



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

RAFAEL ROBERTO DA CRUZ MORAES

**Sistema para recuperação de imagens por conteúdo
para Internet**

São Paulo

Novembro de 2010

Universidade de São Paulo

Escola de Artes, Ciências e Humanidades

RAFAEL ROBERTO DA CRUZ MORAES

**Sistema para recuperação de imagens por conteúdo
para Internet**

Monografia apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos exigidos na disciplina ACH 2018 – Projeto Supervisionado ou de Graduação II, do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação.

São Paulo

Novembro de 2010

Universidade de São Paulo
Escola de Artes, Ciências e Humanidades

RAFAEL ROBERTO DA CRUZ MORAES

**Sistema para recuperação de imagens por conteúdo para
Internet**

Orientação

Prof.^a Dr.^a Fátima L. S. Nunes Marques

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Ariane Machado Lima

São Paulo

Novembro de 2010

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus que me deu força, saúde e perseverança para lutar e alcançara todos os meus objetivos.

A meus pais que me criaram e me deram a educação que me proporcionou a oportunidade de estudar, trabalhar e chegar aonde cheguei até o momento. Graças a eles, sei que posso ir cada vez mais longe e ter o futuro que sempre sonhei.

A todos os meus familiares pela paciência e incentivo que me deram desde a época pré-vestibular me apoiando e depositando toda confiança em mim.

A minha namorada Jaqueline pelo incentivo que me deu e a compreensão nesta fase difícil de minha vida.

A minha orientadora Fátima por tudo que me ensinou, pela ajuda que me deu e a confiança que depositou em mim.

A todos o meu muito obrigado.

Glossário

API: *Application Programming Interface* – interface de programação de aplicações.

CBIR: *Content-Based Image Retrieval* – sistemas de recuperação de imagens baseado em conteúdo.

DER: Diagrama Entidade-Relacionamento – descreve um modelo de dados através de diagramas.

Frameworks: junção de diversos códigos fonte que geram uma determinada funcionalidade para sistemas de computação.

GWT: *Google Web Toolkit* – framework para integração com o sistema de buscas na Internet Google.

IDE: *Integrated Development Environment* – ambiente integrado para desenvolvimento de *software*.

Interface: auxilia na utilização das operações dos computadores para os usuários.

JAI: *Java Advanced Imaging* – interface de programação de aplicações da linguagem Java para a manipulação de imagens.

Java: linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento de *softwares*.

JPEG: *Joint Photographic Experts Group* – tipo de compactador de imagens digitais.

MVC: *Model View Controller* – arquitetura utilizada para o desenvolvimento de sistemas.

Open-source: sistemas de computação que disponibilizam seu código gratuitamente.

PACS: *Picture Archiving and Communication System* – sistemas de arquivamento e comunicação de imagem.

PC: *Personal Computers* – computadores pessoais de mesa.

Pixel: menor ponto que constitui uma imagem.

RGB: *Red, Green, Blue* – modelo para representação de cores em sistemas digitais.

SGBD: Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

URL: *Uniform Resource Locator* – endereço de um recurso que é disponibilizado dentro de uma rede de computadores.

WWW: *World Wide Web* – sistema de documentos em hipermídia utilizados na *Internet*.

Resumo

Sistemas CBIR realizam a busca de imagens similares através de uma imagem que é utilizada como foco da consulta. As imagens são previamente processadas. Delas são extraídos valores que representam características como cor, textura e forma. Essas informações são armazenadas em um banco de dados usando uma estrutura chamada vetor de características, pela qual é realizada a consulta das imagens similares. O presente trabalho apresenta um estudo sobre busca de imagens por conteúdo, além de uma implementação de sistema para recuperar imagens similares na *Internet*. Esse sistema pode ser utilizado pelas mais diversas áreas de interesse em imagens digitais. O sistema foi implementado em plataforma web e apresenta uma *interface* por meio do qual, é possível selecionar, além da imagem desejada, quais as características que serão utilizadas para a realização da consulta.

Palavras chaves: Processamento de imagens, Internet, CBIR, Recuperação de imagens baseada em conteúdo, extratores de características.

Abstract

CBIR systems perform a search for similar images using an image which is used as the focus of consultation. The images are pre-processed. These are values that represent characteristics extracted as color, texture and shape. This information is stored in a database using a data structure called a feature vector, by which consultation is carried out of similar images. This work presents a study on image search by content, plus a implementing a system to retrieve similar images on the Internet. This system can be used for different areas of interest in digital images. The system was implemented on a web platform and provides an interface through which you can select, in addition to desired image, which characteristics will be used for the consultation.

Keywords: Image processing, Internet, CBIR, Content-Based Image Retrieval, extractors of features.

Lista de Figuras

Figura 1 – Modelo RGB para representação de cores em sistemas digitais (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 472).....	20
Figura 2 – Histograma de cor para a imagem (número de <i>bins</i> X número de <i>pixels</i> por <i>bin</i>).....	23
Figura 3 – Exemplo de uma imagem que contém três níveis de cinza e sua respectiva matriz de co-ocorrência (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 363).....	24
Figura 4 – Fluxo para a busca de imagens na <i>Internet</i> através da API GWT.....	28
Figura 5 – Fluxo para a busca de imagens similares.....	28
Figura 6 – Diagrama Entidade-Relacionamento.....	29
Figura 7 – Diagrama de classes dos extratores do sistema.....	30
Figura 8 – Representação do retângulo gerado para dois objetos de uma imagem.....	32
Figura 9 – Exemplo de funcionamento da técnica transformação área-ponto (NISHIKAWA, 1993).....	32
Figura 10 – Duas fronteiras e suas respectivas assinaturas (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 349).....	33
Figura 11 – Imagem utilizada como foco da pesquisa durante as consultas de testes do sistema.....	38
Figura 12 – Precisão e revocação do extrator de cores fracas.....	38
Figura 13 – Precisão e revocação do extrator de cores médias.....	39
Figura 14 – Precisão e revocação do extrator de cores forte.....	39
Figura 15 – Precisão e revocação do extrator de contraste.....	40

Figura 16 – Precisão e revocação do extrator de entropia.....	40
Figura 17 – Precisão e revocação do extrator de uniformidade.....	41
Figura 18 – Precisão e revocação do extrator razão altura/largura.....	41
Figura 19 – Precisão e revocação do extrator área ponto.....	42
Figura 20 – Precisão e revocação do extrator de assinaturas.....	42
Figura 21 – Precisão e revocação da combinação de todos os extratores.....	43
Figura 22 – Precisão e revocação da combinação dos extratores de cores médias, assinaturas e uniformidade.....	43
Figura 23 – Precisão e revocação da combinação dos extratores de cores médias, razão altura/largura e uniformidade.....	44

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos extratores implementados.....	29
---	----

Sumário

1.	Introdução.....	15
1.1	Organização do trabalho.....	17
2.	Objetivos	18
2.1.	Objetivo Geral	18
2.2.	Objetivos Específicos	18
3.	Revisão Bibliográfica.....	19
3.1.	A Internet.....	19
3.2.	Conceitos Básicos de CBIR.....	19
3.3.	Extrator de cor	22
3.3.1.	Histograma de cor	22
3.4.	Extrator de textura.....	23
3.4.1.	Matriz de co-ocorrência	23
3.5.	Extrator de forma	24
3.6.	Curvas de precisão e revocação	25
3.7.	Conclusões finais	25
4.	Metodologia.....	26
4.1.	Tecnologias utilizadas	26
4.2.	Visão geral do sistema.....	27
4.3.	Modelo de dados	29
4.4.	Extratores utilizados.....	29
4.4.1.	Cores Fracas, Médias e Fortes	31
4.4.2.	Razão altura/largura	31
4.4.3.	Transformação área-ponto	32
4.4.4.	Assinaturas.....	33

4.4.5.	Contraste, Entropia e Segundo momento angular	33
4.5.	Interface do sistema.....	34
4.6.	Conclusões finais	35
5.	Resultados e discussões.....	36
5.1.	Passos dos testes realizados	36
5.2.	Resultados individuais.....	38
5.2.1.	Extratores de cor	38
5.2.2.	Extratores de textura.....	39
5.2.3.	Extratores de forma	41
5.3.	Resultados combinando extratores.....	42
5.3.1.	Todos os extratores.....	43
5.3.2.	Cores médias, assinaturas e uniformidade.....	43
5.3.3.	Cores médias, razão altura/largura e uniformidade	44
6.	Conclusão	45
7.	Referências Bibliográficas.....	47
	APÊNDICE A – <i>Interface</i> completa do sistema.....	49
	APÊNDICE B – Conjunto completo de imagens recuperadas pela consulta por palavra chave	50
	APÊNDICE C – Conjunto de imagens utilizadas para a realização dos testes com exclusão das imagens idênticas.....	51
	APÊNDICE D – Conjunto de imagens relevantes.....	52

1. Introdução

A *Internet* é uma rede de informações global que tem crescido de forma vertiginosa nos últimos anos (FREITAS; JANISSEK, 2003), devido a sua grande flexibilidade e adaptabilidade às mudanças, que ocorrem a todo instante no mundo globalizado em que vivemos. Isso faz com que se torne uma das principais ferramentas de organização e disponibilização de informações (CASTELLS, 2001) nas mais diversas formas como textos, vídeos e imagens.

Para ser possível recuperar essas informações, muitas ferramentas de busca têm sido desenvolvidas. A grande maioria dessas ferramentas se baseia em buscas textuais, ou seja, é buscado o conteúdo usando-se palavras chaves, chamados de índices, que pertencem ao texto ou referenciam a imagem ou vídeo (CENDÓN, 2001).

Nos últimos anos está sendo pesquisadas outras formas de se recuperar essas informações, principalmente para a recuperação de imagens, devido à grande quantidade de imagens digitais que tem sido disponibilizada na *Internet*, e à dificuldade de se descrever com palavras as características intrínsecas da imagem como cor, textura, forma, entre outras. Desta forma, se torna interessante a busca de imagens por meio de mecanismos que consigam extrair as características das imagens. Os sistemas de recuperação de imagens baseado em conteúdo (*Content-Based Image Retrieval* - CBIR) oferecem essa possibilidade.

Um sistema CBIR é formado basicamente por extratores, funções de similaridades e indexadores que conseguem processar uma imagem, extraindo suas características e relacionando com outras imagens similares (KINOSHITA, 2004).

Extratores são algoritmos que processam uma imagem e extraem suas características, para que se possa referenciar a imagem, no banco de dados, através de seu conteúdo.

Para a comparação das imagens o sistema CBIR utiliza funções de similaridades para encontrar características similares entre as imagens.

Por sua vez os indexadores são responsáveis por recuperar imagens no banco de dados que sejam mais similares a uma dada imagem passada como foco da pesquisa.

Conforme Gudivada *et al.* (1995), os sistemas CBIR são muito úteis em diversas áreas como:

- Galerias de artes e administração de museus;
- Projetos de engenharia e arquitetura;
- *Design* de interiores
- Percepção e administração remota dos recursos da terra;
- Sistemas de informações geográficas;
- Administração de banco de dados científicos;
- Previsão de tempo;
- Vendas no varejo;
- Projetos de tecido e moda;
- Administração de banco de dados de marca registrada e direito de cópia;
- Execução da lei e investigação criminal;
- Sistemas de arquivamento e comunicação de imagem (*Picture Archiving and Communication System* - PACS).

Apesar de sua grande utilidade em diversas áreas, ainda são poucas as ferramentas disponibilizadas na *Internet* que oferecem este tipo de recurso, e mesmo as disponibilizadas, não oferecem muitas opções para a consulta como,

por exemplo, a escolha das características que devem ser levadas em consideração no momento da busca.

1.1 Organização do trabalho

A presente monografia esta organizada da seguinte maneira:

Capítulo 2. – Objetivos: apresenta os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

Capítulo 3. – Revisão Bibliográfica: apresenta os conceitos básicos sobre a *Internet*, *CBIR*, extratores de características encontrados na literatura e curvas de precisão e revocação.

Capítulo 4. – Metodologia: descreve a forma com a qual o sistema foi concebido apresentando as tecnologias utilizadas, uma visão geral do sistema, modelo de dados utilizados, extratores implementados e a *interface* criada para o sistema.

Capítulo 5. – Resultados e discussões: relata a forma como o sistema foi testado, apresentando o cenário criado para os testes, os testes realizados nos extratores de forma individuais e combinados, suas curvas de precisão e revocação, além de uma discussão dos resultados obtidos.

Capítulo 6. – Conclusão: apresenta as conclusões finais.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto foi o de desenvolver um sistema que permitisse realizar consulta de imagens na *Internet*, usando os conceitos de recuperação baseada em conteúdo.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- estudar e desenvolver formas de extrair as características intrínsecas da imagem através de extratores de cor, forma e textura para a realização de busca de imagens na *Internet*;
- criar algoritmos capazes de encontrar as imagens mais similares a partir de uma imagem selecionada como foco de pesquisa;
- desenvolver um sistema que seja executado dentro de um servidor de aplicações para sistemas de documentos em hipermídia (*World Wide Web* – WWW ou Web) para que este possa ser utilizado na *Internet*;
- possibilitar ao usuário a escolha das características, que serão utilizadas no momento da busca das imagens similares;
- construir uma *interface* de fácil utilização pelos usuários, uma vez que a *Internet* possibilita o uso da ferramenta para diversos tipos de usuários com diferentes níveis de conhecimento.

3. Revisão Bibliográfica

Esse capítulo visa a apresentar alguns conceitos básicos sobre a *Internet* e a busca de imagens utilizando CBIR, bem como a apresentação de extratores de cor, textura e forma, encontrados na literatura.

3.1. A *Internet*

Conforme Kurose e Ross (2006, p. 2) não se pode definir a *Internet* em uma única frase por ser muito complexa e sofrer mudanças periodicamente em seus componentes de *hardware*, *software* e serviços oferecidos.

Basicamente o que podemos dizer é que a *Internet* é uma rede de computadores mundial, ou seja, é uma rede que interconecta milhões de computadores espalhados pelo mundo todo. Nos dias atuais não só computadores pessoais de mesa (*Personal Computers* - PC) estão ligados a esta rede mundial. Outros equipamentos como TVs, telefones celulares, automóveis, equipamentos de sensoriamento ambiental, entre outros diversos equipamentos estão conectados a *Internet* (KUROSE; ROSS, 2006, p. 3).

Esse grande crescimento de equipamentos conectados está transformando a *Internet* na principal ferramenta de armazenamento de informações como imagens, textos e vídeos.

É devido a este fato que diversas ferramentas estão sendo desenvolvidas para que se possa realizar a recuperação desta enorme gama de informações disponibilizadas pelos diversos equipamentos conectados à *Internet*.

É dentro deste contexto que surge à ideia de recuperação de imagens baseadas em conteúdo, discutida nas seções seguintes deste capítulo.

3.2. Conceitos Básicos de CBIR

O sistema de recuperação de imagens baseado em conteúdo (*Content-Based Image Retrieval* - CBIR) é formado basicamente por extratores, funções de similaridades e indexadores, que conseguem processar uma imagem e, extrair

suas características, relacionando-a com outras imagens similares. Dessa forma é possível obter um conjunto finito de imagens que se assemelham a uma imagem disponibilizada como foco de pesquisa (KINOSHITA, 2004).

De acordo com Kinoshita *et al.* (2004), sistemas baseados em CBIR utilizam informações de cor, textura e forma para que se faça a indexação e recuperação das imagens similares.

A seguir apresenta-se uma breve explicação dessas três características:

- Cor: a luz é um sinal eletromagnético formado por partículas chamadas *fótons*. Os diferentes comprimentos de onda deste sinal formam as cores que são detectadas pelo sistema visual humano (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 467-469). O sistema de cores mais conhecido e utilizado, principalmente na *Internet*, para representação em sistemas digitais, é o modelo RGB (*Red, Green, Blue*) baseado em um sistema de coordenadas cartesianas tridimensional, no qual as cores primárias vermelho (R), verde (G) e azul (B) estão representadas em três vértices, e as cores primárias complementares ciano, magenta e amarelo estão representadas em outros três vértices, formando um cubo onde o vértice da origem representam a cor preta, e o vértice que se localiza mais afastado dessa origem representa a cor branca (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 471-472).

A Figura 1 apresenta a representação do modelo RGB de cores.

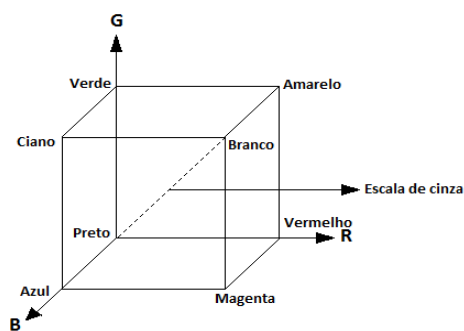


Figura 1 – Modelo RGB para representação de cores em sistemas digitais (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 472)

- Textura: na textura encontram-se informações sobre a distribuição espacial, luminosidade, estrutura da superfície e as relações de vizinhança

empregadas na imagem. A textura é facilmente perceptível à visão humana, porém, a criação de extratores para essa característica se torna complexa (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 287-288).

- Forma: a forma é estabelecida por meio da separação de regiões ou objetos na imagem. A representação das regiões pode ser feita de duas maneiras: características externas (bordas ou fronteiras) ou características internas (pixels que compõem o objeto) (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 250).

As características de cor, textura e forma são armazenadas em uma estrutura de vetor, formando um *vetor de características*. A partir deste vetor é possível fazer a recuperação das imagens similares por meio da comparação dos atributos armazenados (KINOSHITA *et al.*, 2004).

Segundo Bueno (2001) a comparação dos atributos é feita usando-se funções de distância. A função de distância retornará zero para objetos idênticos e valores positivos que aumentam conforme a distância entre os objetos da análise.

Diversas funções são encontradas na literatura para que se possa fazer a comparação entre os objetos, porém a mais utilizada é a Distância Euclidiana que é apresentada na Equação (1).

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Por fim, após o cálculo das distâncias entre os objetos é realizada a consulta por similaridade. Uma das funções mais utilizadas para se fazer à consulta por similaridade é a do *k-vizinhos* mais próximos que, segundo Kinoshita *et al.* (2004), retorna os *k* valores que estiverem mais próximos do objeto de referência.

É a partir dessa estrutura apresentada que os sistemas CBIR conseguem recuperar as imagens similares de um banco de dados.

3.3. Extrator de cor

A cor é uma das principais características de uma imagem. Por isso, muitos extratores de cor são encontrados na literatura, tais como: Histograma de cor, Cor dominante baseada em objetos em primeiro plano, Diferença de cor e Vetor de coerência.

Desses extratores citados, o mais importante é o Histograma de cor, pois ele é a base para a criação dos demais extratores.

3.3.1. Histograma de cor

É o principal método para se recuperar imagens através da característica de cor por ser um dos primeiros métodos a ser criado, além de sua facilidade de implementação e robustez. O conceito de histograma foi apresentado por Swain e Ballard no ano de 1991 e se baseia na distribuição de frequência estatística das cores (CHANG *et al.*, 2008).

Para facilitar a utilização deste conceito, costuma-se transformar uma imagem colorida em uma imagem com níveis de cinza. Essa transformação é realizada para que cada *pixel* formado por três valores (RGB) tenha um único valor que o represente. Esses valores obtidos do *pixel* da imagem são inseridos em um *bin*. O *bin* corresponde a uma posição do histograma onde será armazenada a intensidade do nível de cinza. Dessa forma, podemos ver que um histograma é formado por n -bins pré-determinados. Cada *bin* b_i do histograma corresponde a um intervalo R_n . O intervalo R_n é obtido através da divisão entre o número de níveis de cinza e o número de *bins*. Por fim somam-se os valores de cada *bin* b_i para se obter os valores correspondentes de níveis de cinza (CHANG *et al.*, 2008).

Um exemplo de histograma de cor é apresentado na Figura 2.



Figura 2 – Histograma de cor para a imagem (número de *bins* X número de *pixels* por *bin*)

A fórmula para o histograma de cor é apresentada na equação (2)

$$f = \left\{ P_i \mid 0 \leq P_i \leq 1, \sum_{1 \leq i \leq b_i} P_i = 1, \text{ e } b_i = \frac{256}{R_n} \right\}, \quad (2)$$

onde P_i é a porcentagem para o intervalo do *bin* b_i .

3.4. Extrator de textura

É na textura que se encontram medidas de propriedades como suavidade, rugosidade e regularidade (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 361).

Conforme afirmam Gonzalez e Woods (1992, p. 361), existem três abordagens principais que são utilizadas para se extrair as características de textura em uma imagem; (a) estatística, que busca caracterizar a textura como suave, áspera, granular entre outras; (b) estrutural, que procura arranjos de primitivas de imagem como, por exemplo, a textura sendo descrita como as linhas paralelas regularmente espaçadas e (c) espectral, baseada nas propriedades do espectro de Fourier, que busca detectar picos de alta-energia dentro do espectro da imagem.

Para se encontrar as características através da abordagem baseada em estatística, é necessário primeiramente um processamento na imagem a fim de encontrar a matriz de co-ocorrência da imagem.

3.4.1. Matriz de co-ocorrência

A matriz de co-ocorrência contém informações da distribuição de intensidades de níveis de cinza da imagem e a posição dos *pixels* que contêm

valores de intensidade iguais ou similares (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 361). A partir da matriz de co-ocorrência é possível descrever a frequência com que acontecem transições dos níveis de cinza entre os pares de *pixels* da imagem (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 291).

Seja A uma matriz quadrada $k \times k$, na qual o número de linhas e colunas é proporcional à quantidade de níveis de cinza da imagem, e um operador P . Temos que a posição a_{ij} desta matriz, é igual ao número de vezes que *pixels* com o nível de cinza z_i ocorrem na posição especificada por P relativamente a *pixels* com nível de cinza z_j , onde $1 \leq i, j \leq k$. Essa frequência de níveis de cinza é obtida através de uma dada distância e um ângulo que indica a direção em que o operador P irá percorrer a imagem (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 363).

Considerando um operador P como sendo “um pixel a direita e um pixel abaixo” e uma imagem que contenha três níveis de cinza, $z_1 = 0$, $z_2 = 1$ e $z_3 = 2$, teremos a matriz de co-ocorrência conforme Figura 3 (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 363).

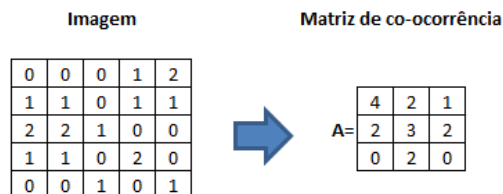


Figura 3 – Exemplo de uma imagem que contém três níveis de cinza e sua respectiva matriz de co-ocorrência (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 363)

A partir da matriz de co-ocorrência podemos obter características como probabilidade máxima, contraste, entropia e uniformidade.

3.5. Extrator de forma

Extratores de forma procuram encontrar dentro da imagem características como número de regiões ou informações das fronteiras e bordas do objeto levando em consideração a sua posição, sua orientação e seu tamanho (NIXON; AGUADO, 2002, p. 183).

A principal dificuldade nos extratores de forma é reconhecer os objetos dentro da imagem independentemente do fundo, da sua rotação e luminosidade.

Diversos extratores são encontrados na literatura, sendo os principais: assinaturas, código da cadeia, aproximações poligonais, segmentos de fronteiras e transformação área-ponto.

3.6. Curvas de precisão e revocação

Para medir os resultados obtidos na consulta por similaridade do sistema, foram utilizadas as medidas de precisão e revocação (*precision-recall*) que segundo Yamamoto *et al.* (1999), são utilizadas na avaliação de desempenho de recuperações de dados e imagens onde:

- Precisão é a porcentagem de imagens relevantes recuperadas durante a consulta.

$$\frac{A \cap B}{B}$$

- Revocação é a porcentagem de imagens recuperadas que de fato são relevantes.

$$\frac{A \cap B}{A}$$

conforme explica Bueno (2001).

3.7. Conclusões finais

Neste capítulo foi apresentado um conceito básico sobre *Internet* e CBIR, bem como a definição e apresentação dos principais extratores de cor, textura e forma encontrados na literatura e a curva de precisão e revocação usada para medir os resultados obtidos nas consultas.

Baseado nas informações apresentadas neste capítulo foi proposto um sistema CBIR para recuperação de imagens para a *Internet*. O detalhamento e funcionalidades do sistema serão descritos nos capítulos subsequentes deste trabalho.

4. Metodologia

Neste capítulo é apresentada a forma como o sistema proposto foi desenvolvido. Serão abordadas as tecnologias utilizadas, uma visão geral do sistema, extratores utilizados, funcionamento do sistema na *Internet* e a *interface* desenvolvida para o sistema.

4.1. Tecnologias utilizadas

Todos os recursos utilizados para o desenvolvimento do sistema foram gratuitos e de código-aberto (*open-source*). Optou-se por empregar as tecnologias mais usadas pelo mercado e desenvolvedores de software.

O ambiente integrado para desenvolvimento de *software* (*Integrated Development Environment* - IDE) utilizado foi o eclipse (ECLIPSE, 2010), por ser uma das ferramentas mais utilizadas para o desenvolvimento de *softwares* devido a sua robustez e facilidade de uso. Foi utilizada a linguagem de programação Java (DEITEL, 2005) que apresenta vantagens como portabilidade e flexibilidade, além de possuir uma *interface* de programação de aplicações (*Application Programming Interface* - API) própria para a manipulação de imagens chamada JAI (*Java Advanced Imaging*) (JAI, 2010), o que facilitou o desenvolvimento do sistema.

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados utilizado (SGBD) foi o MySQL (MySQL, 2010) e o servidor de aplicações para sistemas de documentos em hipermídia (*World Wide Web* – WWW ou Web) foi o Jboss (JBOSS COMMUNITY, 2010).

Foram utilizados dois *frameworks* que facilitaram e deram um maior controle interno da aplicação: Spring (SPRINGSOURCE, 2010) que foi utilizado para facilitar a implementação de uma arquitetura muito utilizada para o desenvolvimento de sistema, denominado MVC (*Model View Controller*) e o Hibernate (HIBERNATE, 2010) para a manipulação e interação com o SGBD.

4.2. Visão geral do sistema

Conforme já mencionado, o sistema desenvolvido visa a encontrar as imagens mais similares a uma imagem utilizada como foco de pesquisa, na *Internet*. Para que isso ocorra, é necessária a integração com sistemas de busca na *Internet*. Para isso foi utilizada a API Google Web *Toolkit* (GWT, 2010), que realiza a integração com o sistema de buscas Google. Essa API apresentou duas limitações para o desenvolvimento do sistema. A primeira é que a API só realiza a busca de imagens através de palavras chaves e a segunda é a limitação de imagens retornadas na busca, sendo apenas 64 resultados.

Para a padronização das imagens retornadas, foi configurado para que a API retornasse apenas as imagens do tipo JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) (JPEG, 2010). Esse tipo de imagem se tornou padrão na *Internet*, devida a sua alta capacidade de compressão, suportando 24-*bits* em imagens de alta qualidade e 8-*bits* para imagens em escala de cinza no modelo RGB. Na *Internet* essas imagens estão disponibilizadas no formato de 8-*bits* RGB o que fornece um total de 256 tons de cinza. A fórmula para calcular o número de tons de cinza é apresentada na equação (3), onde G é igual ao número de tons de cinza e n é igual ao número de *bits* para cada *pixel*.

$$G = 2^n \quad (3)$$

O sistema apresenta uma *interface* com um campo para a consulta por palavra chave. A partir da *interface* é possível selecionar a imagem que será usada como foco de pesquisa, dentre as retornadas na consulta por palavra chave, além da escolha das características que serão utilizadas durante a busca por similaridade.

Primeiramente o sistema realiza a busca das imagens na *Internet* conforme a Figura 4.



Figura 4 – Fluxo para a busca de imagens na *Internet* através da API GWT

O sistema realiza a integração com a API GWT e apresenta na tela as imagens encontradas.

Após essa etapa de busca das imagens na *Internet*, o sistema realiza a busca das imagens similares. Para isso, o usuário seleciona: uma imagem dentre as retornadas anteriormente que será usada como modelo, o filtro que informa quais as características serão usadas na busca e os extratores que se deseja utilizar durante a busca. Durante essa etapa o sistema verifica quais das imagens retornadas já foram processadas em buscas anteriores. Caso a imagem não tenha sido processada, é feito o processamento da mesma obtendo-se as suas características e guardando essas informações no banco de dados. Por fim, compara-se a imagem selecionada com as imagens pré-processadas no banco de dados, obtendo as imagens similares.

A Figura 5 apresenta o fluxo de funcionamento da busca de imagens similares.

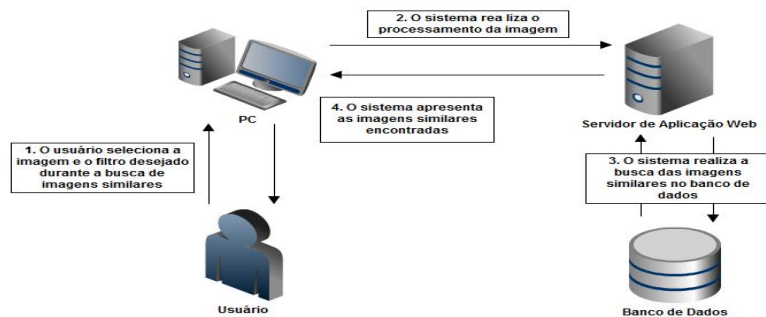


Figura 5 – Fluxo para a busca de imagens similares

4.3. Modelo de dados

O sistema utiliza um banco de dados formado por três tabelas:

- A tabela IMAGEM armazena a URL (*Uniform Resource Locator*) original e a URL da imagem em miniatura, que é apresentada na tela pela API GWT.
- A tabela CARACTERISTICA armazena o nome das características (extratores). Os valores desta tabela constituem o vetor de característica formado pelos resultados obtidos com os extratores.
- A tabela IMAGEM_CARACTERISTICA faz o relacionamento das duas tabelas anteriores, ou seja, faz a conexão da imagem com suas características.

A Figura 6 mostra o Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) das tabelas apresentadas.

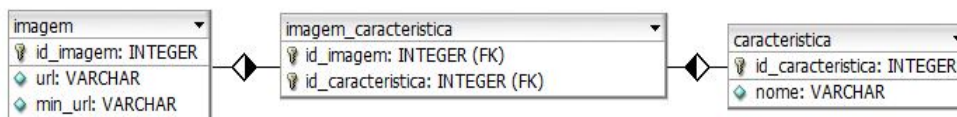


Figura 6 – Diagrama Entidade-Relacionamento

4.4. Extratores utilizados

Para a extração das características foram implementados os extratores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos extratores implementados

Extrator	Característica	Descrição
Cores Fracas	Cor	Porcentagem de cores fracas da imagem obtida a partir do histograma de cor.
Cores Médias	Cor	Porcentagem de cores médias da imagem obtida a partir do histograma de cor.
Cores Fortes	Cor	Porcentagem de cores fortes da imagem obtida a partir do histograma de cor.

Razão Altura/Largura	Forma	Mede a razão entre a altura e a largura dos objetos da imagem.
Transformação Área-Ponto	Forma	Mede o número de <i>clusters</i> dentro da imagem.
Assinatura	Forma	Representação da fronteira dos objetos da imagem.
Contraste	Textura	Identifica diferenças entre os tons de cinza da imagem.
Entropia	Textura	Mede o grau de desordem dos <i>pixels</i> contidos na imagem.
Segundo momento angular	Textura	Mede a uniformidade de uma textura.

O Diagrama de Classes da Figura 7 mostra como foi estruturado o sistema.

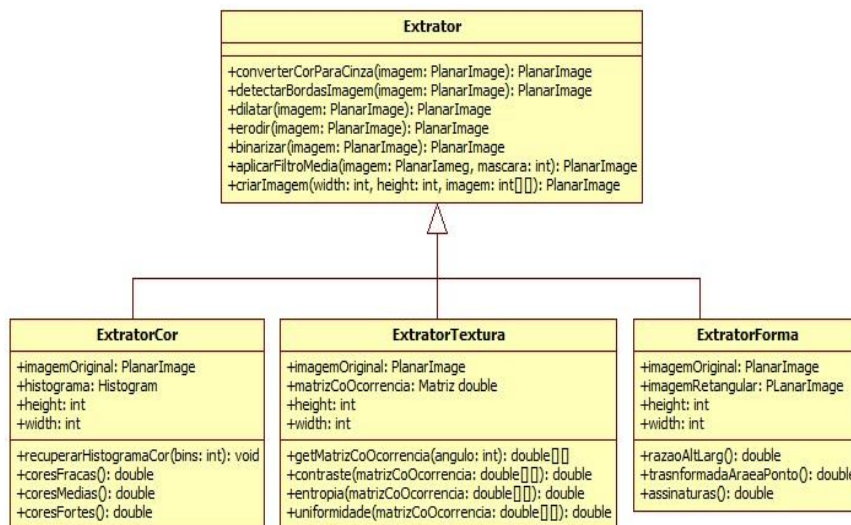


Figura 7 – Diagrama de classes dos extratores do sistema

A classe principal *Extractor*, implementa métodos que são genéricos para todas as demais classes de extratores.

As demais classes de extratores herdam os métodos genéricos da classe pai além de implementar métodos específicos para se obter os valores de extração.

4.4.1. Cores Fracas, Médias e Fortes

Foram implementados três extratores baseados nas cores da imagem. Esses extratores são extraídos a partir do histograma de cor que foi obtido através da API JAI.

A partir do histograma, computou-se a porcentagem de pixels contidas em cada *bin*. Após esta etapa, o histograma foi dividido em três partes e foram somadas as porcentagens de cada parte obtida em relação à quantidade total de *pixels* da imagem. O extrator de cores fracas corresponde ao valor total da primeira parte do histograma, o de cores médias corresponde ao total da parte central do histograma e por fim, o de cores fortes corresponde à parte final do histograma.

4.4.2. Razão altura/largura

Este extrator obtém a razão entre a altura e a largura dos objetos dentro da imagem.

É usado geralmente quando se tem apenas um objeto dentro da imagem. Como as imagens da *Internet* podem conter diversos objetos, uma solução foi a de detectar o primeiro ponto da borda dos objetos através das laterais da imagem e formar um retângulo que corresponde a todos os objetos da imagem.

Através da API JAI, foi realizado um processamento na imagem, a fim de encontrar a borda dos objetos diferenciando do fundo da imagem.

Após o processamento, percorre-se a imagem pelos cantos, superior, inferior, direito e esquerdo, procurando o primeiro ponto da borda para formar o retângulo que irá representar os objetos da imagem. Por fim calcula-se a razão entre a largura e a altura do retângulo encontrado.

A Figura 8 apresenta a o retângulo que representa uma determina imagem e seus objetos.

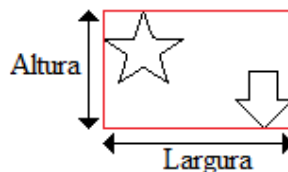


Figura 8 – Representação do retângulo gerado para dois objetos de uma imagem

4.4.3. Transformação área-ponto

Essa técnica foi proposta por Nishikawa *et al.*, (NISHIKAWA, 1993), com o objetivo de transformar microcalcificações em um único *pixel*, para que se possa realizar a contagem de “*clusters*” dentro de imagens mamográficas. Consiste em aplicar uma máscara 3 x 3 na imagem a partir do canto superior esquerdo. Através dessa máscara é contabilizado o número de pixels com nível de cinza superior ao do fundo da imagem. Caso este valor seja maior ou igual a dois, todos os pixels contidos na máscara são ajustados para terem o mesmo valor do fundo da imagem, com exceção do pixel do canto inferior direito que é ajustado para ter o maior valor de pixel. A máscara é então movida a cada dois pixels para a direita varrendo toda a imagem.

A Figura 9 apresenta um exemplo do funcionamento desta técnica.

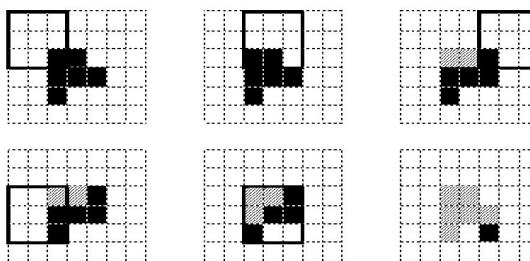


Figura 9 – Exemplo de funcionamento da técnica transformação área-ponto (NISHIKAWA, 1993)

Antes de aplicar o extrator foi feito um processamento para limiarizar a imagem. Essa limiarização faz com que os pixels tenham apenas dois valores, 1 para a cor preta e 0 para a cor branca. Dessa forma, o fundo da imagem corresponde a 1 e o valor ajustado para o canto inferior direito é 0.

4.4.4. Assinaturas

A assinatura é uma representação unidimensional da borda de um objeto contido na imagem. Essa técnica obtém o gráfico da distância do centróide a borda em função do ângulo estabelecido, conforme ilustra a Figura 10 (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008, p. 254).

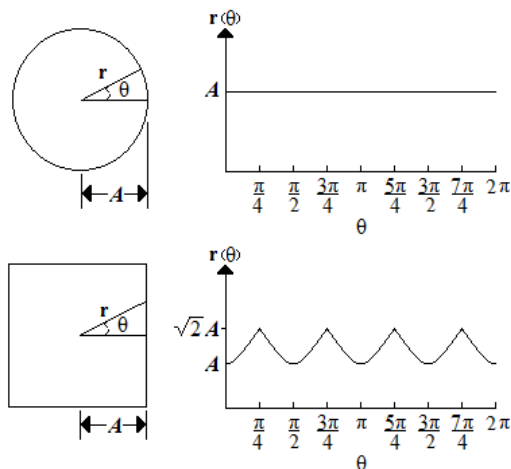


Figura 10 – Duas fronteiras e suas respectivas assinaturas (GONZALEZ; WOODS, 1992, p. 349)

Após a etapa onde se obteve os valores de distância do centróide a borda, é calculada o desvio padrão das respectivas distâncias.

4.4.5. Contraste, Entropia e Segundo momento angular

Os principais extratores de textura são: (a) contraste, mede a diferença nos tons de cinza da imagem, onde um valor baixo de contraste ocorre quando há uma pequena diferença nos tons de cinza dos *pixels*; (b) entropia, mede a desordem na textura da imagem, onde valores próximos de zero indica uma textura não uniforme e (c) segundo momento angular, também conhecido como energia, mede a uniformidade na textura da imagem, onde texturas ásperas apresentam valores diferentes de zero e próximos de um. Esses extratores são obtidos através da matriz de co-ocorrência discutida na seção 3.4.1.

Suas fórmulas estão apresentadas nas equações (4), (5) e (6) respectivamente.

$$\sum_i \sum_j (i-j)^2 c_{ij} \quad (4)$$

$$-\sum_i \sum_j c_{ij} \log(c_{ij}) \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_j C_{ij}^2 \quad (6)$$

4.5. Interface do sistema

Por ser um sistema utilizado na *Internet* e por isso, ter diversos tipos de usuários, a *interface* do sistema é de fundamental importância. É importante que seja simples e intuitiva.

Por esse motivo as *interfaces* foram construídas de forma a ajudarem o usuário a realizar a pesquisa de uma maneira intuitiva.

A *interface* inicial do sistema apresenta um campo para a pesquisa de imagens por palavra chave.

Após a pesquisa por palavra chave, o sistema apresenta uma *interface* com os extratores que podem ser selecionados para a pesquisa por conteúdo e o número de resultados a serem retornados.

Cada extrator apresenta um botão de ajuda que mostra uma breve descrição dos extratores para auxiliar o usuário.

Após a pesquisa das imagens na *Internet*, além da opção de filtro é apresentada também, as imagens retornadas para que se possa selecionar aquela que será usada como foco da pesquisa por conteúdo.

Após a seleção dos filtros e da imagem, o sistema realiza a busca das imagens similares e apresenta o resultado na tela.

O conjunto completo de *interfaces*, mostrando um exemplo de execução do sistema pode ser visto no Apêndice A desta monografia.

4.6. Conclusões finais

Neste capítulo foi apresentada a forma com a qual o sistema foi concebido. Foram mostrados os extratores implementados, a *interface* do sistema, bem como, uma visão geral de seu funcionamento. O próximo capítulo apresenta os resultados obtidos nos testes do sistema e uma discussão sobre o seu funcionamento.

5. Resultados e discussões

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nos testes do sistema e uma discussão sobre o seu funcionamento.

5.1. Passos dos testes realizados

Em muitos trabalhos encontrados na literatura que realizam consulta de imagens por similaridade, os autores criaram conjuntos de testes alterando algumas imagens para que se possa verificar a eficiência do sistema dada algumas alterações nas mesmas.

Pelo fato do sistema proposto buscar imagens diretamente na *Internet*, não é possível a criação de um conjunto de teste com tais características. Além disso, poderiam ser criadas diversas buscas de imagens por palavras chaves que retornariam diversos tipos de resultados o que tornaria o teste inviável.

Outro problema para a criação do conjunto de testes, e conseqüentemente uma limitação do sistema, é o fato de a API GWT retornar apenas 64 imagens na consulta. Isso faz com que determinadas consultas não retorne um conjunto de testes favorável, ou seja, retorne imagens muito similares ou imagens muito diferentes dificultando a comparação entre as mesmas.

Foram utilizadas várias palavras chaves, imagens de modelo e combinações de extratores para a realização dos testes, mas por questão de espaço é apresentado o resultado de somente um caso de teste, onde a consulta por palavra chave, retornou um conjunto de imagens balanceado, ou seja, muito similares, pouco similares e imagens com diferença inquestionável para a realização dos testes. Dessa maneira, conseguimos medir o grau de precisão do sistema de uma forma viável e eficiente.

A palavra chave escolhida para o teste foi “o grito”, por apresentar imagens de um quadro famoso e o *pôster* de um filme com o mesmo título.

O conjunto de imagens retornados na consulta por palavra chave pode ser observado no Apêndice B desta monografia.

Após a consulta por palavra chave, foram realizadas diversas buscas por similaridade variando as imagens, as características e os extratores utilizados.

Como esperado, essa alternância nas consultas mostrou uma grande ação nos resultados dependendo das características e extratores utilizados. Por esse motivo vemos que a possibilidade de combinação de características e extratores é de vital importância, pois possibilita ao usuário criar um conjunto de imagens que melhor atenda a sua necessidade. Por outro lado, isso pode se tornar um trabalho custoso para o usuário, considerando o grande número de variações possíveis entre os extratores, 63 combinações diferentes, que o mesmo pode realizar para encontrar o melhor conjunto de resultado.

Para realização dos testes e a avaliação do sistema, foram criados dois conjuntos de imagens. O primeiro conjunto foi formado pelas imagens retornadas na consulta por palavra chave, removendo as imagens idênticas. Para identificar as imagens idênticas foi utilizado um programa que encontra pares de imagens similares em um diretório. O programa retorna a porcentagem de similaridade entre pares de imagens. Imagens com uma similaridade igual ou superior a 99% foram removidas do conjunto. O programa encontrou 8 pares de imagens, por esse motivo 8 imagens foram removidas, formando um conjunto de 56 imagens. O conjunto de imagens pode ser visto no Apêndice C desta monografia.

O segundo conjunto foi formado com as imagens consideradas relevantes do quadro “o grito”. Este conjunto contém 16 imagens consideradas relevantes, onde a ordem das imagens foi definida a partir da porcentagem de similaridade retornada pelo programa. O conjunto de imagens relevantes pode ser visto no Apêndice D desta monografia.

Foram feitas pesquisas pelos extratores de forma individual e por algumas combinações dos mesmos. A imagem escolhida para o caso de teste é apresentada na Figura 11.



Figura 11 – Imagem utilizada como foco da pesquisa durante as consultas de testes do sistema

5.2. Resultados individuais

Esta seção apresenta os resultados dos extratores de forma individual agrupados por suas características.

5.2.1. Extratores de cor

A cor é uma das principais características de uma imagem por ser de fácil assimilação do olho humano.

A Figura 12 mostra a curva de precisão e revocção do *extrator de cores fracas*, onde se observa que não foram retornadas todas as imagens esperadas, porém, considera-se que a consulta do extrator foi satisfatória, sua precisão e revocção ficaram em torno de 70% e as quatro primeiras imagens tiveram uma precisão de 100%.

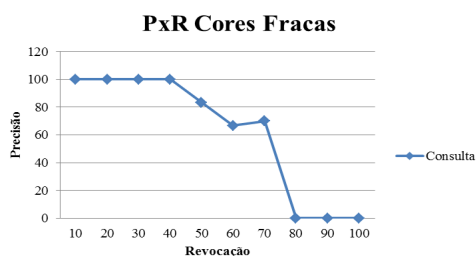


Figura 12 – Precisão e revocção do extrator de cores fracas

A Figura 13 mostra a curva de precisão e revocção do *extrator de cores médias*. A consulta através deste extrator foi bem satisfatória, precisão e revocção em torno de 90%.

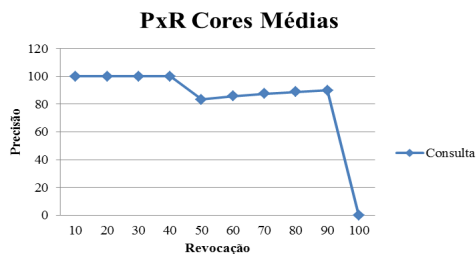


Figura 13 – Precisão e revocação do extrator de cores médias

A última consulta foi feita com o *extrator de cores fortes*. Dos extratores de cor, este foi o que apresentou o pior resultado, apenas três imagens retornadas são relevantes. A Figura 14 apresente a curva de precisão e revocação desta consulta.

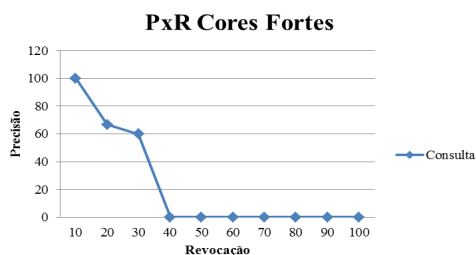


Figura 14 – Precisão e revocação do extrator de cores forte

Observou-se pelas curvas de precisão e revocação que nenhum extrator teve 100% de desempenho, porém dois deles apresentaram resultados satisfatórios, *extrator de cores fracas e médias* por apresentarem uma precisão entre 70% e 90% e uma revocação em torno de 80% e 90%, onde o *extrator de cores médias* apresentou o melhor desempenho e apenas o extrator de cores fortes, teve um desempenho abaixo das expectativas, uma precisão em torno de 60% mas com uma revocação em torno de 30%.

5.2.2. Extratores de textura

A textura apresenta informações da distribuição espacial e de luminosidade dentro de uma imagem.

O primeiro extrator de textura testado foi o *extrator de contraste*. A Figura 15 mostra que o extrator não obteve um resultado satisfatório, apresentando uma precisão e revocação nas consultas em torno de 40%.

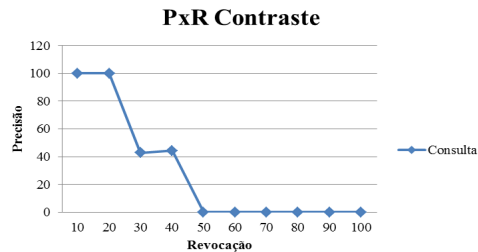


Figura 15 – Precisão e revocação do extrator de contraste

O *extrator de entropia* apresentou um resultado melhor que o *extrator de contraste*. Das imagens retornadas pelo extrator de entropia, 70% são relevantes apresentando, um desempenho satisfatório para o extrator. A Figura 16 mostra a curva de precisão e revocação deste extrator.

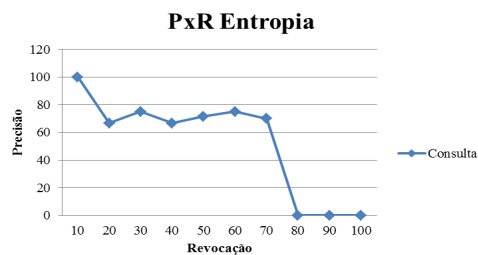


Figura 16 – Precisão e revocação do extrator de entropia

O último extrator testado para a característica de textura foi o *extrator de uniformidade ou segundo momento angular*. Como pode ser observado na Figura 17, este extrator apresentou um resultado satisfatório com uma precisão e revocação em torno de 80%.

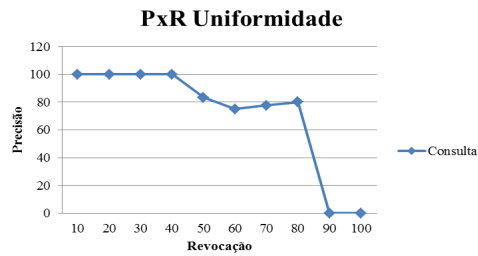


Figura 17 – Precisão e revocação do extrator de uniformidade

Assim como os extratores de cor, nenhum dos extratores de textura testados, apresentou 100% de desempenho, porém pode se considerar que os resultados foram satisfatórios pois também dois extratores apresentaram bons resultados, *contrates e entropia*, com uma precisão e revocação em torno de 70% e 90%, e apenas um, *extrator de contraste*, ficou abaixo das expectativas com uma precisão e revocação em torno de 40%.

5.2.3. Extratores de forma

Com os extratores de forma, procura-se encontrar bordas e fronteiras dos objetos da imagem.

A Figura 18 mostra a curva de precisão e revocação do *extrator razão altura/largura*. Este extrator teve um desempenho mediano, 50% das imagens retornadas são relevantes, e sua precisão foi decaindo. Isso se dá pelo fato de usarmos um retângulo que agrupa todos os objetos da imagem e com isso fica passível de termos retângulos semelhantes para imagens distintas.

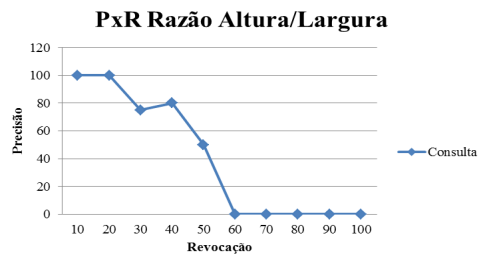


Figura 18 – Precisão e revocação do extrator razão altura/largura

O *extrator área-ponto* também não apresentou bons resultados, apresentando uma precisão ruim. A curva de precisão e revocação, apresentada na Figura 19, mostra que a precisão deste extrator foi baixa.

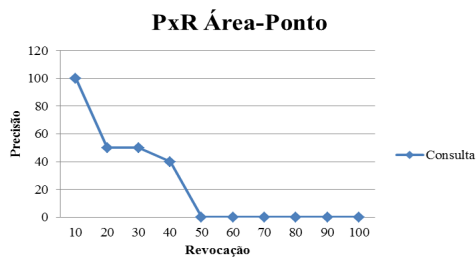


Figura 19 – Precisão e revocação do extrator área ponto

Dos extratores de textura o que apresentou um melhor resultado foi o *extrator de assinaturas*, porém a sua precisão não apresentou valores satisfatórios, tendo uma queda relevante, conforme mostra a Figura 20.

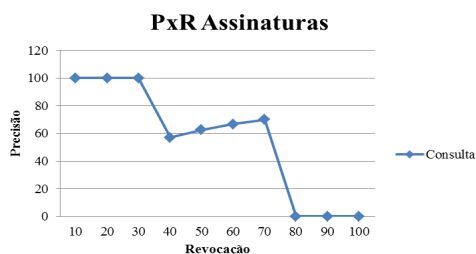


Figura 20 – Precisão e revocação do extrator de assinaturas

Os extratores de forma foram os que apresentaram um resultado pior. Isso se deve pelo fato de as imagens utilizadas pelo sistema serem de diversas formas sem seguirem um padrão. Com isso surge um problema na implementação dos extratores, pois a maioria deles trabalham com imagens específicas com um número pequeno de objetos. A adaptação feita para trabalharem com imagens da *Internet*, criou uma generalização dessas imagens que diminuiu o desempenho dos mesmos.

5.3. Resultados combinando extratores

Esta seção mostra algumas combinações de extratores afim de melhor o desempenho das consultas do sistema.

5.3.1. Todos os extratores

Uma das combinações triviais a se testar o sistema é utilizando todos os extratores combinados, gerando assim uma comparação utilizando o vetor de características completo.

Como podemos observar na Figura 21, a combinação de todos os extratores não foi uma boa opção. A precisão desta combinação foi muito baixa mostrando que utilizar o vetor de característica completo não será necessariamente uma boa opção como poderia se imaginar.

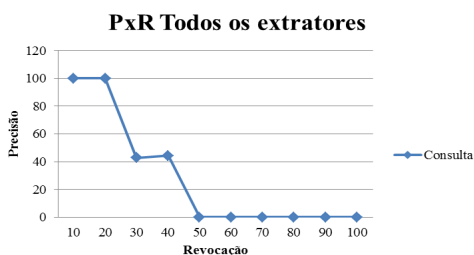


Figura 21 – Precisão e revocação da combinação de todos os extratores

5.3.2. Cores médias, assinaturas e uniformidade

Os extratores de *cores médias*, *assinaturas* e *uniformidade*, apresentaram os melhores resultados individuais dentre as suas características. Por isso, foram combinados para medir a precisão e revocação dos três em conjunto.

Como já era de se esperar a combinação desses extratores apresentou uma precisão e revocação satisfatórias, próxima aos 90%, conforme mostra a Figura 22.

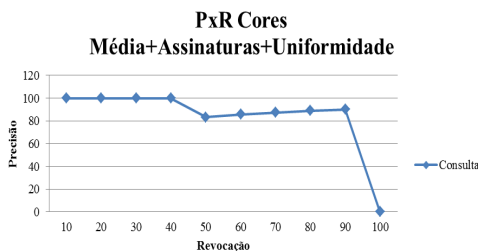


Figura 22 – Precisão e revocação da combinação dos extratores de cores médias, assinaturas e uniformidade

5.3.3. Cores médias, razão altura/largura e uniformidade

A combinação dos extratores de *cores médias*, *razão altura/largura* e *uniformidade*, apresentaram o melhor resultado combinando extratores, alcançando uma precisão de 100% conforme pode ser observado na Figura 23.

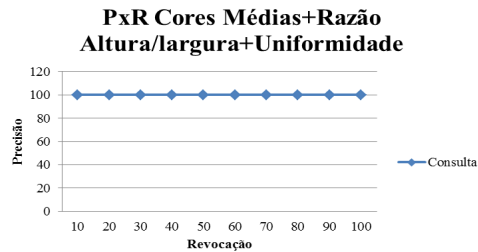


Figura 23 – Precisão e revocação da combinação dos extratores de cores médias, razão altura/largura e uniformidade

Esta seção mostrou que a combinação de extratores é fundamental para a consulta das imagens, e que a combinação de todos os extratores não foi uma boa escolha como poderia se imaginar.

6. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema que pudesse ser utilizado e que conseguisse recuperar imagens na *Internet*, para que as diversas áreas de interesses em imagens digitais pudessem utiliza-lo de forma fácil e intuitiva.

Para a realização do objetivo proposto, foi feito um levantamento bibliográfico voltado à busca de imagens por conteúdo. Foram encontradas diversas maneiras de se extrair as características intrínsecas da imagem por meio de extratores de cor, textura e forma. Esse levantamento trouxe um grande aprendizado para o desenvolvimento do sistema.

Após a etapa de levantamento bibliográfico, foi iniciada a construção dos extratores e posteriormente, a criação do sistema web e sua *interface* gráfica.

Durante os testes observou-se uma lentidão na primeira consulta de imagens, levando em média 25 segundos para apresentar os resultados, uma vez que é realizado o processamento de todas as imagens retornadas pela *Internet*, porém as demais foram realizadas em um tempo muito menor, levando em média 3 segundos para apresentar os resultados, uma vez que as imagens são diretamente recuperadas no banco de dados.

Um dos maiores problemas que o sistema apresenta é a limitação da API GWT utilizada para a consulta das imagens retornadas pela consulta por palavra chave. O sistema utilizado para integração com a *Internet* retorna apenas 64 imagens, o que dependendo da consulta realizada, pode não trazer o resultado esperado pelo usuário.

Uma grande vantagem que o sistema traz é a possibilidade de se combinar extratores de acordo com a necessidade de quem utiliza o sistema. Os testes mostraram que essa combinação pode trazer resultados satisfatórios e personalizados, o que faz com que o sistema seja utilizado por pessoas das mais diversas áreas de interesse.

Os resultados realizados no sistema mostraram que a combinação dos resultados pode apresentar uma precisão e revocação de 100%. Os extratores de cor e textura apresentaram resultados satisfatórios quando testados de forma individual, com precisões e revocações em torno de 70% e 90%.

O extrator de forma não apresentou um resultado tão satisfatório quando testado de forma individual. Isso se dá pelo fato da necessidade de adaptação dos extratores implementados, para que trabalhassem com imagens com diversos números de objetos.

A *interface* foi desenvolvida a fim de ser de fácil utilização e compreensão, uma vez que a *Internet* possibilita o uso desse sistema por diversos tipos de usuários.

Por fim, conclui-se que, o sistema alcançou os objetivos que se propôs e que a continuidade e sofisticação dos extratores, principalmente os que extraem as características de forma, podem trazer resultados bem satisfatórios para trabalhos futuros.

7. Referências Bibliográficas

BUENO, J. M.; TRAINA, A. J. M.; TRAINA JR, C.; MARQUES, P. M. A. **cbPACS: PACS com Suporte à Recuperação de Imagens Médicas Baseada em Conteúdo**. In: VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS, Natal, RN-Brazil, 2002.

CASTELLS; M.; **A Galáxia da Internet**. Inglaterra: Oxford University Press, 2001. 7 – 9 p. Edited by Jorge Zahar.

CENDON, Beatriz Valadares. **Ferramentas de busca na Web**. Ci. Inf. [online]. 2001, vol.30, n.1, pp. 39-49. ISSN 0100-1965.

CHANG, Chin-chen; WU, Wen-chuan; HU, Yu-chen. **Content-Based Color Image Retrieval System Using Color Difference Features**. Taiwan: Second International Conference On Future Generation Communication And Networking Symposia, 2008.

DEITEL, H.M. e DEITEL, P.J. **Java Como Programar**. 6º ed. São Paulo: Pearson, 2005.

ECLIPSE. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

FREITAS, H. e JANISSEK, R. (2003) - **Systèmes d'Information et Internet: vers des nouvelles applications des technologies d'information**, chapitre 3, pg. 67-85, in : CARON-FASAN, M-L. e LESCA, N. coordenado por (2003) - Présent et Futur des systèmes d'Information. Editions PUG. Grenoble, França. 324 p.

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. Ed Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 2000.

GUDIVADA V. N.; RAGHAVAN V. V. **Content-Based Image Retrieval Systems**, IEEE Computer-Special Issue, Vol. 28, pp. 18--62, September 1995.

GWT. Disponível em: <<http://code.google.com/intl/pt-BR/webtoolkit/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

HIBERNATE. Disponível em: <<http://www.hibernate.org/>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

JAI. Disponível em: <<http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

JBOSS COMMUNITY. Disponível em: <<http://www.jboss.org/>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

JPEG. Disponível em: <<http://www.jpeg.org/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

KINOSHITA, S. K.; PEREIRA JR, R. R.; HONDA, M. O.; RODRIGUES, J. A. H., MARQUERS, P.M.A. **Recuperação Baseada em Conteúdo de Imagens Mamográficas: Atributos Visuais de Forma, Espectrais no domínio de Radon e Granulometria**. In: IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004, Ribeirão Preto. CBIS2004, 2004.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W.. **Redes de computadores e a Internet: Uma abordagem top-down**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2007. 634 p.

MySQL. Disponível em: <<http://www.mysql.com/>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

NISHIKAWA, R.M.; GIGER, M.L.; DOI, K.; VYBORNÝ, C.J.; SCHMIDT, R.A. **Computer-aided detection and diagnosis of masses and clustered microcalcifications from digital mammograms**. State of the Art in Digital Mammographic Image Analysis World Scientific Publishing Co. , 1993.

NIXON, Mark S.; AGUADO, Alberto S.. **Feature Extraction & Image Processing**. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2008. 406 p.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações**. São Paulo: Thomson, 2008. 508 p.

SPRINGSOURCE. Disponível em: <<http://www.springsource.com/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

YAMAMOTO, H.; IWASA, H.; YOKOYA, N. TAKEMURA, H. **Content-based Similarity Retrieval of Images Based on Spatial Coor Distributions**. In: 10^o Intl. Conference on Image Analysis and Processing, 1999.

APÊNDICE A – *Interface* completa do sistema



A – Campo para consulta por palavra chave. Neste exemplo a palavra utilizada foi “o grito”

B – Filtro para seleção das características e extratores utilizados. Neste exemplo estão sendo usadas as características de cor, textura e forma e os extratores *cores médias*, *Razão Altura/Largura* e *Uniformidade*.

C – Help que apresenta uma breve descrição dos extratores para auxiliar o entendimento do usuário.

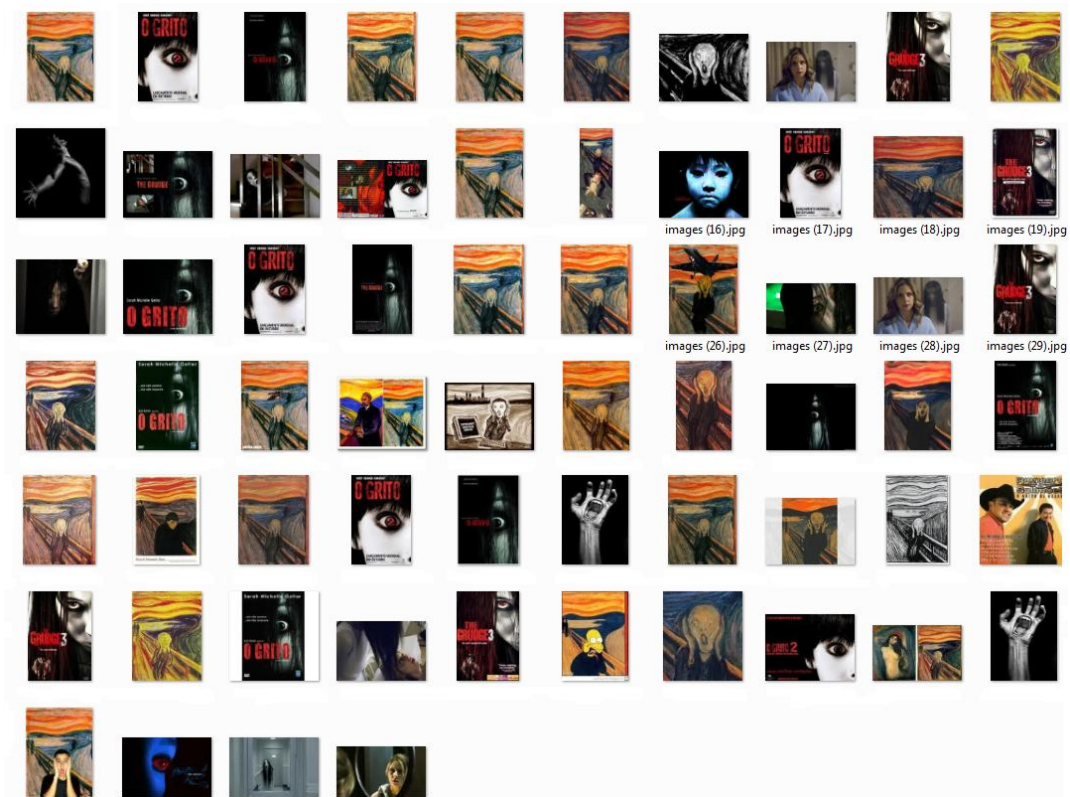
D – Número de resultados retornados pela pesquisa.

E – Imagens retornadas na busca por palavra chave.

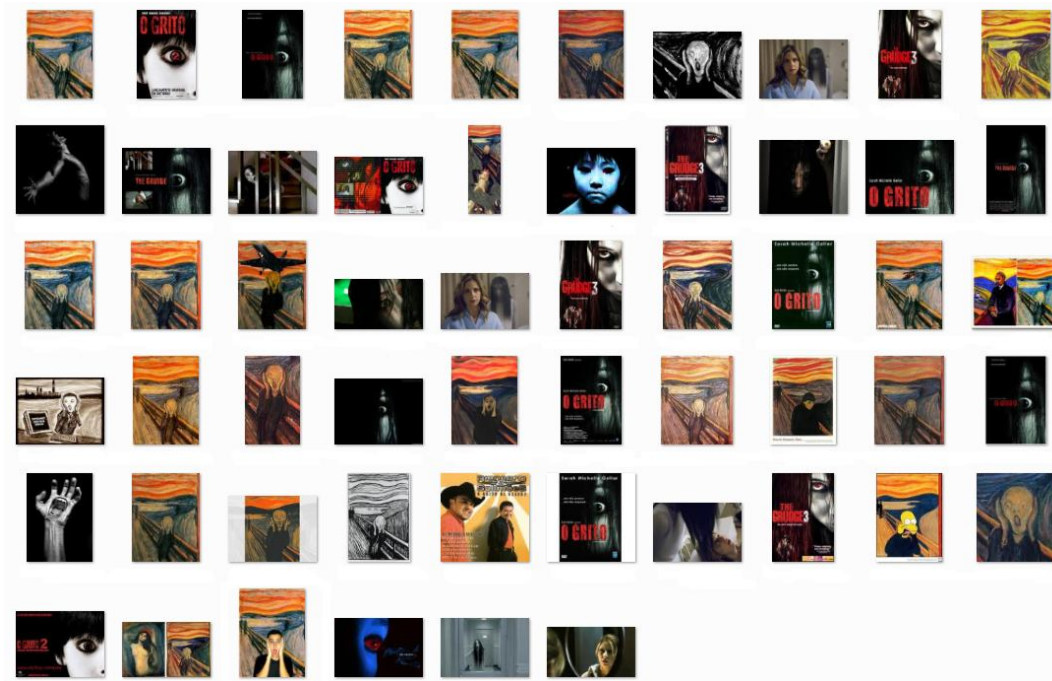
F – Botão para pesquisa por similaridade.

G – Resultado da busca por similaridade.

APÊNDICE B – Conjunto completo de imagens recuperadas pela consulta por palavra chave



APÊNDICE C – Conjunto de imagens utilizadas para a realização dos testes com exclusão das imagens idênticas



APÊNDICE D – Conjunto de imagens relevantes

