diagramas utilizados comumente no desenvolvimento de LPS, como diagramas de casos de uso, componentes, interação e classes da UML (*Unified Modeling Language*) (8), e o modelo de características (7).

A essa lacuna apresentada na literatura da aplicação de LPS na área da Saúde atribui-se o fato de que existe uma grande necessidade da participação de especialistas do domínio para o mapeamento e a compreensão de suas especificidades. Isto dificulta às empresas desse ramo em adotar novas estratégias, principalmente quando o *software* encontra-se em fase de desenvolvimento.

Nesse contexto, este artigo apresenta um relato de experiência da introdução de uma LPS no desenvolvimento de um arcabouço de *software* denominado ArcaMed-*, que trata de funcionalidades relacionadas à documentação automática de informação de atividades de profissionais da área da Saúde. A LPS foi desenvolvida usando o método PLUS (*Product Line UML-based Engineering*) (9), que se baseia nas mesmas metodologias utilizadas atualmente no desenvolvimento do ArcaMed-*, como a linguagem UML e o Processo Unificado (PU) (8).

O objetivo do trabalho é avaliar se, por meio da introdução da LPS-ArcaMed-*, é possível facilitar a derivação de novas aplicações, como também a viabilização desta nova engenharia, por meio dos métodos e processo adotado.

Materiais e Métodos

A seguir apresenta-se a metodologia empregada para o desenvolvimento da LPS no contexto do arcabouço ArcaMed-*.

Materiais

Arcabouço ArcaMed-*. Provê funcionalidades recorrentes de aplicações de documentação automática de informação (ou de captura e acesso – C&A) para atividades do cotidiano de profissionais da área da Saúde (10). Aplicações C&A capturam e registram informações manipuladas – relatórios e exames de imagens – e geram automaticamente documentos que descrevem essa atividade. Segundo a maneira como aplicações C&A são projetadas, estas se dividem em três subsistemas básicos (11): *pré-produção*, que provê informações de servirão de apoio para o subsistema de *captura*, em que a aplicação realiza a captura de um ou mais fluxos de informação de uma experiência, e *pós-produção*, que gera documentos contendo a seqüência dos fatos registrados durante a etapa de captura.

Aplicações. O ArcaMed-* foi desenvolvido por uma empresa de Tecnologia da Informação que mantém como política de mercado-alvo o desenvolvimento de aplicações C&A para a área da Saúde a partir de componentes desse

arcabouço. As aplicações pré-definidas são descritas a seguir: *ArcaMed-GRound*, uma aplicação para documentação automática de reuniões clínicas de apoio à deliberação cirúrgica (10); *NucMed*, uma aplicação para documentação automática de discussões de reuniões didático-clínicas de Medicina Nuclear; e *SCAE*, uma aplicação de documentação automática de eventos – congressos – onde discutem-se casos clínicos de pacientes que atraem interesse de uma dada comunidade.

Estratégia Atual de Desenvolvimento. O arcabouço ArcaMed-* e aplicações derivadas têm sido desenvolvidos por meio do PU, utilizando modelos e artefatos do RUP. O desenvolvimento desses sistemas tem se apoiado em idéias, reuniões e discussões entre analistas, programadores e colaboradores da área da Saúde. Nessa estratégia, utiliza-se a técnica *Reativa*, na qual artefatos comuns e variáveis são incrementalmente estendidos quando há demandas para incorporar novos requisitos. Assim, o arcabouço e as aplicações afetados são modificados e/ou reusados.

Métodos

Diante do potencial de reúso do ArcaMed-*, vislumbrou-se a adequação de uso da técnica de Linha de Produto de *Software*, pelo fato de haver pelo menos três aplicações já definidas que permitiriam uma análise de domínio para identificar partes variáveis e comuns. Por outro lado, fez-se necessário compatibilizar as metodologias utilizadas na estratégia atual de desenvolvimento para causar menor impacto na empresa em questão.

Método PLUS. Esse método foi proposto para o desenvolvimento da LPS, por basear-se na

notação UML, PU e componentes, já utilizados na estratégia atual do arcabouço. PLUS é composto pelo Processo ESPLEP (*Evolutionary Product Line Engineering Process*), que deixa explícitas as variabilidades e os pontos comuns de uma LPS, além de ser iterativo, orientado a objetos e compatível com o PU e o modelo de desenvolvimento em espiral [9].

O ESPLEP é composto por dois sub-processos: A Engenharia da LPS (ou Engenharia de Domínio) e a Engenharia da Aplicação (10). A Engenharia da LPS consiste do desenvolvimento de artefatos reusáveis como modelos de casos de usos, arquitetura da LPS e componentes, que são armazenados em um repositório da LPS. Durante a Engenharia da Aplicação, uma aplicação é desenvolvida segundo os artefatos reusáveis e validados disponibilizados no repositório; assim, obtém-se a aplicação executável.

As atividades do processo ESPLEP são apresentadas em [10], a saber: Modelagem dos requisitos de LPS; Modelagem da análise da LPS; Modelagem do projeto da LPS; Implementação incremental de componentes, e Testes da LPS, que podem ser aplicadas tanto para Engenharia da LPS quanto para a Engenharia da Aplicação. Neste trabalho, foi desenvolvida uma LPS utilizando as três primeiras atividades, como descritas na Tabela 1, e estas também foram adotadas para a instanciação e geração da aplicação SCAE. Na Tabela 1 estão descritas as atividades do ESPLEP utilizadas, as sub-atividades e os artefatos gerados de cada atividade, e uma relação com as atividades e os artefatos gerados atualmente na empresa tomada como estudo de caso. Em razão de limitações de espaço, apresentam-se resumidamente a condução da engenharia da LPS e alguns dos diagramas gerados.

Tabela 1 – Atividades e artefatos produzidos para atividades iniciais do ESPLEP e uma relação com atividades e artefatos gerados da empresa

ESPLEP			Empresa	
Atividades	Subatividades	Artefatos	Atividades	Artefatos
Requisitos	Definição do escopo da LPS Modelagem de casos de uso (UCs) Modelagem de características	Diagrama de UCs Especificação de UCs Diagrama de características Relacionamento UCs/características	Análise	Diagrama de UCs Especificação de UCs
Análise	Modelagem estática Estruturação de objetos Modelagem dinâmica interativa Modelagem de Máq. de Estados Finitos Análise de dependência característica/classe	Modelo estático conceitual Diagrama de colaboração Diagrama de sequência Diagrama de estados Diagrama de classes Tabela de dependência característica/classe		
Projeto	Arquitetura do Projeto baseado em Componentes	Diagrama de pacotes Diagrama de componentes Interfaces dos componentes	Projeto	Diagrama de classes e sequência

Inicialmente, conduziu-se a Engenharia de LPS para o ArcaMed-*. A primeira atividade, de *Modelagem de Requisitos*, destaca-se pela identificação das possíveis variabilidades do sistema e suas características. O diagrama de caso de uso da fase de Captura, ilustrado na Figura 1, apresenta as funcionalidades tratadas na captura de uma experiência. O PLUS indica com este-reótipos qual o tipo de caso de uso: se é núcleo do sistema <<kernel>>; se é opcional e pode ser adicionado à lógica do sistema <<optional>>; ou se é alternativo, onde pelo menos um caso de uso deve ser selecionado <<alternative>>.

O diagrama de características é típico para representar requisitos em uma LPS. O PLUS permite a modelagem de características comuns (essenciais para funcionamento de um produto), opcionais (que podem adicionar valor às características obrigatórias de um produto) e alternativas (que podem ser selecionadas para estarem presentes em um produto). Essas características são representadas com os estereótipos <<common feature>>, <<optional feature>> e <<alternative feature>>, conforme mostra a Figura 2. Em seguida, foram gerados os demais artefatos desta atividade (especificação de casos de uso e relacionamento entre casos de uso e características).

Na segunda atividade, *Modelagem de Análise*, foram desenvolvidos os quatro modelos indicados pelo PLUS: modelo estático conceitual; modelo dinâmico interativo; modelo dinâmico da máquina de estados; e modelo de dependência entre características e classes. No modelo estático conceitual são definidas as entidades estáticas em alto nível, possibilitando a identificação de classes na etapa de projeto.

Por fim, conduziu-se a atividade de *Modelagem de Projeto*, que se caracterizam em Arquitetura de *Software*, no qual é determinada a estrutura arquitetural por meio de diagrama de pacotes, e pelo Projeto de *Software* baseado em componentes, dando seqüência à organização dos pacotes, divisão em componentes e definição de interfaces.

Após terminar a Engenharia de Domínio, iniciou-se a Engenharia da Aplicação, em que o SCAE foi instanciado a partir da LPS-ArcaMed-*. Essa engenharia consiste no desenvolvimento de aplicações da LPS-ArcaMed-*, usando as mesmas atividades do processo ESPLEP e reutilizando os artefatos gerados das atividades anteriores, presentes em um repositório da LPS, para criar produtos específicos.

Na atividade de *Modelagem de Requisitos* da Engenharia de Aplicação, a aplicação SCAE foi escolhida para ser desenvolvida. Assim, analisou-se o diagrama de casos de uso do ArcaMed-* (Figura 1), eliminando-se os casos de uso opcionais desnecessários para o SCAE. Conseqüentemente, as características opcionais relacionadas a esses casos também foram eliminadas. Na Figura 3 apresenta-se o diagrama de casos de uso resultante, que representa um produto da LPS- ArcaMed-*.

Resultados e Discussões

A principal contribuição deste trabalho foi a definição de uma LPS para o desenvolvimento de um arcabouço na área da Saúde e sua introdução na empresa atual, com o objetivo de adoção desta nova estratégia e respectivos métodos de desenvolvimento.

Figura 1 - Diagrama de casos de uso da fase de Captura do ArcaMed-*

Figura 2 - Diagrama de características da fase de Captura do ArcaMed-*

Figura 3 - Diagrama de casos de uso da fase de Captura do SCAE

Com o andamento das atividades do processo ESPLEP, observa-se como resultados positivos a facilidade de reutilizar os artefatos iniciados pela estratégia atual da empresa, uma vez que está já vinha trabalhando com metodologias presentes no método PLUS, como PU e UML, o que facilitou

também o entendimento do arcabouço, a concepção da LPS e a viabilização do método para o desenvolvimento do ArcaMed-*. Assim sendo, com a introdução da LPS-ArcaMed-* há uma facilidade em derivar novas aplicações, conseqüentemente, fornecendo ao grupo maior

organização nos artefatos para que estes possam ser reutilizados futuramente, além de propiciar o aumento de sua qualidade e a do produto final. Observa-se também que, para a geração do SCAE, houve uma diminuição significativa no tempo de desenvolvimento dos artefatos referentes às atividades adotadas do processo ESPLEP. Contudo, as próximas atividades deste processo deverão seguir o mesmo padrão de reuso. Assim, teste e manutenção poderão beneficiar-se em tempo, diminuição de erros e aumento da garantia de qualidade da aplicação. O *feedback* da empresa em relação a introdução da LPS-ArcaMed-* foi positiva. O impacto de mudança de engenharia é mínimo no sentido de aprendizagem de metodologias. Por outro lado, uma preocupação significativa é em relação ao custo, cronograma e o tempo investido para esta mudança, uma vez que o ArcaMed-* encontra-se em desenvolvimento.

Conclusões e Trabalhos Futuros

O trabalho introduziu uma LPS para auxiliar na construção do arcabouço ArcaMed-* relacionado à área da Saúde. A LPS foi modelada com base nas atividades de Requisitos, Análise e Projeto do processo ESPLEP, porém, as atividades restantes, como Implementação e Testes, não foram conduzidas. A partir de nossa experiência na investigação da aplicabilidade da LPS-ArcaMed-*, resultados apontam para um bom potencial na melhoria dos processos de *software* na área da Saúde, inclusive com a perspectiva de menor dependência de participação de especialistas da área de aplicação em desenvolvimentos futuros, devido à possibilidade de reuso sistemático.

Com base nos resultados obtidos e considerando a tendência de sobrecarga de atividade dos profissionais da área da Saúde, que resulta na limitação de tempo disponível para participação em reuniões, e a grande dificuldade de estabelecimento de entendimento e linguagem em comum com os profissionais de informática, a utilização da LPS se apresenta com grande potencial para otimização do desenvolvimento de produtos com foco na Saúde. Como trabalho futuro, sugere-se estudos mais aprofundados dessa aplicabilidade, incluindo medidas de desempenho mais objetivas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, CNPq (557976/2008-1) e FAPESP (05/60038-5, 06/58984-2) pelo apoio financeiro.

Referências

1. Krueger CW. Software Reuse. ACM Computing Surveys. New York, NY, USA: ACM; 1992. p. 131-183.
2. Clements P, Northrop L. Software Product Lines: Practices and Patterns. 3rd ed. Boston: Addison-Wesley; 2002.
3. Laguna MA, Finat J, González JA. Mobile Health Monitoring and Smart Sensors: a Product Line Approach. In: Euro American Conference on Telematics and Information Systems: New Opportunities To increase Digital Citizenship. New York, NY, USA: ACM; 2009. p. 1-8.
4. Blake MB, Cleary K, Ranjan SR, Ibanez L, Gary K. Use Case-Driven Component Specification: A Medical Applications Perspective to Product Line Development. In: ACM Symposium on Applied Computing. New York, NY, USA: ACM; 2005. p. 1470-1477.
5. Jaring M, Krikhaar RL, Bosch J. Modeling Variability and Testability Interaction in Product Line Engineering. In: Seventh International Conference on Composition-Based Systems. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society; 2008. p. 120-129.
6. Kruchten P. The Rational Unified Process: An Introduction, 2nd ed. Boston: Addison-Wesley; 2000.
7. Kang KC, Cohen S, Hess J, Nowak W, Peterson S. Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study. Technical Report, CMU/SEI-90-TR-21. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University. Pittsburgh; 1990.
8. Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. UML Guia do Usuário. 2nd ed. Rio de Janeiro: Campus; 2005.
9. Goma H. Designing Product Lines with UML: From uses cases to Pattern based Architecture. Boston: Addison-Wesley; 2004.
10. Bulcão-Neto RF, Camacho-Guerrero JA, Azevedo-Marques PM, Nascimento LET, Macedo AA. Um arcabouço de software para apoio ao desenvolvimento de aplicações médicas com tecnologias de computação ubíqua. In: VII Workshop de Informatica Médica. Porto de Galinhas-PE, Brasil; 2007. p. 223-226.
11. Abowd GD, Mynatt E D, Rodden T. The Human Experience. In: IEEE Pervasive Computing, v. 1, n. 1; 1986. p. 48-57.

*APÊNDICE I – Avaliação da Qualidade de
Sistemas de Recuperação
de Imagens Médicas a
partir de Conteúdo: para
além do gap semântico*

Este apêndice apresenta o conteúdo completo do resumo expandido de ID 396 publicado no Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB 2010).

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS A PARTIR DE CONTEÚDO: PARA ALÉM DO GAP SEMÂNTICO

J. P. Souza*, R. T. V. Braga**, P. M. Azevedo-Marques*

*Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia/USP, São Carlos, Brasil

**Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC)/USP, São Carlos, Brasil

Introdução: Sistemas de recuperação de imagem por conteúdo (*Content-Based Image Retrieval* – CBIR), quando aplicados na área da Saúde, podem ser considerados uma tecnologia promissora no auxílio à rotina clínica pelo diagnóstico por imagem [1]. Um dos gargalos dessa tecnologia é a divergência entre os resultados obtidos automaticamente pelo sistema e aqueles esperados pelos médicos (*semantic gap*). Existem ainda outros *gaps* que impactam na confiabilidade, usabilidade e desempenho de sistemas CBIR [2]. Isso explica os poucos exemplos de sucesso na rotina clínica encontrados na literatura. Geralmente, isso ocorre devido à incapacidade destas aplicações em superar os *gaps*, ou seja, por não serem desenvolvidas por meio de processos, padrões, técnicas e métodos de desenvolvimento de *software* específicos para o domínio da Saúde. Neste contexto, o presente artigo apresenta uma proposta de Modelos de Qualidade baseados em práticas da Engenharia de *Software*, com o objetivo de melhorar o desenvolvimento de sistemas CBIR, bem como de cobrir *gaps* (inclusive o *semantic gap*). Um estudo de caso foi realizado para avaliar se uma técnica de reúso implantada nos modelos contribui de forma significativa com o desenvolvimento de sistemas na área da Saúde, agregando, assim, valor efetivo ao processo de desenvolvimento.

Materiais e Métodos: Os Modelos de Qualidade propostos baseiam-se em diferentes perspectivas de *gaps*. Além do *semantic gap*, serão tratados os *gaps* encontrados na literatura por meio de evidências geradas por uma Revisão Sistemática, bem como *gaps* identificados pelo uso do sistema no cotidiano clínico, para avaliação do desempenho e viabilidade como auxílio ao diagnóstico. Dadas as informações de *gaps*, os modelos serão concebidos pelos padrões de qualidade MPS-BR e ISO/IEC 12207 e serão classificados em duas frentes: Modelo para Reengenharia, que irá verificar se o sistema CBIR possui o nível de maturidade apropriado para realizar uma reengenharia baseada no próximo modelo; e o Modelo de Qualidade, que tem como o objetivo desenvolver sistemas CBIR baseado em um processo de desenvolvimento específico no domínio da Saúde. Os modelos irão complementar o Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS), ou seja, os modelos irão fornecer subsídios para que os requisitos definidos no Manual da SBIS sejam implementados por meio de um processo de desenvolvimento, técnicas e métodos adequados com padrão de qualidade.

Resultados: Uma versão inicial dos modelos propostos foram aplicados em um arcabouço para desenvolvimento de aplicações de computação ubíqua para a área da Saúde, denominado ArcaMed-*. Foram utilizadas técnicas de reúso, enfatizando a Engenharia de Linha de Produto de *Software* (LPS). O objetivo dessa etapa foi avaliar se a engenharia de LPS-ArcaMed-* facilitaria a derivação de novas aplicações [4] e se contribuiria de forma significativa para agregar-se ao processo e às técnicas para o Modelo de Qualidade.

Conclusões: Os resultados da aplicação da versão inicial dos modelos propostos ao ArcaMed-* evidenciaram o potencial para aplicação da técnica de reúso (LPS) em um processo de *software* na área da Saúde, com diminuição de tempo de desenvolvimento, facilidade em gerar novas aplicações, bem como diminuição da dependência entre os especialistas da área para o desenvolvimento das novas aplicações. Foram destacadas outras evidências para novas necessidades dos modelos, que possibilitem abordar todas as etapas do ciclo de vida do desenvolvimento do CBIR, garantindo assim, a cobertura dos *gaps* e padrões de qualidade definidos. Novos estudos de casos deverão ser realizados para avaliação dos modelos sob a ótica de reengenharia de sistemas CBIR.

Referência Bibliográfica: [1] Long, L. R., Antani S., Deserno, T. M., Thoma, G. R. (2009), *Content-Based Image Retrieval in Medicine: Retrospective Assessment, State of the Art, and Future Directions*. International journal of healthcare information systems and informatics: official publication of the Information Resources Management Association, v. 4, n. 1, p. 1-16. [2] Deserno, T. M., Antani, S., Long, R. (2009), *Ontology of Gaps in Content-Based Image Retrieval*. Journal of Digital Imaging, v. 22, n. 2, p. 202 – 215. [3] Souza, J. P., Bulcão-Neto, R. F., Braga, R. T. V., Azevedo-Marques, P. M. (2010) “Aplicação de Linha de Produto de *Software* no Desenvolvimento de um Arcabouço para a Área da Saúde: Um Relato de Experiência”. In: *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*.

Palavras-chave: *Content-Based Image Retrieval*, *Semantic Gap*, Modelo de Qualidade, Usabilidade e Desempenho

Agência Financiadora: Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro.

*APÊNDICE J – Análise de Gaps e
Características de
Sistemas de Recuperação
de Imagens Médicas para
o Estabelecimento de um
Modelo de Qualidade*

Este apêndice apresenta o conteúdo do artigo completo aceito para publicação nos Anais do XIII Congresso Brasileiro de Informática na Saúde (CBIS 2012).

ANÁLISE DE GAPS E CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS PARA O ESTABELECIMENTO DE UM MODELO DE QUALIDADE

Juliana P. Souza¹, Rosana T. V. Braga² e Paulo M. Azevedo-Marques^{1,3}

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia/USP, São Carlos, Brasil

²Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação/USP, São Carlos, Brasil

³Departamento de Clínica Médica, FMRP/USP, Ribeirão Preto, Brasil

Resumo: Este artigo tem por objetivo identificar diretrizes para desenvolvimento de sistemas CBIR em aplicações médicas, que podem ser utilizadas no estabelecimento de modelos de qualidade. As diretrizes buscaram tratar alguns aspectos do sistema no processo de desenvolvimento, tais como: *gaps* da literatura (sensorial, conteúdo, características, desempenho e usabilidade), requisitos do processo de certificação da SBIS/CFM, regras da ANVISA e requisitos sobre as reais necessidades dos médicos. Os resultados podem ser aplicados no desenvolvimento de sistemas CBIR, bem como na caracterização e no estabelecimento de um modelo de qualidade. Assim, estratégias de desenvolvimento, práticas em atividades do processo de *software* e níveis de maturidade foram estabelecidas. Nova perspectiva de pesquisa para o desenvolvimento de sistema CBIR foi apresentada visando à melhoria dos processos de desenvolvimento.

Palavras-chave: *Software, Sistemas de Informação, Informática Médica.*

Abstract: *The main goal of this paper is to identify guidelines for developing CBIR systems in medical applications, which may be used for the establishment of quality models. The guidelines have sought to deal with some aspects of the system in the development process, such as: literature gaps (sensory, content, features, performance and usability), requirements of the SBIS/CFM certification process, ANVISA's rules and requirements on the real needs of doctors. The results can be applied in the development of CBIR systems as well as for the characterization and establishment of a quality model. Thus, development strategies, practice in activities of software process and maturity levels were established. New perspective of research for the development of CBIR system was introduced with the aim of improving the development processes.*

Keywords: *Software, Information Systems, Medical Informatics.*

Introdução

Sistemas de Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo¹ (CBIR, na sigla em inglês) em aplicações médicas² vêm sendo pesquisados há mais de duas décadas pela comunidade científica voltada à Informática em Saúde e áreas afins. Por meio de características pictóricas extraídas das imagens, sistemas CBIR recuperam as imagens mais visualmente semelhantes a uma determinada imagem de referência de um banco de dados de imagens¹.

Apesar dos benefícios identificados em diferentes domínios de imagens médicas e esforços na construção de protótipos³, até a escrita deste artigo não constam publicações e relatos de algum sistema CBIR que esteja disponível comercialmente. As razões são múltiplas e grande parte delas vêm sendo discutidas constantemente na literatura e representadas como deficiências⁴ (comumente conhecido como *gaps*, em inglês).

Um *gap*⁴ representa uma quebra ou descontinuidade em algum aspecto importante de uma característica do sistema, medindo a variação entre um possível valor potencial até o valor real alcançado pela característica. A literatura referente a sistemas CBIR aponta dois *gaps* principais: o *gap* semântico^{1,2} e o *gap* sensorial¹, além de estudos mais recentes e sistemáticos sobre outros tipos de *gaps*, como a antologia de *gaps*⁴, que define 14 *gaps* e 7 características do sistema que podem ser utilizados para análise e avaliação dos sistemas CBIR para

aplicações médicas. Em Depeursinge et al.³ apresentam-se outros aspectos importantes que ajudam responder por que os sistemas CBIR ainda não foram implantados na prática clínica.

Todos esses aspectos justificam a discrepância entre a proliferação das metodologias e sistemas CBIR da literatura e a falta desses na prática clínica. Entretanto, garantir somente o tratamento desses aspectos não significa estar o sistema totalmente adequado ao uso na prática clínica de um hospital. Para isso, nota-se a necessidade também do tratamento de certos requisitos para a regulamentação exigida por órgãos e instituições governamentais (ou não governamentais), como por exemplo, nos Estados Unidos da América a Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA, na sigla em inglês) e, no Brasil, o Processo de Certificação da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) juntamente com o Conselho Federal de Medicina (CFM) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

De acordo com resultados observados anteriormente por nosso grupo de pesquisa, pode-se constatar a necessidade de adequação das metodologias de apoio ao desenvolvimento do sistema, visando à melhoria dos processos. Em Souza et al.⁵ apresenta-se uma carência de métodos de avaliação de sistemas CBIR que tenham foco em uma avaliação formal e sistemática. Além disso, com base em uma revisão sistemática e pesquisa empírica (dados ainda não publicados), não foram encontradas evidências de modelos de qualidade específicos para o desenvolvimento de sistema CBIR, bem como a não utilização de modelos gerais estabelecidos. Essa falta de recursos sólidos também direciona a baixa maturidade dos sistemas para serem inseridos na prática clínica.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar diretrizes, com base nos principais aspectos de sistemas CBIR, que representam as necessidades e limitações desses sistemas, para apoiar o estabelecimento futuro de um modelo de qualidade que poderá ser utilizado para o desenvolvimento e avaliação em uma engenharia ou reengenharia de *software*. Os aspectos abordados foram extraídos de algumas fontes de informação, tais como: literatura, processo de certificação da SBIS/CFM, ANVISA e um *survey* sobre a aplicação de um sistema CBIR com a interação de alguns usuários radiologistas. Desta maneira, este trabalho buscou levantar também como essas diretrizes podem ser tratadas por um Modelo de Qualidade (MQ) durante o processo de desenvolvimento do sistema CBIR.

Métodos

Existem vários aspectos de sistemas CBIR de aplicações médicas, bem como aspectos que contemplam a classe de sistemas de registro eletrônico em saúde⁶ (S-RES), que se não tratados adequadamente durante o processo de desenvolvimento podem explicar a falta do uso de sistemas CBIR na prática clínica. A seguir, apresentam-se os aspectos utilizados que foram extraídos da literatura, do processo de certificação da SBIS/CFM, da ANVISA e de um *survey*.

A literatura foi utilizada como fonte de informação por apresentar trabalhos recentes que investigam aspectos como: *gaps*, características e requisitos. Os principais *gaps* referem-se ao *gap* semântico¹ e ao *gap* sensorial^{1,2}. Deserno et al.⁴ definiram uma ontologia de *gaps*, para análise e avaliação de sistema CBIR, com base em quatro grupos de *gap* e entidades: *Gap* de Conteúdo (semântico e contexto de uso), *Gap* de Característica (extração, estrutura, escala, dimensão de espaço + tempo e dimensão de canal), *Gap* de Desempenho (aplicação, integração, indexação e avaliação) e *Gap* de Usabilidade (consulta, realimentação por relevância e refinamento). Cada entidade é composta por categorias.

O processo de certificação da SBIS/CFM foi escolhido como fonte de informação pelo fato de sistemas CBIR se enquadrarem no contexto de S-RES, além do processo contemplar os S-RES de instituições públicas e privadas com requisitos baseados em normas ISO, resoluções do CFM, entre outros conceitos e normas nacionais e internacionais da área de Informática em Saúde que visam à melhoria da qualidade dos S-RES no Brasil. O Manual de Certificação

para S-RES v.3.3⁷ apresenta o embasamento teórico necessário para compreensão dos requisitos. Os requisitos são classificados em quatro aspectos: Segurança; Estrutura, Conteúdo e Funcionalidades para S-RES Assistencial; Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED); e Troca de Informação em Saúde Suplementar.

A ANVISA foi escolhida como fonte de informação por contemplar a classe de sistemas CBIR como produto de dispositivos médicos para diagnóstico, já que exercem as funções recomendadas para esse enquadramento, como processamento de imagens médicas, influenciando no funcionamento de sistemas para o radiologista e assistência ao paciente. Para o processo de regulamentação, bem como para a disseminação de conhecimento, a ANVISA disponibiliza um documento denominado Compêndio Normativo Jurídico aplicado às áreas de tecnologia de dispositivos médicos⁸, que apresenta toda a legislação concernente aos dispositivos médicos.

Buscando complementar as fontes de informação em um contexto empírico, foi realizado um levantamento (*survey*) de requisitos sobre as necessidades reais do radiologista no uso do sistema na prática clínica (dados ainda não publicados). O levantamento foi executado a partir da aplicação de tarefas diagnósticas controladas entre radiologistas e um protótipo de sistema CBIR para imagens de mamografia, bem como da aplicação de um questionário semiestruturado baseado em características da norma ISO/IEC 9126⁹. Foram levantados 12 novos requisitos e 3 requisitos de melhorias (comuns e específicos da aplicação).

A análise geral desses aspectos buscou a identificação de diretrizes sobre quais são os principais aspectos do sistema CBIR que impactam o uso na prática clínica e como eles podem ser tratados por um modelo de qualidade. Para apoiar estas diretrizes, conceitos fundamentais sobre qualidade de processos de *software*, para compreensão e caracterização de um futuro modelo de qualidade são apresentados a seguir.

A qualidade de processo de *software* tem como objetivo tratar da qualidade dos processos utilizados para o desenvolvimento do sistema, com base na avaliação e a melhorias do processo¹⁰. Modelos de Qualidade (MQ) são documentos utilizados para apoiar a qualidade do processo ou produto de *software* com base em diretrizes bem estabelecidas para adotar um determinado processo, bem como para elaborar, avaliar ou melhorar um novo processo de desenvolvimento ou produto de *software*. Os MQ de processo que mais se destacam na literatura são: normas ISO/IEC 12207¹¹, ISO/IEC 15504¹² e CMMI¹³.

Alguns MQ, como o CMMI, adotam níveis de maturidade ou capacidade para caracterizarem os estágios que se encontram o processo, produto ou até mesmo a organização em questão, bem como para representar os estágios ou caminhos necessários para atenderem os objetivos especificados e qualidade pretendida.

Resultados e Discussão

A seguir, apresentam-se diretrizes para construção ou instanciação do MQ. Grande parte das diretrizes contêm aspectos relacionados, portanto serão apresentados em conjunto. Os *gaps* foram agrupados segundo a classificação proposta por Deserno et al.⁴ (ver Seção Métodos).

Maturidade de Sistemas CBIR – A maturidade objetiva caracterizar a evolução e os estágios dos sistemas CBIR visando à implantação efetiva da prática clínica. Foram identificados dois pontos importantes que podem ajudar a definir os diversos níveis de maturidade do MQ: 1) *Categorias de gaps* – os *gaps* que contemplam essa característica são: *gaps* semântico, estrutura, escala, dimensão de espaço + tempo e canal; cada categoria de cada entidade do *gap* poderá ser desenvolvida em uma iteração e de modo incremental; e 2) *Execução sistemática de todas as práticas e estratégias estabelecidas* – o MQ assegurará que o sistema que atingiu o nível de maturidade mais alto cobriu todas as práticas estabelecidas e está apto à

prática clínica. O MQ fornecerá uma lista de requisitos de maturidade que servirá como guia para o desenvolvimento de sistemas CBIR em todas as atividades do processo, bem como para apoiar a avaliação da maturidade do sistema.

Gap Sensorial – Atividades de apoio serão administradas para acompanhar o desenvolvimento do sistema. As seguintes práticas foram identificadas: *Análise de Requisitos* – estabelecimento de uma lista de requisitos específicos baseada na resolução do Conselho Federal de Medicina Nº 1890/2009¹⁴ com ênfase na aquisição e qualidade da imagem no contexto de telerradiologia para um aspecto brasileiro (requisitos tratados até a segunda iteração). Em aspectos internacionais, requisitos baseados na lei de Portabilidade e Responsabilidade de Sistemas de Saúde podem ser atribuídos em próximas iterações; *Gerenciamento de Requisitos* – adoção de atividade de rastreabilidade de requisitos objetivando o rastreamento de requisitos para verificar se foram tratados e atualizados durante todo o processo de desenvolvimento.

Gaps de Conteúdo – Em *gap* de contexto de uso, as categorias não serão associadas aos níveis de maturidade. A maturidade estará associada à condução sistemática das seguintes estratégias: *Incremental* – cada contexto da imagem será desenvolvido em paralelo e, posteriormente, suas partes poderão ser integradas; *Iterativo* – cada contexto da imagem terá suas peculiaridades relacionadas às modalidades, protocolos e procedimentos diagnósticos que serão desenvolvidas por meio de iterações; e *Reuso* – as características ou requisitos comuns e específicos de cada contexto da imagem serão tratados com base em uma técnica de reuso, como por exemplo, linha de produtos de software¹⁵.

O *gap* semântico é superado se for estabelecida uma relação das estruturas da imagem para o significado médico⁴. Para isso, consideram-se as categorias como níveis de maturidade. O MQ unificará práticas dentre as seguintes atividades do processo: *Análise de Requisitos* – estabelecimento de uma lista de requisitos específicos, implementados na primeira iteração, para abordar técnicas de realimentação por relevância; *Gerenciamento de Requisitos* – seguindo o mesmo padrão do *gap* sensorial; *Teste* – duas práticas foram identificadas: 1) para cada contexto da imagem, avalia-se o desempenho do sistema com base em um teste para definir a melhor combinação entre os extratores de características e medidas de funções de distância; e 2) para cada contexto da imagem e no final de cada iteração, avalia-se o sistema como auxílio ao diagnóstico com base em um teste funcional para avaliar as imagens como similares no ponto de vista dos médicos contra as mesmas imagens sendo julgadas como semelhantes por algoritmo. As atividades para os testes encontram-se em Souza et al.¹⁶.

Os *gaps* de conteúdo estendem-se a duas vertentes do sistema: 1) a visão computacional em relação às características numéricas e suas limitações e 2) a compreensão humana da imagem e ao contexto de uso. Conforme apresentado a seguir, essas vertentes incluem os *gaps* de características e usabilidade, respectivamente.

Gaps de Características – O processo de indexação manual de imagens é bastante trabalhoso e sujeito a erros⁴. Em *gap* de extração, constata-se a necessidade em adotar somente a categoria *automático*. Assim, desde o início do processo de desenvolvimento, o sistema deve ser projetado para não haver qualquer interação humana na extração de características. Uma vez que a extração é automática para qualquer contexto da imagem, em *gap* de estrutura, as regiões de interesse também serão geradas automaticamente. O *gap* de dimensão de espaço + tempo foi desmembrado em dois *gaps* para melhor adaptação no modelo. Na dimensão de espaço, o tratamento inicial será semelhante aos *gaps* anteriores. Na dimensão de tempo, as categorias foram modificadas para: *não tratadas* – a dimensão do tempo não é tratada, e *cabeçalho da imagem* – a dimensão do tempo é tratada com base no cabeçalho da imagem digital, como o cabeçalho da imagem do padrão de Comunicação de Imagens Digital em Medicina. As categorias dos *gaps* de estrutura, escala, dimensão de espaço, dimensão de tempo e canal serão tratadas como níveis de maturidade.

Gaps de Usabilidade – Nesses *gaps* consideram-se categorias como níveis de maturidade, exceto para a categoria *não tratada*. A atividade de teste deverá ser complementada com um teste de sistema funcional baseado nas características de usabilidade da norma ISO/IEC 9126⁹. As práticas do *gap* de realimentação por relevância estão descritas no *gap* semântico.

Gaps de Desempenho – O *gap* de aplicação é superado se houver uma igualdade entre o nível de aplicação efetiva de sistemas CBIR publicado na literatura e os sistemas disponíveis para uso e teste. O MQ propriamente dito será uma ferramenta para quebrar, definitivamente, o *gap* de aplicação. As categorias desse *gap* não serão utilizadas como níveis de maturidade. O uso do MQ buscará documentar e manter evidências atualizadas de todas as atividades do processo. As categorias do *gap* de integração serão consideradas como níveis de maturidade. Entretanto, a integração com Sistemas de Comunicação e Arquivamento de Imagens (PACS, na sigla em inglês) deverá ser considerada obrigatória logo na primeira iteração e com Sistemas de Informação Radiológica (RIS, na sigla em inglês) nas próximas iterações. Uma lista de requisitos para tratar da integração com PACS e RIS será preestabelecida e seguirá o mesmo padrão do *gap* sensorial. Devido a complexidade do *gap* de indexação, faz-se necessário estudos mais detalhados sobre como um MQ poderá contribuir com a quebra ou diminuição desse *gap*. Porém, inicialmente nota-se a necessidade de práticas de apoio nas atividades de teste para avaliar o desempenho da recuperação da imagem em uma perspectiva de tempo (velocidade) da recuperação em grande banco de imagens. Por fim, em *gap* de avaliação, somente a categoria *quantitativa* será tratada (desde a primeira iteração). As práticas estabelecidas para este *gap* referem-se às práticas para teste/avaliação de desempenho do sistema definidas no *gap* de indexação e *gap* semântico.

Requisitos/Regras/Características: SBIS/CFM, ANVISA e Survey – O enquadramento de sistemas CBIR no processo de certificação da SBIS/CFM engloba os requisitos de segurança de nível 1 (com acesso remoto), assistência ambulatorial e GED. Na ANVISA, os dispositivos médicos são considerados equivalentes a sistemas de informação médicos. Assim, nota-se a necessidade de mapeamento das regras para requisitos específicos de SI antes de serem incorporados ao processo de desenvolvimento. Todos os conceitos dos requisitos fornecidos pela SBIS/CFM, em especial a obrigatoriedade, bem como os requisitos da ANVISA e os requisitos levantados pelo *survey* serão mantidos e incorporados ao processo de desenvolvimento a partir da segunda iteração. Para isso, práticas de teste funcional serão constantemente executadas, em todas as próximas iterações, para avaliar os requisitos em questão.

Conclusão

O artigo apresentou diretrizes de sistemas CBIR para imagens médicas visando à classificação de conceitos para a construção de um modelo de qualidade específico. O modelo poderá ser utilizado como ferramenta de apoio para o desenvolvimento ou reengenharia de sistemas CBIR e, se seguido sistematicamente, o sistema atingirá o nível de maturidade suficiente para a implantação efetiva em uma Instituição de Saúde. As diretrizes buscaram contemplar, por meio de práticas e estratégias a serem desenvolvidas durante as atividades de um processo de desenvolvimento, aspectos dos sistemas CBIR que implicam fortemente nesta efetivação, como os *gaps* da literatura, requisitos do processo de certificação da SBIS, ANVISA, entre outras características que representam as reais necessidades dos médicos. Além da construção do modelo de qualidade, como trabalhos futuros destaca-se estudos mais detalhados dos *gaps* de avaliação e indexação que dependem do conhecimento de especialista para melhor tratamento no modelo. Além disso, as características apresentadas em Deserno et al.¹⁴, bem como os requisitos do FDA também devem ser incluídos. A intenção do trabalho foi contribuir com a pesquisa científica para o desenvolvimento de sistemas CBIR de imagens médicas e apresentar uma nova perspectiva de pesquisa relacionada à área de Qualidade de

Produto de *Software*, fornecendo assim uma abordagem mais formal sobre os aspectos necessários para o uso efetivo do sistema na prática clínica e como eles poderiam ser tratados em um processo de desenvolvimento, visando à quebra ou diminuição de *gaps*.

Referências

- [1] Smeulders AWM, Worring M, Santini S, Gupta A, Jain R. Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 2000;22(12):1349-1380.
- [2] Müller H, Michoux N, Bandon D, Geissbuhler A. A review of content-based image retrieval systems in medical applications—clinical benefits and future directions. *Int J Med Inform* 2004;73(1):1-23.
- [3] Depeursinge A, Fischer B, Müller H, Deserno TM. Prototypes for Content-Based Image Retrieval in Clinical Practice. *Open Med Inform J* 2011;5:58-72.
- [4] Deserno TM, Antani S, Long R. Ontology of gaps in content-based image retrieval. *J Digit Imaging* 2009;22:202-15.
- [5] Souza JP, Calabrez L, Braga RTV, Azevedo-Marques PM. Quality Evaluation of Content-Based Medical Image Retrieval Systems: A systematic review applied to HTA. In: *Anais do 9th Annual Meeting Health Technology Assessment International*; 2012; Bilbao, Espanha.
- [6] ISO/TR 20.514:2005. Technical Report - Health informatics -- Electronic health record -- Definition, scope and context. International Standards Organization, 2001.
- [7] CFM; SBIS. Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES), versão 3.3., 2009.
- [8] ANVISA. Compêndio Normativo Jurídico aplicado às áreas de tecnologia de dispositivos médicos, versão 3.4., 2011.
- [9] ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model. International Standards Organization, 2001.
- [10] Tsukumo A, Rêgo C, Salviano C, Azevedo G, Meneghetti L, Costa M, Carvalho M, Colombo R. Qualidade de software: visões de produto e processo de software. In: *Anais do VIII CITS – Conf. Int. de Tecnologia de Software: Qualidade de Software*, 1997.
- [11] ISO/IEC 12207:2008. Systems and software engineering - Software life cycle processes. International Standards Organization, 2008.
- [12] ISO/IEC 15504-1:2004. Information technology - Process assessment - Part 1: Concepts and vocabulary. International Standards Organization, 2004.
- [13] Software Engineering Institute. CMMI for Acquisition, Version 1.3., 2010.
- [14] CFM. Resolução N° 1890/2009. On-line. Disponível em: http://www.portalmedico.org.br/resolucoes/cfm/2009/1890_2009.htm.
- [15] Gomaa, H. Designing Software Product Lines with UML: From Use Cases to Pattern-Based Software Architectures. Addison Wesley Longman Publishing CO., Inc., Redwood City, CA, EUA, 2004. 736 p.
- [16] Souza JP, Ponciano-Silva M, Bugatti P, Traina A, Braga RT, et al. A Proposal of a Reference Model for the Assessment of Content-Based Medical Image Retrieval Systems focused on Computer-Aided Diagnosis Applications. In: *Anais do 8th Annual Health Technology Assessment International*; 2011; Rio de Janeiro, Brasil.

Contato

Juliana P. Souza, Centro de Ciências das Imagens e Física Médica, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de

São Paulo, Avenida dos Bandeirantes 3900, Monte Alegre, Campus USP, 14048-900, Ribeirão Preto – SP, Brasil, jupsouza@usp.br, Tel: +55 (16) 3602-2640, FAX: + 55 (16) 3602-2648.

APÊNDICE K – MR-SCBIR: Processos e Componentes Associados

Neste apêndice apresentam-se os processos Desenvolvimento de Requisitos, Projeto e Construção do Produto, Integração do Produto, Verificação e Validação do MR-SCBIR, bem como os componentes de cada processo (referências, propósito, práticas comuns e específicas e resultados esperados instanciados). Esses processos complementam o processo de Gerenciamento de Requisitos apresentado na Seção 6.3.4 do Capítulo 6.

Desenvolvimento de Requisitos (DRE)

Referências:

- CMMI. DRE é equivalente à área de processo Desenvolvimento de Requisitos da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 3 de maturidade (Definido).
- MPS-BR. DRE é implementado no nível de maturidade D – Largamente Definido.

Propósito:

Definir os requisitos do cliente, do produto e dos componentes do produto.

Práticas Comuns:**Quadro 17 -** Práticas comuns do processo de Desenvolvimento de Requisitos

ID	Referência MPS-BR	Descrição
DRE PC 1	DRE 1	As necessidades, expectativas e restrições do cliente, tanto do produto quanto de suas interfaces, são identificadas.
DRE PC 2	DRE 2	Um conjunto definido de requisitos do cliente é especificado e priorizado a partir das necessidades, expectativas e restrições identificadas.
DRE PC 3	DRE 3	Um conjunto de requisitos funcionais e não funcionais, do produto e dos componentes do produto que descrevem a solução do problema a ser resolvido, é definido e mantido a partir dos requisitos do cliente.
DRE PC 4	DRE 4	Os requisitos funcionais e não funcionais de cada componente do produto são refinados, elaborados e alocados.
DRE PC 5	DRE 5	Interfaces internas e externas do produto e de cada componente do produto são definidas.
DRE PC 6	DRE 6	Conceitos operacionais e cenários são desenvolvidos.
DRE PC 7	DRE 7	Os requisitos são analisados, usando critérios definidos, para balancear as necessidades dos interessados com as restrições existentes.
DRE PC 8	DRE 8	Os requisitos são analisados, usando critérios definidos, para balancear as necessidades dos interessados com as restrições existentes.

Prática Específica:**Quadro 18 -** Práticas específicas do processo de Desenvolvimento de Requisitos

ID	Descrição
DRE PE 1	Uma lista de requisitos (funcionais e não funcionais), denominada Lista de Requisitos Específicos de S-CBIR, é estabelecida com base em documentos formais.
DRE PE 2	Uma lista de requisitos (funcionais e não funcionais), denominada Lista de Requisitos para Integração de S-RES, para tratar da integração do S-CBIR com outros S-RES é estabelecida.

Resultados Esperados Instanciados:

Quadro 19 - DRE REI 1 - Identificação de requisitos de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 1	DRE PC 1	Identificação de requisitos de S-CBIR
<p>Embora algumas pessoas dos setores de radiologia e administrativo de uma Instituição de Saúde possam contribuir com informações relevantes para a coleta e análise de requisitos, o principal fornecedor de requisitos é o próprio médico (usuário final). Entretanto, as necessidades de todos os possíveis fornecedores de requisitos, incluindo todos da parte interessada, podem constituir uma base para a determinação dos requisitos do cliente. Para minimizar os conflitos ou insuficiência das necessidades das partes interessadas, este processo tende a ser iterativo ao longo do ciclo de vida do projeto.</p> <p>Em se tratando de agilidade e rapidez, as necessidades dos médicos podem ser coletadas por meio de técnica de elicitação de requisitos¹ baseada em construção de cenário e análise de tarefas seguida de questionário, conforme apresentado no Apêndice G. Dessa forma, o cenário e tarefas diagnósticas reais fornecem aos médicos uma maior abstração do uso do sistema na prática clínica, o que favorece o entendimento sobre as suas necessidades. Além disso, o questionário predefinido, com base em atributos de qualidade, tende a facilitar o processo de levantamento de requisitos por parte dos médicos e garante a qualidade da informação. Todavia, qualquer que seja a técnica utilizada, os requisitos levantados devem ser documentados e avaliados adequadamente.</p> <p>Espera-se que o profissional de informática alocado para essa atividade tenha habilidades essenciais ao papel de analista de sistemas², como também tenha aptidões em tratar da informação, do negócio e das tecnologias na área da saúde. Para isso, um profissional que tenha formação ou especialização na área de informática em saúde (ou áreas afins) na equipe de desenvolvimento pode ser fundamental para traduzir às necessidades dos médicos eficiência e rapidez, e mapeá-las de fato em requisitos do cliente.</p> <p>Em relação ao <i>gap</i> de contexto de uso, nessa prática são levantadas as restrições dos médicos em termos de interfaces para cada contexto da imagem ou contexto clínico.</p>		

Quadro 20 - DRE REI 2 - Especificar e priorizar requisitos

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 2	DRE PC 2	Especificar e priorizar requisitos
<p>As informações levantadas, inclusive as restrições do cliente em termos das interfaces para cada contexto da imagem ou contexto clínico, são traduzidas para requisitos do cliente e priorizadas de acordo com as necessidades dos principais fornecedores de requisitos (médicos e pessoal do setor de radiologia e administrativo da Instituição de Saúde em questão).</p> <p>Considerando que S-CBIR sejam categorizados como sistemas críticos, a Lista de Requisitos Específicos de S-CBIR e a Lista de Requisitos para Integração de S-RES (definidas em DRE PE 1 e DRE PE 2, respectivamente) devem apresentar prioridades de evolução de requisitos baseada na estratégia iterativa de desenvolvimento, e de acordo com a disponibilidade de desenvolvimento da organização.</p> <p>Na Lista de Requisitos para Integração de S-RES, sugere-se que o S-CBIR seja integrado com PACS logo na primeira iteração, e com Sistemas de Informação Radiológica (RIS, da sigla em inglês) e Sistemas de Informação Hospitalar (HIS, da sigla em inglês) nas próximas iterações.</p>		

Quadro 21 - DRE REI 3 - Identificar e refinar requisitos funcionais e não funcionais de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 3	DRE PC 3 DRE PC 4	Identificar e refinar requisitos funcionais e não funcionais de S-CBIR
<p>Os requisitos do cliente são traduzidos para requisitos funcionais e não funcionais, inclusive os requisitos das listas definidas em DRE PE 1 e DRE PE 2. Assim, espera-se que esses requisitos sejam refinados, detalhados e documentados ao longo do ciclo de vida para o desenvolvimento do produto e dos componentes dos produtos. Sugere-se que os requisitos sejam representados por alguma notação que possa ser adaptável e extensível aos conceitos e estereótipos da área da saúde. Nesse caso, com a notação da Linguagem de Modelagem Unificada (UML, do inglês), por exemplo, é possível estender os seus modelos sem perder a compreensão, bem como representar vários níveis de abstração.</p> <p>Considerando que S-CBIR refere-se a sistemas complexos, nos quais o serviço prestado relaciona-se às informações, ao diagnóstico e ao tratamento do paciente, a qualidade e segurança da informação tornam-se requisitos obrigatórios. Dessa forma, a identificação proativa de requisitos não funcionais adicionais baseados em qualidade, que não são fornecidos explicitamente pelos clientes, é uma atividade extremamente importante para a aceitabilidade em uma Instituição de Saúde. Espera-se que normas e padrões de qualidade nacionais e internacionais sejam utilizados para esses fins, inclusive como base para coletar ou validar requisitos. Por exemplo, no Apêndice G apresenta-se um questionário, construído com base na Norma ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010:2011, 2011), que pode ser utilizado para a elicitación de requisitos (vide ID DRE REI 1) e validação da satisfação e aceitação do sistema sob o ponto de vista do médico.</p> <p>Sugere-se também que os atributos de qualidade da norma ISO/IEC 25010 sejam agregados ao projeto como requisitos não funcionais que o S-CBIR deva atingir, contribuindo, assim, com a superação dos <i>gaps</i> de usabilidade.</p> <p>Na PCP REI 1, apresenta-se mais exemplos de normas, padrões e notações de modelagem específicas para S-RES, que podem ser utilizadas como base para a identificação de requisitos funcionais e não funcionais, bem como para a representação da informação.</p>		

Quadro 22 - DRE REI 4 - Definição das interfaces internas e externas do S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 4	DRE PC 5	Definição das interfaces internas e externas do S-CBIR
<p>Para contribuir com a superação dos <i>gaps</i> de usabilidade, sugere-se que as interfaces externas dos componentes relacionados à consulta sejam definidas nesse processo, conforme apresentado nos exemplos a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> •REQ INT 01. O sistema deve apresentar ao usuário, quando requerido, as imagens disponíveis para seleção. •REQ INT 02. O usuário pode selecionar uma imagem inteira e solicitar que as imagens mais similares a ela sejam recuperadas. •REQ INT 03. O usuário pode selecionar uma ROI e solicitar que as imagens similares a ela sejam recuperadas. •REQ INT 04. O usuário pode selecionar um conjunto de ROIs e solicitar que as imagens mais similares a elas sejam recuperadas. •REQ INT 05. O usuário pode fornecer como parâmetro de busca, além da imagem de referência (inteira ou ROIs), informações das estruturas da imagem e solicitar que as imagens mais similares a elas sejam recuperadas. •REQ INT 06. O usuário pode criar um padrão de referência e solicitar que as imagens mais similares a ele sejam recuperadas. •REQ INT 07. O usuário pode inserir um texto, como parâmetro de busca e solicitar as imagens mais similares ao texto. •REQ INT 08. O usuário pode combinar parâmetros de referência (texto, imagem completa, ROIs, estruturas da imagem e padrão de referência), e solicitar que as imagens mais similares a eles sejam recuperadas. •REQ INT 09. O sistema retorna as imagens mais similares juntamente com um número que represente a similaridade ou dissimilaridade de cada imagem. •REQ INT 10. Juntamente com cada imagem retornada, o sistema apresenta explicações sobre a importância relativa de várias características no resultado da imagem. •REQ INT 11. O sistema deve adaptar-se a qualquer necessidade de consulta do usuário. 		

Quadro 23 - DRE REI 5 - Estabelecer lista de requisitos específicos de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 5	DRE PE 1	Estabelecer lista de requisitos específicos de S-CBIR
<p>Uma Lista de Requisitos Específicos é estabelecida como atividade de apoio ao modelo. Basicamente, essa lista contém requisitos críticos que são considerados fundamentais para solucionar algumas limitações do sistema e, se evoluídos corretamente, contribuem para aumentar a qualidade do mesmo. Nos tópicos a seguir sugerem-se o contexto dos requisitos que devem ser incluídos nessa lista, juntamente com o aspecto de S-CBIR que se pretende solucionar. As informações levantadas deste contexto devem ser traduzidas em termos de requisitos funcionais e não funcionais, e documentadas, juntamente com um histórico de revisão e prioridade de implementação.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Técnicas de Realimentação por Relevância – <i>Gap Semântico</i> e <i>Gaps</i> de Usabilidade; •Requisitos que contemplam o enquadramento de S-CBIR como S-RES baseados no processo de certificação da SBIS/CFM (requisitos de segurança de nível 1 - com acesso remoto), assistência ambulatorial e GED). 		

Quadro 24 - DRE REI 6 - Estabelecer lista de requisitos para integração de S-RES

ID REI	ID Prática	Título
DRE REI 6	DRE PE 2	Estabelecer lista de requisitos para integração de S-RES
<p>Uma Lista de Requisitos para Integração de S-RES é estabelecida como atividade de apoio ao MR-SCBIR. Sugere-se que os S-RESs a serem integrados ao S-CBIR ofereçam informações de pacientes, como informações pessoais, hospitalares, exames e laudos dos pacientes. Além disso, nota-se a necessidade das imagens médicas serem distribuídas e armazenadas por sistemas padronizados, robustos e estabilizados, como o PACS. Sistemas de Informação Hospitalar e RIS são outros exemplos de S-RES que podem ser integrados ao S-CBIR.</p>		

Projeto e Construção do Produto (PCP)

Referências:

- CMMI. PCP é equivalente à área de processo Solução Técnica da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 3 de maturidade (Definido).
- MPS-BR. PCP é implementado no nível de maturidade D – Largamente Definido.

Propósito:

Projetar, desenvolver e implementar soluções para atender aos requisitos.

Práticas Comuns:

Quadro 25 - PC do processo de Projeto e Construção do Produto

ID	Referência MPS-BR	Descrição
PCP PC 1	PCP 1	Alternativas de solução e critérios de seleção são desenvolvidos para atender aos requisitos definidos de produto e componentes de produto.
PCP PC 2	PCP 2	Soluções são selecionadas para o produto ou componentes do produto, com base em cenários definidos e em critérios identificados.
PCP PC 3	PCP 3	O produto e/ou componente do produto é projetado e documentado.
PCP PC 4	PCP 4	As interfaces entre os componentes do produto são projetadas com base em critérios predefinidos.
PCP PC 5	PCP 5	Uma análise dos componentes do produto é conduzida para decidir sobre sua construção, compra ou reutilização.
PCP PC 6	PCP 6	Os componentes do produto são implementados e verificados de acordo com o que foi projetado.
PCP PC 7	PCP 7	A documentação é identificada, desenvolvida e disponibilizada de acordo com os padrões estabelecidos.
PCP PC 8	PCP 8	A documentação é mantida de acordo com os critérios definidos.

Resultados Esperados Instanciados:

Quadro 26 - PCP REI 1 - Desenvolvimento de alternativas de soluções e critérios de seleção

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 1	PCP PC 1	Desenvolvimento de alternativas de soluções e critérios de seleção de S-CBIR
<p>A partir dos requisitos levantados, inclusive das listas definidas em DRE PE 1 e DRE PE 2, alguns cenários são definidos e podem estabelecer alternativas de soluções para tratar dos problemas de S-CBIR.</p> <p>Considerando a complexidade de S-CBIR no contexto de S-RES, como critério de seleção, podem-se definir as principais normas e padrões que tratam da qualidade de sistemas e representação da informação de sistemas específicos de informática em saúde. Como exemplo de cenários e alternativas de soluções, destacam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cenário: “a imagem médica utilizada como referência na consulta deve ser do mesmo tipo que as imagens já processadas no servidor de imagens do hospital”; Solução: Padrão para Comunicação de Imagens Digitais em Medicina (MILDENBERGER; EICHELBERG; MARTIN, 2002) (DICOM, da sigla do inglês). •Cenário: “o S-CBIR deve apresentar opções para o médico escolher a modalidade da imagem a ser recuperada e as técnicas de extração de características a serem utilizadas”; Soluções: Funcionalidades (adequação) e Usabilidade (inteligibilidade) da norma ISO/IEC 25010. •Cenário: “toda a informação médica tratada no S-CBIR, seja textual ou imagem, deve ser padronizada adequadamente”; Soluções: arquétipos, requisitos e arquitetura de registro eletrônico em saúde. 		

Quadro 27 - PCP REI 2 - Soluções adequadas ao contexto de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 2	PCP PC 2	Soluções adequadas ao contexto de S-CBIR
<p>Conforme descrito anteriormente e considerando a complexidade de S-CBIR, as seguintes soluções alternativas são selecionadas e podem ser implementadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Características e subcaracterísticas de qualidade da norma ISO/IEC 25010; •Requisitos para uma arquitetura de registro eletrônico em saúde da norma ISO/IEC 18308:2012; •Arquitetura de Sistemas de Informática em Saúde da norma ISO 12967; •Padrão DICOM; •Notação de modelagem: UML e Linguagem de Modelagem de Arquétipos (AML, da sigla em inglês). 		

Quadro 28 - PCP REI 5 - Implementação e verificação dos componentes do produto

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 5	PCP PC 6	Implementação e verificação dos componentes do produto
<p>Os componentes dos produtos são implementados e verificados conforme foram projetados. Sugere-se que a linguagem de programação utilizada para a implementação dos componentes dos produtos dê suporte ao paradigma adotado para análise, projeto e programação, como por exemplo, a linguagem de programação Java ou Perl, e a notação UML (análise e projeto) referente ao paradigma orientado a objetos. No caso técnicas de reutilização de <i>software</i>, indicada pelo MR-SCBIR para contribuir com a superação do <i>gap</i> de conteúdo, sugere-se a utilização da técnica de família de produtos por meio do método denominado Engenharia de <i>Software</i> baseada em UML para Linhas de Produtos (PLUS, na sigla em inglês) (GOMAA, 2004).</p> <p>A verificação em cada componente do produto é realizada e pode ser baseada no teste de unidade, conforme descrito no processo de Verificação.</p>		

Quadro 29 - PCP REI 3 - Projeto de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 3	PCP PC 3	Projeto de S-CBIR
<p>Nesta prática, o S-CBIR e seus componentes são projetados e documentados, de acordo com os requisitos especificados, inclusive com as listas definidas em DRE PE 1 e DRE PE 2. Considerando a complexidade de S-CBIR, em especial o grande número de imagens a ser processadas, bem como a integração com outros S-RES, sugere-se que toda informação especificada para o desenvolvimento S-CBIR, inclusive a informação de integração (DRE PE 2), seja projetada adequadamente, de acordo com as seguintes atividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Projeto da arquitetura do sistema: visa a identificar quais requisitos do sistema devem ser alocados a que elementos do sistema (ISO/IEC 12207:2008, 2008). Na Figura, 19 apresenta-se um modelo de arquitetura que pode servir como apoio para a definição de arquitetura e componentes de S-CBIR. Conforme ilustrado nesta figura, o S-CBIR é composto basicamente por quatro componentes: Servidor PACS, Processamento de Imagens Médicas, Processamento de Consultas por Similaridade e Consulta por Similaridade. •O projeto do <i>software</i>: visa a especificar, para cada componente definido na arquitetura, um projeto que atenda aos requisitos definidos. Neste caso, o projeto é refinado em níveis cada vez menores até chegar ao nível de unidades de <i>software</i> que possam ser codificadas e testadas (Software Engineering Institute, 2010a).

Figura 19 - Modelo de arquitetura de S-CBIR

Quadro 30 - PCP REI 6 - A documentação é mantida

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 6	PCP PC 8	A documentação é mantida
<p>Uma informação importante nessa prática é que, considerando que S-CBIRs são desenvolvidos com base em iterações, a documentação necessária para a manutenção, operação e instalação deve ser mantida, revisada e consistente com os demais artefatos gerados durante o projeto. Assim, no final de cada iteração, uma nova versão da documentação mais completa deve estar disponível.</p>		

Quadro 31 - PCP REI 4 - Análise dos componentes do S-CBIR para a sua construção, compra ou reutilização

ID REI	ID Prática	Título
PCP REI 4	PCP PC 5	Análise dos componentes do S-CBIR para a sua construção, compra ou reutilização
<p>Após a definição dos componentes e interfaces do S-CBIR, as organizações, a fim de melhorarem a gerência dos custos, analisam os componentes para decidirem se serão construídos e/ou reutilizados pela própria organização, ou então se delegarão a outra organização o desenvolvimento deste componente. Esta escolha depende fortemente do objetivo do componente em relação à competência central da organização, bem como dos recursos financeiros da organização.</p> <p>Geralmente, as Instituições de Saúde já são providas de sistemas que armazenam e gerenciam as imagens médicas, como o PACS. Dessa forma, considerando que PACS seja um componente de S-CBIR e que já esteja em uso em uma instituição, a organização pode utilizá-lo e integrá-lo ao S-CBIR, reduzindo assim esforços e custos para a sua implementação (vide DRE REI 6). No exemplo da Figura 19, o PACS é o único componente, considerado como um S-RES, a ser integrado ao S-CBIR. O HIS e o RIS não estão representados nesta figura.</p> <p>Para os outros componentes do S-CBIR, sugere-se que os desenvolvedores da organização tenham experiência em processamento de imagens médica, indexação de dados complexos, consultas por similaridade, entre outras áreas relacionadas. Dessa forma, caso a organização possua essas competências, a construção do S-CBIR pode ser preservada e desenvolvida pela própria organização.</p>		

Integração do Produto (ITP)

Referências:

- CMMI. ITP é equivalente à área de processo Integração do Produto da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 3 de maturidade (Definido).
- MPS-BR. ITP é implementado no nível de maturidade D – Largamente Definido.

Propósito:

Compor os componentes do produto, produzindo um produto integrado consistente com seu projeto, e demonstrar que os requisitos funcionais e não funcionais são satisfeitos para o ambiente-alvo ou equivalente.

Práticas Comuns:

Quadro 32 - PC do processo de Integração do Produto

ID	Referência MPS-BR	Descrição
ITP PC 1	ITP 1	Uma estratégia de integração, consistente com o projeto (<i>design</i>) e com os requisitos do produto, é desenvolvida e mantida para os componentes do produto.
ITP PC 2	ITP 2	Um ambiente para integração dos componentes do produto é estabelecido e mantido.
ITP PC 3	ITP 3	A compatibilidade das interfaces internas e externas dos componentes do produto é assegurada.
ITP PC 4	ITP 4	As definições, o projeto (<i>design</i>) e as mudanças nas interfaces internas e externas são gerenciados para o produto e para os componentes do produto.
ITP PC 5	ITP 5	Cada componente do produto é verificado, utilizando-se critérios definidos, para confirmar que estão prontos para a integração.
ITP PC 6	ITP 6	Os componentes do produto são integrados, de acordo com a estratégia determinada e seguindo os procedimentos e critérios para integração.
ITP PC 7	ITP 7	Os componentes do produto integrados são avaliados, e os resultados da integração são registrados.
ITP PC 8	ITP 8	Uma estratégia de teste de regressão é desenvolvida e aplicada para uma nova verificação do produto, caso ocorra uma mudança nos componentes do produto (incluindo requisitos, projeto (<i>design</i>) e códigos associados).
ITP PC 9	ITP 9	O produto e a documentação relacionada são preparados e entregues ao cliente.

Resultados Esperados Instanciados:

Quadro 33 - ITP REI 1 - Estratégia de integração para os componentes de S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
ITP REI 1	ITP PC 1	Estratégia de integração para os componentes de S-CBIR
<p>Considerando a complexidade de S-CBIR já discutido anteriormente, a estratégia de integração sugerida baseia-se na técnica de integração <i>Bottom-up</i> ou Orientada a Riscos. Na técnica <i>Bottom-up</i>, os componentes de níveis mais baixos, considerados módulos indivisíveis, são desenvolvidos e testados individualmente, e logo em seguida podem ser integrados. Os próximos componentes a serem integrados são aqueles que “chamam” os que foram previamente integrados. Essa abordagem é seguida repetidamente até que todos os componentes sejam considerados. Por exemplo, os subcomponentes Indexação de Características e Cálculo de Similaridade do S-CBIR da Figura 19 são desenvolvidos e testados individualmente, e posteriormente são integrados, formando um componente de nível mais alto denominado Processamento de Consultas por Similaridade. Essa integração é realizada a partir de interfaces fornecidas e requeridas associadas a esses subcomponentes. Por fim, esse componente de nível maior poderá ser integrado ao componente Processamento de Imagens Médicas, para o qual seus subcomponentes, como cor, textura e forma já devem ter sido integrados. Na técnica de integração Orientada a Riscos, a integração inicia-se nos componentes que apresentam maiores riscos e complexidade de implementação. Assim, uma análise entre os componentes é realizada, buscando identificar o maior nível de riscos associados de cada componente. As partes mais simples são desenvolvidas, integradas e testadas mais tarde. Neste caso, considerando que o componente PACS seja um S-RES a ser integrado ao S-CBIR, sugere-se a seguinte ordem de complexidade entre os componentes: Processamento de Imagens Médicas, Processamento de Consultas por Similaridade, Consulta por Similaridade e Servidor PACS. Para ambas as técnicas de integração, após todos os componentes serem integrados e testados, o S-CBIR pode ser integrado a outro S-RES (vide DRE PE 2), como o PACS, e novos testes podem ser realizados (vide processo de Verificação). Neste contexto, a sequência de integração fornece um apoio à integração incremental e avaliação de componentes do produto. Além da sequência de integração, a estratégia geralmente apresenta informações sobre os produtos a serem integrados em cada incremento de integração, além das verificações a serem realizadas usando as definições das interfaces entre os componentes do produto.</p>		

Quadro 34 - ITP REI 2 - Avaliação e documento dos componentes integrados do S-CBIR

ID REI	ID Prática	Título
ITP REI 2	ITP PC 7	Avaliação e documento dos componentes integrados do S-CBIR
<p>Uma vez que os componentes foram desenvolvidos, avaliados individualmente (teste de unidade) e integrados, sugere-se que os componentes integrados do S-CBIR sejam avaliados com base na técnica de teste de integração (vide VER REI 2). Basicamente, teste de integração busca identificar defeitos nas interfaces que integram os componentes, defeitos estes que não são possíveis de serem identificados no teste de unidade, por exemplo. Dessa forma, é possível verificar se os componentes conseguem trabalhar juntos de forma correta e se comunicarem sem problemas.</p> <p>Seguindo uma estratégia de desenvolvimento iterativa, sugere-se que o teste de integração no S-CBIR seja iniciado logo após a integração de dois componentes/módulos. Já em uma estratégia de desenvolvimento incremental, esta atividade pode ser realizada em paralelo com outra atividade, como a integração dos próximos componentes. Como todas as práticas, os resultados deste teste devem ser documentados adequadamente.</p>		

Validação (VAL)

Referências:

- CMMI. VAL é equivalente à área de processo Validação da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 3 de maturidade (Definido).
- MPS-BR. VAL é implementado no nível de maturidade D – Largamente Definido.

Propósito:

Confirmar que um produto ou componente do produto atenderá a seu uso pretendido quando colocado no ambiente para o qual foi desenvolvido.

Práticas Comuns:

Quadro 35 - Práticas comuns do processo de Validação

ID	Referência MPS-BR	Descrição
VAL PC 1	VAL 1	Produtos de trabalho a serem validados são identificados.
VAL PC 2	VAL 2	Uma estratégia de validação é desenvolvida e implementada, estabelecendo cronograma, participantes envolvidos, métodos para validação e qualquer material a ser utilizado na validação.
VAL PC 3	VAL 3	Critérios e procedimentos para validação dos produtos de trabalho a serem validados são identificados e um ambiente para validação é estabelecido.
VAL PC 4	VAL 4	Atividades de validação são executadas para garantir que o produto esteja pronto para uso no ambiente operacional pretendido.
VAL PC 5	VAL 5	Problemas são identificados e registrados.
VAL PC 6	VAL 6	Resultados de atividades de validação são analisados e disponibilizados para as partes interessadas.
VAL PC 7	VAL 7	Evidências de que os produtos de software desenvolvidos estão prontos para o uso pretendido são fornecidas.

Prática Específica:**Quadro 36 - Prática específica do processo de Validação**

ID	Descrição
VAL PE 1	Atividades para identificação do padrão-ouro da base de imagens são executadas.

Resultados Esperados Instanciados:**Quadro 37 - VAL REI 1 - Selecionar produtos para validação**

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 1	VAL PC 1	Selecionar produtos para validação
<p>Basicamente, a ideia deste processo é validar a qualidade de um S-CBIR, para garantir que atenda às necessidades dos médicos, quando colocado em uso em uma Instituição de Saúde.</p> <p>A identificação do que será validado pode ser identificada desde o início do desenvolvimento do S-CBIR, com base nos artefatos gerados do processo. Para isso, as necessidades dos médicos e/ou Instituição de Saúde são consideradas baseando-se nos riscos associados do S-CBIR.</p> <p>Assim, considerando a complexidade de S-CBIR, e os riscos críticos relacionados aos médicos guiar-se por resultados errôneos de uma consulta de imagens similares, e como consequência, fornecer diagnóstico falso, recomenda-se que dois produtos sejam validados: O primeiro refere-se ao desempenho do processamento do S-CBIR, que envolve dois componentes, o “Processamento de Imagens Médicas” e o “Processamento de Consultas por Similaridade” (vide Figura 19). E o segundo refere-se ao resultado da consulta do S-CBIR, envolvendo assim todos os seus componentes. Detalhes da metodologia utilizada para esses testes encontram-se em VAL REI 2.</p>		

Quadro 38 - VAL REI 2 - Estabelecer estratégia de validação

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 2	VAL PC 2	Estabelecer estratégia de validação
<p>Os produtos identificados em ID VAL REI 1, relacionados ao <i>gap</i> semântico, a serem verificados, referem-se a testes de desempenho do S-CBIR. Todavia, antes de realizá-los, sugere-se que o padrão-ouro da base de imagens de teste seja avaliado (ou até mesmo identificado), conforme descrito em VAL REI 3. Um modelo que representa as atividades destes testes encontra-se em Souza et al. (2011)</p> <p>•Teste de Desempenho de S-CBIR. O objetivo deste teste é validar, para cada contexto de imagem, qual a melhor combinação entre as técnicas de extratores de características (implementadas no componente “Processamento de Imagens Médicas”) e funções de distância (implementadas no componente “Processamento de Consultas por Similaridade”) (vide Figura 19). Na avaliação dos resultados, utilizam-se medidas tradicionais, como a precisão e a revocação.</p> <p>•Teste de Desempenho de S-CBIR como CAD. Considerando que os componentes “Processamento de Imagens Médicas” e “Processamento de Consultas por Similaridade” (vide em Figura 19) estejam calibrados com a melhor combinação de técnicas de extratores de características e funções de distância para um determinado contexto de imagem em questão, sugere-se que no final de cada iteração (e para cada contexto de imagem), seja realizado um teste baseado em tarefas diagnósticas, para garantir que o resultado da consulta de imagens similares auxilie os médicos na tomada de decisão de maneira positiva. Um exemplo completo deste teste foi realizado neste trabalho e encontra-se na Seção 5.1.3 do Capítulo 5. Medidas de avaliação, como precisão e curvas ROC, podem ser utilizadas.</p> <p>Ferramentas de gestão de teste e problemas (defeitos) podem ser utilizados para apoiar este processo, conforme descrito em VAL REI 4.</p>		

Quadro 39 - VAL REI 3 - Identificar critérios e procedimentos para validação e estabelecer um ambiente de validação

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 3	VAL PC 3	Identificar critérios e procedimentos para validação e estabelecer um ambiente de validação
<p>Critérios são estabelecidos para cada componente ou produto de validação. Por exemplo, para a Lista de Requisitos Específicos, podem-se definir os critérios de segurança e funcionalidade.</p> <p>Para os produtos gerais do S-CBIR identificados, sugere-se que os critérios sejam baseados nas características de qualidade da norma ISO/IEC 25010, como por exemplo, critérios de usabilidade e confiabilidade, e também métricas para ajudar a determinar se um critério foi ou não atendido, também podem ser encontrados nesta norma. Com a inclusão desta norma, parte dos <i>gaps</i> de usabilidade são considerados.</p> <p>Para o ambiente de validação, sugere-se que as imagens utilizadas sejam reais, isto é, imagens médicas no padrão DICOM. Além disso, sugere-se que o S-CBIR seja integrado com um PACS real (mesmo que temporário), e que o fluxo e a quantidade de imagens processadas no S-CBIR e indexadas também simulem a realidade de uma rotina clínica.</p>		

Quadro 40 - VAL REI 4 - Execução da Validação

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 4	VAL PC 4	Execução da Validação
<p>Toda a informação definida até o momento (métodos, procedimentos e critérios) é utilizada para validar os produtos e componentes do produtos também já definidos. Para isso, sugere-se que a organização siga todas as fases de teste de <i>software</i> (Planejamento, Projeto de casos de teste, Execução e Avaliação dos resultados) ao longo do ciclo de vida do S-CBIR. Como exemplo, as organizações podem utilizar as seguintes ferramentas de gestão de testes para apoiar essas atividades: ferramentas comerciais - <i>IBM Rational TestManager</i>³ e <i>Mercury Interactive Test Director</i>⁴; e ferramentas de código aberto – <i>TestLink</i>⁵ e <i>Mantis</i>⁶</p>		

Quadro 41 - VAL REI 5 - Problemas são identificados e registrados

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 5	VAL PC 5	Problemas são identificados e registrados
Neste REI, os problemas identificados durante a validação são documentados e define-se quais deles serão tratados. Para apoiar esta atividade, sugere-se que uma ferramenta gerencie a identificação dos problemas e o priorize até a solução. Como por exemplo, a ferramenta Mantis.		

Quadro 42 - VAL REI 6 - Identificação ou validação do padrão-ouro

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 6	VAL PE 1	Identificação ou validação do padrão-ouro
<p>Os testes de desempenho de S-CBIR estabelecidos em ID VAL REI 2 utilizam medidas de avaliação que necessitam saber o resultado esperado de uma consulta no S-CBIR, em outras palavras, necessitam saber o padrão-ouro das classificações (por exemplo benigno e maligno) de uma base de imagens de teste para garantir a qualidade da avaliação.</p> <p>Neste contexto, dois cenários são estabelecidos. O primeiro ocorre quando, <i>a priori</i>, a base de imagens de teste não fornece informações sobre as classificações, neste caso, há necessidade de identificá-las. No segundo cenário, a base de imagens de teste apresenta informações das classificações, porém há necessidade de avaliá-las. Para ambos os cenários, dois testes, baseados em estratégias heurísticas, são necessários: teste intraobservador (entre o mesmo observador), no qual o padrão-ouro de cada imagem é definido a partir de duas classificações intraobservador concordantes; e o teste interobservador (entre observadores diferentes), no qual o padrão-ouro de cada imagem é definido a partir de pelo menos duas classificações interobservador concordantes.</p> <p>Na maioria dos casos nos quais as imagens são armazenadas em grande base de dados, precisa-se estabelecer uma amostra de imagens representativa desta base (sugere-se 1% da base). Além disso, inicialmente, pelo menos dois médicos especialistas (observadores) no contexto da imagem devem ser convidados a participar dos testes. Por exemplo, se as imagens referem-se à mamografia, médicos radiologistas especialistas em mama ou residentes do quarto ano de radiologia devem ser convidados.</p> <p>O teste intraobservador trata do confronto entre classificações da amostra da base de imagens de teste de um mesmo observador. Entretanto, essas classificações devem ser realizadas em tempos diferentes (sugere-se um intervalo de pelo menos uma semana). Nesse caso, o padrão-ouro de cada imagem é definido pela concordância total entre as classificações intraobservador. Caso haja pelo menos uma discordância entre as classificações, o teste é realizado pelo segundo-observador, e o padrão-ouro (da imagem em questão) é definido pelas classificações concordantes deste observador. Caso necessário, outros observadores podem ser convidados a participar do teste.</p>		

Quadro 43 - VAL REI 6 - Continuação - Identificação ou validação do padrão-ouro

ID REI	ID Prática	Título
VAL REI 6	VAL PE 1	Continuação - Identificação ou validação do padrão-ouro
<p>O teste intraobservador pode ser utilizado nos dois cenários (definição e avaliação do padrão-ouro). No caso da avaliação, utiliza-se a nova classificação como base para compará-la com o padrão-ouro original. Já no teste interobservador, o confronto entre as classificações baseia-se entre observadores diferentes. Em ambos cenários de aplicação (definição e avaliação), o teste pode ser inicializado por três observadores. Porém, no caso de avaliação, considera-se que as classificações originais da amostra de imagens a ser avaliada seja “um observador”. Caso haja concordância total as classificações entre os observadores, o padrão-ouro é definido para a imagem em questão. Caso haja pelo menos uma discordância entre as classificações, o padrão-ouro é definido pela maioria das classificações concordantes. Por fim, caso haja duas classificações discordantes, o teste é realizado por outro observador até que seja definido o padrão-ouro por pelo menos dois observadores concordantes.</p> <p>Para apoiar a classificação das imagens, sugere-se que os observadores utilizem uma ferramenta para visualização e manipulação de imagens médicas, como por exemplo, a ferramenta K-PACS⁷</p>		

Verificação (VER)

Referências:

- CMMI. VER é equivalente à área de processo Verificação da Categoria Engenharia do CMMI. Essa área é implementada no nível 3 de maturidade (Definido).
- MPS-BR. VER é implementado no nível de maturidade D – Largamente Definido.

Propósito:

Confirmar que cada serviço e/ou produto de trabalho do processo ou do projeto atende apropriadamente aos requisitos especificados.

Práticas Comuns:

Quadro 44 - PC do processo de Verificação

ID	Referência MPS-BR	Descrição
VER PC 1	VER 1	Produtos de trabalho a serem verificados são identificados.
VER PC 2	VER 2	Uma estratégia de verificação é desenvolvida e implementada, estabelecendo cronograma, revisores envolvidos, métodos para verificação e qualquer material a ser utilizado na verificação.
VER PC 3	VER 3	Critérios e procedimentos para verificação dos produtos de trabalho a serem verificados são identificados e um ambiente para verificação é estabelecido.
VER PC 4	VER 4	Atividades de verificação, incluindo testes e revisões por pares, são executadas.
VER PC 5	VER 5	Defeitos são identificados e registrados.
VER PC 6	VER 6	Resultados de atividades de verificação são analisados e disponibilizados para as partes interessadas.

Resultados Esperados Instanciados:**Quadro 45 - VER REI 1 - Selecionar produtos de verificação**

ID REI	ID Prática	Título
VER REI 1	VAL PC 1	Selecionar produtos de verificação
Considerando a complexidade de S-CBIR e riscos associados, recomenda-se que os principais produtos resultantes dos processos sejam inseridos na verificação: Plano de Gerenciamento de Requisitos e Especificações Suplementares (do processo GRE); Especificação de Requisitos, Lista de Requisitos Específicos de S-CBIR (vide ID DRE PE 1), Lista de Requisitos de Integração de S-RES (vide ID DRE PE 2), e diagramas associados (Processo DRE); Documento de Arquitetura de <i>Software</i> e diagramas associados (Processo PCP); e o código-fonte.		

Quadro 46 - VER REI 2 - Estabelecer estratégia de verificação

ID REI	ID Prática	Título
VER REI 2	VAL PC 2	Estabelecer estratégia de verificação
<p>Primeiramente, sugere-se que a verificação, bem como a validação, seja realizada seguindo todas as fases de teste de <i>software</i>⁸ Na primeira, teste de unidade, o objetivo é detectar defeitos em cada unidade do programa isoladamente. Na segunda, teste de integração, o objetivo é detectar defeitos nas interfaces que integram as unidades, que já foram testadas. Atividades para teste de unidade e teste de integração são descritas em ITP REI 2.</p> <p>Considerando todas as unidades do S-CBIR integradas e testadas, realiza-se o teste de sistema. Nesse caso, a execução do sistema é realizada sob ponto de vista de seu usuário final, verificando e/ou validando as funcionalidades em busca de falhas em relação aos objetivos originais (requisitos funcionais e não funcionais).</p> <p>Em todas as fases, sugere-se que o S-CBIR seja testado por pelo menos duas técnicas de teste que sejam complementares, a funcional e a estrutural. Enquanto a técnica de teste funcional (caixa-preta) baseia-se na especificação do <i>software</i>, a técnica de teste estrutural (caixa-branca) baseia-se no código-fonte. Critérios de cada técnica, que buscam satisfazer classes de erros diferentes, podem ser estabelecidos e exercitados.</p> <p>Em seguida ao teste de sistema, sugere-se que outros testes baseados na técnica funcional sejam realizados, como o teste de desempenho – para avaliar como o sistema se comporta em relação aos requisitos não funcionais especificados; teste de aceitação – realizado antes da implantação do sistema e visa a verificar se o <i>software</i> está pronto e pode ser usado pelos usuários finais para executar as funções e as tarefas para as quais foi criado; e o teste de instalação – que objetiva assegurar que o <i>software</i> possa ser instalado em diferentes circunstâncias, bem como verificar se, depois de instalado, o <i>software</i> funcionará corretamente (PRESSMAN, 2005).</p> <p>Em relação aos produtos resultantes dos processos identificados em VER REI 1, sugere-se que sejam verificados por uma revisão simples denominada Revisão por Pares. Neste método, somente uma pessoa revisa o artefato, desde que: o revisor não seja o próprio autor do documento; o revisor seja um “par” do autor, isto é, o revisor exerça uma função semelhante à do autor ou, no mínimo, tenha conhecimento sobre o documento para revisar o seu conteúdo; e que sejam usados critérios objetivos para a revisão (SOFTEX, 2011c).</p>		

Quadro 47 - VER REI 2 - Continuação - Estabelecer estratégia de verificação

ID REI	ID Prática	Título
VER REI 2	VAL PC 2	Continuação - Estabelecer estratégia de verificação
<p>Em relação à Lista de Requisitos Específicos (vide ID DRE PE 1), sugere-se que casos de teste sejam projetados e executados em nível de teste de sistema. Isto significa que, para a realização desta validação, o S-CBIR deve ter pelo menos uma iteração completa. Assim, somente os requisitos que foram priorizados para implementação, na iteração corrente, serão verificados.</p> <p>Os casos de teste para satisfazer os requisitos do processo de certificação de S-RES da SBIS/CFM (requisitos descritos na Lista) podem basear-se nos cenários e <i>scripts</i> de testes definidos no Manual Operacional de Ensaaios e Análises para Certificação de S-RES v.1.2 (CFM; SBIS, 2009b).</p> <p>Para as demais verificações, sugere-se que sejam realizadas a partir de discussões com os médicos e, principalmente, com demonstração de protótipos. Com essa alternativa, os médicos podem abstrair mais rapidamente o andamento do projeto e diagnosticar defeitos e mudanças.</p>		