

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Leonivan Dias Moraes

**ANÁLISE DOS MÉTODOS DE INDEXAÇÃO PARA BUSCA
EM CONTEÚDO DE IMAGENS**

**Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a obtenção do grau
de Mestre em Ciência da Computação**

Orientador: Roberto Willrich, Dr.

Florianópolis, novembro de 2002.

Leonivan Dias Moraes

**ANÁLISE DOS MÉTODOS DE INDEXAÇÃO PARA BUSCA
EM CONTEÚDO DE IMAGENS**

**Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a obtenção do grau
de Mestre em Ciência da Computação**

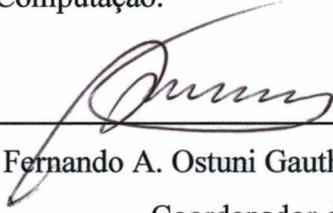
Orientador: Roberto Willrich, Dr.

Florianópolis, novembro de 2002.

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE INDEXAÇÃO PARA BUSCA EM CONTEÚDO DE IMAGENS

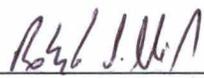
Leonivan Dias Moraes

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

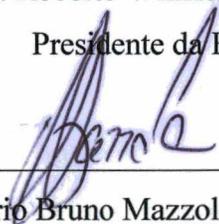


Prof. Fernando A. Ostuni Gauthier, Dr.
Coordenador do curso

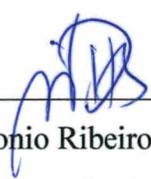
Banca Examinadora:



Prof. Roberto Willrich, Dr.
Presidente da Banca



Prof. Vitório Bruno Mazzola, Dr.
Membro da Banca



Prof. Mário Antonio Ribeiro Dantas, Dr.
Membro da Banca

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família: meu pai Vilmar Moraes que, mesmo não estando presente entre nós, tenho a certeza de que caminha ao nosso lado e nos ajuda em todas as nossas conquistas, à minha mãe Janira Dias Moraes pelas suas constantes lutas e dedicação à nossa família, às minhas irmãs Leonelisa Dias Moraes e Leidiana Dias Moraes. Amo vocês!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nos ilumina em cada passo que damos e nos conduz em tudo que fazemos.

Agradeço ao corpo docente do mestrado da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, que não mediu esforços em suas aulas, aumentando nossa sabedoria e instigando a vontade da busca do aprendizado, sem jamais esquecermos que somos, acima de tudo, humanos. E, em especial, ao Professor Dr. Vítório Bruno Mazzola, que se mostrou um grande amigo e excelente profissional.

Ao professor Dr. Roberto Willrich, o meu mais sincero agradecimento, por todos os momentos em que dispensou sua atenção para que juntos conseguíssemos elaborar este trabalho. Professor Roberto, tenha a certeza de que foste uma pessoa muito importante nesta minha caminhada além de um grande amigo.

Aos meus amigos da Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen/RS, amigos que me remetem a boas recordações as quais carrego com muito carinho e muita saudade.

A todos meus colegas de caminhada e de mestrado, em especial a Valmor, Elisa, Débora e Letícia.

Ao cidadão e grande amigo Getúlio Boscardin, que muito me ajudou para que conseguisse meu primeiro emprego e, com sua simplicidade, obteve grandes conquistas na política.

Aos amigos que “dividiram” o apartamento comigo na cidade de Frederico Westphalen/RS, Neimir, Cristiano, Fábio, Alexandre, Júnior e Rodrigo, a vocês meu agradecimento pelos vários momentos de alegria e de grande amizade.

À FACSUL – Faculdade do Sul de Mato Grosso – Rondonópolis/MT, instituição onde trabalho atualmente e que muito me ajudou para conclusão deste trabalho.

A minha família que, só pelo fato de existir, já me dá forças para lutar e vencer os obstáculos impostos pela vida.

“A felicidade às vezes é uma bênção, mas geralmente é uma conquista.”

Paulo Coelho

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise de métodos de indexação de imagens utilizando os atributos cor, forma e textura e elabora uma análise dos resultados apresentados pelos motores de busca. Nas análises, dois tipos de imagens utilizadas como exemplos para a realização da busca, a primeira, gerada via software, apresenta cores e formas homogêneas e pouca presença de textura, a segunda, cores e formas heterogêneas e texturas bem definidas. Com a separação das análises foi possível discriminar quais os atributos que apresentam melhor desempenho no processo de busca, disponibilizando ao usuário informações que possibilitam um embasamento teórico para auxílio quando na efetiva escolha do atributo adequado para realização da busca nas coleções de imagens das bibliotecas digitais. Para a realização dos processos de pesquisa foram utilizados os motores de busca e a base de dados de imagens da ferramenta *Excalibur VisualRetrievalWare*.

Palavras-chave: Biblioteca Digital; Indexação de Imagens; Busca Através do Conteúdo.

ABSTRACT

This document presents the images indexation methods using color, shape and texture attributes and elaborates a review of the results presented by the search engines. On this reviews, two sort of images were used to do the searches as example images, the first one, generated by software, presents homegenous colors and shapes and few texture presence, the second one, heterogeneous colors and shapes and defined textures. With the separation of the analysis was possible discriminate which attribute presents the best perfomance on the search process, making available informations to users that permit a theoric foundation to help on the effective choice of the best attribute to do the searches on the image collections of the digital library. In order to achieve the search processes was used the searches engines and the image data base from the tool Excalibur/Visual/Retrieval/Ware.

Keywords: Digital Library; Images Indexation; Query by Content.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2. BIBLIOTECAS DIGITAIS	4
2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE BIBLIOTECA DIGITAL.....	5
2.2. DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA BIBLIOTECA DIGITAL.....	7
2.3. PONTOS IMPORTANTES NA IMPLEMENTAÇÃO DA BIBLIOTECA DIGITAL.....	7
2.3.1. AQUISIÇÃO, DESENVOLVIMENTO DE COLEÇÕES E COMUTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.3.2. O USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....	10
2.3.3. ACESSO REMOTO AOS DOCUMENTOS.....	11
2.3.4. CATALOGAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E INDEXAÇÃO.....	11
2.4. CONCLUSÃO.....	13
3. TRABALHANDO COM IMAGEM	15
3.1. PROCESSO DE FORMAÇÃO DA IMAGEM.....	15
3.2. COMPOSIÇÃO DA IMAGEM.....	19
3.3. RESOLUÇÃO ESPACIAL.....	19
3.4. IMAGENS DIGITAIS.....	21
3.4.1. CONCEITOS SOBRE IMAGENS DIGITAIS.....	21
3.4.2. PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO DA IMAGEM.....	21
3.4.3. FORMATO DE ARQUIVOS DE IMAGENS.....	25
3.4.4. COMPRESSÃO DE IMAGENS.....	26
3.4.4.1. VISÃO GERAL.....	26
3.4.4.2. COMPRESSÃO SEM PERDAS.....	27
3.4.4.3. COMPRESSÃO COM PERDAS.....	29
3.4.4.4. OUTRAS TÉCNICAS DE COMPRESSÃO DE IMAGENS.....	30
3.5. PROCESSO DE INDEXAÇÃO DE IMAGENS.....	30
3.5.1. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.....	30
4. INDEXAÇÃO DE IMAGENS	34
4.1. CONCEITO DE INDEXAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS.....	35
4.2. INDEXAÇÃO DE IMAGENS CONSIDERANDO OS ATRIBUTOS COR, TEXTURA E FORMA.....	39
4.2.1. INDEXAÇÃO BASEADA EM COR.....	39
4.2.2. INDEXAÇÃO BASEADA EM TEXTURA.....	41
4.2.3. INDEXAÇÃO BASEADA EM FORMA.....	43
4.3. SISTEMA <i>EXCALIBUR VISUAL RETRIEVALWARE</i>	44
4.3.1. INTERFACE DO SISTEMA <i>EXCALIBUR</i>	46
4.3.2. CARACTERÍSTICAS DA COLEÇÃO DE IMAGENS DO <i>EXCALIBUR</i>	47
5. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE INDEXAÇÃO PARA BUSCA EM CONTEÚDO DE IMAGEM	49
5.1. BUSCA UTILIZANDO IMAGENS GRÁFICAS GERADAS POR COMPUTADOR.....	50
5.1.1. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “COR”.....	51
5.1.2. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “FORMA”.....	53
5.1.3. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “TEXTURA”.....	55
5.1.4. BUSCA ATRAVÉS DAS CARACTERÍSTICAS “COR”, “FORMA” E “TEXTURA” SIMULTANEAMENTE.....	57
5.2. BUSCA UTILIZANDO IMAGENS CAPTURADAS POR CÂMERAS FOTOGRÁFICAS.....	60
5.2.1. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “COR”.....	62
5.2.2. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “FORMA”.....	65
5.2.3. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “TEXTURA”.....	67
5.2.4. BUSCA ATRAVÉS DA CARACTERÍSTICA “COR”, “FORMA” E “TEXTURA” SIMULTANEAMENTE.....	69

5.3. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS NOS PROCESSOS DE BUSCA	72
5.4. CONCLUSÃO.....	73
6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

Lista de Figuras

Figura 2: Componentes da radiação proveniente da fonte de energia	17
Figura 3: Exemplo de Sensores em câmeras fotográficas digitais: CDD Linear e CCD Array.....	19
Figura 4: Sistema de Aquisição de Informação e Informação Adquirida.....	20
Figura 5: Representação da divisão da imagem em pixels	22
Figura 6: Ampliação de região da imagem para visualização dos pixels	23
Figura 7: Luminância visual e valor do <i>brightness</i> do pixel.....	23
Figura 8 – Etapas do Processamento Digital de Imagens.	33
Figuras 9 e 10: Representam as características visuais cor, textura e forma	35
Figura 11: Diagrama para recuperação de informação baseada no conteúdo (RIBC) visual.....	38
Figura 12: tela de interface do software Excalibur.....	47
Figura 13: Imagem gráfica exemplo para busca na base de dados de imagens	50
Figura 14: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor	52
Figura 15: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da forma	54
Figura 16: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da textura	56
Figura 17: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor, forma e textura	58
Figura 18: Imagem fotográfica exemplo para busca na base de dados de imagens	61
Figura 19: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor.	63
Figura 20: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da forma.	66
Figura 21: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da textura.	67
Figura 22: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor, forma e textura.	70
Figura 23: Demonstração de objetos semelhantes nas imagens apresentadas como resultado do processo de busca associativa	71

Lista de Tabelas

Tabela 1: Biblioteca Tradicional versus Digital.....	6
Tabela 2: Evolução das velocidades de transmissão de dados.....	10
Tabela 3: Espaço ocupado pela Resolução de Cores.....	25
Tabela 4: Etapas do Sistema de Processamento de Imagens	31
Tabela 5: Atribuição de percentual de similaridade para os intervalos de opções de consulta na interface do programa <i>Excalibur</i>	45
Tabela 6: Tabela resumo das análises.....	72

1. INTRODUÇÃO

Os gregos se esforçaram para construir uma biblioteca e conseguiram reunir mais de 500.000 volumes na cidade de Alexandria. Segundo a tradição, todos os mercadores que passassem por lá deveriam colocar seus papiros à disposição para cópia (LANCASTER, 1992). Surgiram assim as bibliotecas que, desde a sua criação até hoje, são os maiores centros de informações do mundo guardando itens valiosos, considerados atualmente como símbolo de poder – a informação –. Porém, à medida que o tempo vai avançando, novas mudanças são exigidas das organizações para que se acompanhe o processo evolutivo (CUNHA, 1999).

Em todas as épocas, as bibliotecas sempre foram dependentes de tecnologia da informação. A passagem do manuscrito para a utilização de textos impressos, o acesso à base de dados bibliográficos armazenados em grandes bancos de dados, o uso do *CD-ROM* como forma de armazenamento de grande quantidade de informação, utilizando-se da multimídia para exposição de seu conteúdo, bem como o advento da biblioteca digital no final dos anos 90, demonstram que, nos últimos 150 anos, as bibliotecas sempre acompanharam e venceram os novos paradigmas tecnológicos (CUNHA, 1999).

As bibliotecas sempre estão entre as primeiras instituições a adotar Sistemas de Recuperação de Informações (*SRI*). Na primeira geração, tais sistemas consistiam basicamente na automação de tecnologias existentes, como catálogos, por exemplo, e permitiam pesquisas baseadas no nome do autor e no título. Na segunda geração, aumentaram-se as funcionalidades de busca nas quais foram adicionadas pesquisas utilizando palavra-chave, assunto e algumas funcionalidades mais complexas. Na terceira e atual geração, está se enfocando a busca pela otimização das ferramentas, na tentativa de obter uma maior quantidade de informação de acordo com o contexto de pesquisa desejado pelo usuário.

Com a evolução dos meios de comunicação, e por conseqüência, da Internet, a gama de informação disponível é tão expressiva que, para os usuários se “encontrarem”

ou se “perderem” nesse universo virtual, fica muito fácil. Segundo (LEVACOV, 1998), apesar das incontáveis ferramentas de recuperação de informação existentes na rede, como os *search engines* – motores de busca –, catálogos e guias, tais informações não apresentam uma organização que permita aos pesquisadores e usuários obterem resultados capazes de atender fielmente às suas necessidades.

Como o desenvolvimento de bibliotecas digitais vem ganhando espaço na pesquisa envolvendo o uso e recuperação de informações, sendo um novo campo de possibilidade à cultura e um espaço de informação disponível atualmente pela rede de computadores, ela vem ampliando os serviços da biblioteca tradicional e aproveitando as potencialidades do armazenamento e comunicação digital para desenvolver serviços mais otimizados e customizados, promover acesso e utilização de informação multimídia, reduzir as barreiras da distância geográficas e/ou organizacionais e o tempo no acesso à informação.

É notório que a informação visual e imagens em suas diferentes formas sempre foram preferidas como uma maneira eficiente de representar e comunicar informação, em relação ao texto alfanumérico. Com a concretização do paradigma “biblioteca digital”, viabilizando a inserção de grande quantidade de imagens nas coleções desse novo formato de biblioteca e o enorme crescimento e popularidade da *Web* que tornou possível o acesso público a uma gigantesca quantidade de informação visual, tem-se que criar, comparar e implementar poderosas ferramentas para analisar, catalogar e recuperar informação visual automaticamente, satisfazendo as reais necessidades de busca dos seus usuários.

1.1 Objetivos

Esta dissertação tem por objetivo auxiliar o usuário na compreensão do processo de indexação de imagens, fornecendo-lhe parâmetros para melhorar os resultados apresentados pelos motores de busca, quando da realização da busca por imagens através do conteúdo nas coleções das bibliotecas digitais. A apresentação dos resultados e a análise elaborada constituem a maior contribuição desta dissertação.

Para atingir esse objetivo, primeiramente é demonstrado todo processo de formação, captura, digitalização e compressão da imagem para inserção nas coleções. Na seqüência são conceituados os atributos cor, forma e textura, os quais serão utilizados como parâmetro para realizar o processo de indexação das imagens. Para a elaboração das análises das formas de indexação, foram escolhidos dois tipos de imagens exemplo. Uma gerada por computador com características gráficas e outra capturada via câmera fotográfica, com características naturais. A seleção dessas duas imagens contendo atributos diferentes, contribuiu para obtenção de um melhor resultado no processo de elaboração da análise das imagens selecionadas pelos motores de busca.

1.2 Organização da Dissertação

A estrutura do trabalho está assim implementada: no capítulo 2, apresenta-se a evolução dos conceitos de bibliotecas, bem como a contextualização de bibliotecas digitais e os itens necessários para sua criação, implementação e manutenção. O capítulo 3 demonstra a forma de representação e processamento da imagem digital. No capítulo 4, apresentam-se os conceitos das formas de indexação das imagens considerando os atributos cor, textura e forma. No capítulo 5 é elaborada a análise dos resultados fornecidos pelos motores de busca da ferramenta *Excalibur*. No 6, é apresentada a conclusão e sugestões para trabalhos futuros. Ao final são fornecidas as referências bibliográficas que foram utilizadas para elaboração do texto e conhecimentos gerais acerca dos assuntos envolvidos.

2. BIBLIOTECAS DIGITAIS

Falar de bibliotecas digitais, tanto quanto de redes de comunicação é esbarrar em uma questão básica: quem são os atuais usuários da rede e dos sistemas de informação? Como e por que os estão utilizando? Quais suas características? E, principalmente, como projetar sistemas e serviços que efetivamente satisfaçam a atual demanda?

Estudos recentes sobre o uso das atuais tecnologias emergentes têm evidenciado que a tendência de comportamento dos usuários é buscar, cada vez mais, serviços:

- a) interativos, ou seja, que utilizem todos os recursos tecnológicos disponíveis para estimular e promover a participação da clientela, tanto na utilização como na produção e avaliação das informações a serem inseridas nos próprios serviços de informação que lhe estão sendo oferecidos;
- b) personalizados e contextualizados, o que significa: serviços comprometidos com grupos específicos de comunidades, tratando de identificar suas necessidades intrínsecas, "customizando", ou seja, personalizando produtos e serviços em função de pessoas ou grupos, e ainda tratando de contextualizar a informação (fornecer elos de compreensão para o usuário);
- c) relevantes com valor agregado, isto é, que venham ao encontro das expectativas e conveniências do consumidor, sendo muito questionada a vital importância da manutenção de diálogos constantes entre provedor e consumidor de informações.

Uma análise destes três aspectos nos leva a repensar sobre o próprio conceito de informação. Vale refletir que qualquer informação só tem sentido quando integrada a algum contexto. A informação por si só se constitui em um dado incompleto, é o indivíduo que lhe atribui sentido a partir de suas experiências passadas e interesse futuro.

O ser humano raramente busca informação com um fim em si mesmo. Ao contrário, ela é parte de um processo de tomada de decisão, solução de problemas e/ou alocação de recursos. Portanto, qualquer tentativa de descrever padrões de busca de informação deve admitir o indivíduo como o centro do fenômeno e considerar a visão, necessidades, opiniões e problemas desse indivíduo como elementos significantes e influentes que merecem investigação, quer seja para o desenvolvimento de produtos e serviços em ambiente eletrônico, ou não.

As tecnologias emergentes oferecem oportunidades para melhorar o gerenciamento de informações, os serviços e a colaboração interna e externa, bem como proporcionam serviços de acordo com a conveniência e expectativa dos usuários, traduzindo sua consulta em informações relevantes.

2.1. Evolução do Conceito de Biblioteca Digital

A biblioteca tradicional é aquela onde a maioria dos itens do seu acervo é constituída de documentos em papel. Ela existe desde a invenção da escrita. Uma característica da biblioteca tradicional é que tanto a coleção quanto seu catálogo utilizam o papel como suporte de registro da informação. Todavia, no final do século XIX, houve uma grande revolução na biblioteca com a introdução do catálogo em fichas e o abandono do catálogo sob a forma de livro.

A biblioteca digital também é conhecida como biblioteca eletrônica, biblioteca virtual (quando utiliza os recursos da realidade virtual), biblioteca sem paredes e biblioteca conectada a uma rede (*on-line*). Sendo assim, podemos observar que, em se tratando de princípios de uma biblioteca digital, utiliza-se essa denominação “biblioteca”, devido ao provimento dos mesmos tipos de serviços que uma biblioteca tradicional, tais como servir como fonte de informações, coleções e serviços (MIKSA, 1995), implicando um novo conceito para a armazenagem da informação (forma eletrônica) e para sua disseminação (independentemente de sua localização física ou do horário de funcionamento). Assim, nesse contexto conceitual estão embutidas a criação, aquisição, distribuição e armazenamento de documento sob a forma digital e em

diferentes mídias: imagens, vídeo, áudio, textos, mapas, jogos etc. As bibliotecas digitais diferem dos catálogos *on-line* pelo fato de que nessas a pesquisa e recuperação da informação são restritas a dados alfa-numéricos, enquanto que em uma biblioteca digital ocorrem consultas a dados multimídia, como recuperação baseada em conteúdo e recuperação textual. Algumas questões novas surgem com as bibliotecas digitais como, por exemplo, questões relativas à interface, à cobrança dos dados, à segurança, aos direitos de propriedade, direitos de reprodução, direitos de transmissão ao público etc.

As principais diferenças entre a biblioteca tradicional e a biblioteca digital são elencadas na tabela 1.

Tabela 1: Biblioteca Tradicional versus Digital

Bibliotecas tradicionais	Bibliotecas digitais
Coleção física	Coleção digital
Número limitado de recursos	Número ilimitado de recursos
Necessita de infra-estrutura física	Ambiente computacional ligado à Internet
Vários funcionários	Poucos funcionários
Número limitado de usuários	Número ilimitado de usuários
Horário de funcionamento limitado	Sem restrição de horário
Regras de segurança definidas	Segurança mais complexa de implementar
Acesso geograficamente restrito	Acessível em qualquer lugar do mundo
Possui conceito de reserva de documento	Não há reserva
Um único usuário do documento	Vários usuários de um documento simultaneamente
Deve ser proprietária do documento	Não necessita ser proprietária do documento
Modelo de cobrança simplificado	Modelo de cobrança mais refinado
Não há provimento de informação <i>on-line</i>	Informação provida <i>on-line</i>
Simple consulta ao acervo	Existência de Sistemas de Recuperação de Informação baseada em pré-definições do usuário

2.2. Desafios na Construção de Uma Biblioteca Digital

Nos últimos anos, a mudança tecnológica tem sido cada vez maior num espaço temporal cada vez menor. Esse novo fato colocou a biblioteca num período de transição, e decisões precisam ser tomadas sobre qual equipamento comprar, quais os sistemas computacionais que deverão ser adotados e assim por diante. Ela deve enfrentar também outras inquietudes, por exemplo: ainda existirão livros no futuro? Devem-se continuar a assinar periódicos impressos, em *CD-ROM* ou aguardar o periódico totalmente eletrônico? Essas e outras indagações não podem ser respondidas com certeza absoluta, pois a biblioteca está num momento de transição, passando de uma organização totalmente ligada ao material impresso para outra onde tudo, ou quase tudo, será armazenado sob a forma digital.

2.3. Pontos Importantes na Implementação da Biblioteca Digital

2.3.1. Aquisição, Desenvolvimento de Coleções e Comutação Bibliográfica

Diferentemente do passado, agora chegou o momento de pensar além de como os documentos são adquiridos e processados e começar a integração, em larga escala, das fontes eletrônicas aos acervos e serviços da nova biblioteca. A partir deste momento dois conceitos entrarão, paulatinamente, em desuso. São eles: as fontes impressas e a propriedade do acervo. Com a introdução do *CD-ROM*, no final dos anos 80, coleções de periódicos, diretórios e enciclopédias passaram a estar disponíveis tanto em papel como em meio digital. Nos últimos anos, determinados títulos de periódicos tornaram-se acessíveis somente através do computador – são os chamados periódicos eletrônicos. Esse acervo digital, a princípio, era disponível somente por meio de uma estação de trabalho, depois também via rede local; agora, com os projetos de bibliotecas digitais, começam a estar acessíveis a todos, por meio da Internet.

Determinados itens demandados pelos usuários estarão armazenados em outras bibliotecas digitais e, nem sempre, estarão disponíveis sem custo. As bibliotecas digitais

requererão dos usuários mais autorizações e pagamentos para os detentores dos direitos autorais numa maneira que nunca foi imaginada no mundo não digital. Os direitos e o gerenciamento dos direitos autorais estarão interligados para possibilitar o acesso autorizado às informações sob diferentes formas, criadas sob diversos sistemas de propriedade intelectual, por exemplo, *e-book*, impressos, vídeos, som, imagens etc. Assim, haverá necessidade de pagamento pelo acesso e transmissão da informação e esses custos poderão ser subsidiados, total ou parcialmente, pela biblioteca, ou pagos integralmente pelo usuário. De qualquer forma, o processo *pay-per-view* será algo parecido com a assinatura de televisão a cabo, em que o usuário paga antecipadamente pelo filme que desejar ver. A transmissão do pedido do documento demandado e o pagamento das respectivas taxas serão feitos de forma eletrônica. Portanto, deverão ser implantados módulos ágeis e confiáveis de cobrança e controle financeiro das transações solicitadas pelos usuários. O recebimento do item solicitado pelo usuário poderá ser feito pelo próprio interessado e/ou colocado à disposição de toda a clientela daquela biblioteca no caso de item de grande procura, podendo vir sob a forma de um documento impresso, arquivo transferido via Internet, *CD-ROM*, disquete e em outros meios digitais.

É possível também que haja uma fusão administrativa entre os setores de aquisição e de comutação de informações, pois, a partir de agora, a ênfase será na organização e reempacotamento e distribuição da informação.

Na implantação de coleções digitais, muitas bibliotecas procuram, no ambiente externo, fontes de informação que poderão ser úteis para seus usuários. Outras selecionam documentos isentos de direitos autorais, digitalizam seus conteúdos e os colocam à disposição de sua comunidade. Essas ações demonstram que muitas bibliotecas digitais continuarão a prover novas e especializadas coleções construídas de acordo com políticas de desenvolvimento de coleções bem definidas.

Nesse próximo cenário, algumas modificações poderão ocorrer no ambiente bibliotecário. São elas:

- a) Variedade de formatos: o especialista em desenvolvimento de coleções precisará considerar os diversos formatos, desde o impresso, como também arquivos bibliográficos, arquivos de textos completos, arquivos numéricos, multimídia e programas aplicativos.
- b) A biblioteca como conceito abstrato: a nova biblioteca existirá mais como um conceito abstrato e não tanto como uma realidade física. O desenvolvimento de coleções privilegiará as necessidades dos usuários e não a completeza dos assuntos. Para atender a essas novas necessidades, serão utilizados não somente os recursos documentários locais, mas, principalmente, o acervo virtual acessível via comutação bibliográfica, consórcios, rede e vendedores comerciais. As tarefas típicas do futuro especialista em desenvolvimento de coleções não de incluir, também, as funções relativas às atividades de fazer hiperligações para mapear os recursos informacionais externos, implementando bibliotecas digitais em nível global.
- c) Pagamento da informação: a possibilidade de pagamento pelo acesso deverá ser uma rotina. Além disso, será necessário conhecer os detalhes relativos às novas modalidades de contratos para se poder acessar a informação externa.
- d) Esforços cooperativos: para se reduzir os custos advindos da duplicação de acervos eletrônicos, em diversas universidades haverá campo propício para ações cooperativas mediante convênios. A coleção local não mais será o foco primário de atenção. O compartilhamento de recursos será uma ação crítica, e a comutação bibliográfica passará a ser uma função essencial na nova estrutura da biblioteca digital.
- e) Novas mídias e equipamentos: para otimizar o uso do documento digital será necessário maior conhecimento de hardware e software por parte dos técnicos de desenvolvimento de coleções.

2.3.2. O Uso da Tecnologia da Informação

Nos últimos anos, com o aumento da velocidade de processamento das Unidades Centrais de Processamento (*CPU's*), com o incremento das velocidades de transmissão de dados (conforme a tabela 2) e redução drástica nos custos das memórias de massa, a biblioteca digital também conseguiu aumentar seus métodos computacionais para inserção e recuperação da informação (CUNHA, 1999).

Tabela 2: Evolução das velocidades de transmissão de dados

Velocidade	Equipamento
110 bps	Telex tradicional (anos 50)
150 bps	Telex (1969)
300 bps	Modem (anos 70)
1200 bps	Modem (final dos anos 70)
2400 bps	
4800 bps	
9600 bps	
14.4 Kbps	
19.2 Kbps	
28.8 Kbps	
33.6 Kbps	
56 Kbits	Modem (1997)
128 Kbits	ISDN (Integrated Services Digital Network)
155 Mbits	ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Até o momento inexitem sistemas de biblioteca digital completos, nos quais seja possível implementar todas as fases de um projeto sem grandes preocupações por parte das instituições. Esses sistemas estão sendo produzidos e estão muito aquém do esperado para prover qualidade nos serviços oferecidos.

2.3.3. Acesso Remoto aos Documentos

O aumento da velocidade de transmissão de dados e o crescimento de acervos digitais (hospedados em bibliotecas digitais e/ou arquivos eletrônicos das editoras/fornecedores) facilitaram a rápida identificação e acesso à informação integral do documento. Existe um custo associado ao pedido de informações em grandes volumes. Para dirimir esse custo, deverão ser implementadas políticas para acesso remoto de modo a evitar a duplicação das coleções, ou seja, utilizar uma arquitetura centralizada, em que os objetos digitais (informações digitalizadas) que compõem as coleções possam ser armazenados em servidores distintos, mas o gerenciamento e a busca centralizados em um único servidor (WILLRICH, 2000).

Para tanto será necessário efetuar o compartilhamento de informações na forma de um banco de dados único, porém distribuído fisicamente, dentre as várias instituições.

2.3.4. Catalogação, Classificação e Indexação

À medida que a informação digital se expande, as bibliotecas enfrentam os desafios de prover fácil acesso desses documentos a seus usuários. Além dos *CD-ROM's*, agora é necessário utilizar arquivos de texto completo de periódicos, imagens digitais, dados numéricos e multimídia. O setor de processamento técnico é desafiado a prover novos meios de descrever o registro e o conteúdo de itens com estruturas informacionais e manipulação bem diferentes daquelas tradicionalmente arroladas pelo controle bibliográfico.

Com o advento da Internet, surgiram novos tipos de documento que devem ser processados pelos serviços técnicos. São, por exemplo, as *home-pages*, os periódicos eletrônicos, imagens, vídeos, dados multimídias etc.

Esses recentes tipos de documentos estão provocando a criação de novos padrões para a perfeita descrição dos formatos e melhora dos requisitos para seus acessos e usos. As normas contidas no Código de Catalogação Anglo-Americano (AACR-II) e no

formato Marc¹ mostram-se insuficientes para atender às novas necessidades técnicas. Assim, os catalogadores, além de conhecer seus instrumentos de trabalho, também necessitam dominar modernos instrumentos, como metadados e marcação de textos. A catalogação e a classificação dos recursos digitais devem levar em conta a natureza dinâmica desses materiais. Tanto as normas de catalogação quanto os catalogadores deverão estar preparados para lidar com esses documentos.

Como se pode depreender, ainda existirá a tarefa de se fazer catalogação original, tanto para itens impressos como para os digitais. Entretanto, essa tarefa provavelmente ficará restrita às grandes bibliotecas. Nas menores, será feito o *download*² do registro catalográfico para o catálogo local, o qual terá os *links*³ para as bibliotecas hospedeiras dos documentos digitais.

Com a possibilidade de a biblioteca digital poder ser acessada dos diversos continentes, ela tornou-se, de fato, uma instituição internacional. Em decorrência disso e visando melhorar a qualidade da recuperação da informação por parte de sua clientela potencial, o processamento técnico começa a sentir a necessidade de indexar os documentos em diversas línguas – preferencialmente na língua local e inglesa. Isto implicará alterações no perfil dos técnicos lotados nos setores de processamento técnico, como também nos instrumentos de indexação utilizados.

O armazenamento digital amplia as possibilidades de pontos de acesso a um determinado documento. Nos sistemas manuais tradicionais e mesmo nos catálogos automatizados produzidos até o final da última década, existia uma limitação de campos e de memória de massa para se descrever um item documental. Essas limitações faziam com que as descrições ficassem restritas a dados sobre o autor, título e alguns cabeçalhos de assunto. Com a automação das bibliotecas, as antigas limitações foram espetacularmente reduzidas. Muitos dos sistemas de recuperação de imagens, vídeo,

¹ Marc: A sigla MARC significa catálogo lido por máquina (MACHine Readable-Cataloging), é um padrão de formato de arquivo orientado a caracteres para guardar as informações do registro de uma obra. Este formato foi desenvolvido na década de 60, e ainda hoje é utilizado em sistemas de bibliotecas de todo o mundo.

² Download: ato de copiar alguma informação de um computador remoto para um computador local.

³ Links: ligações

áudio e outros objetos não-textuais incluem motores de busca que independem desses antigos indexadores.

Outro aspecto a ser abordado é a mudança do paradigma da unidade representativa da informação. Até então, a unidade primária de informação era, por exemplo, um livro, e não os seus capítulos. Agora, com uma coleção digital heterogênea, a representação do conteúdo desce a detalhes inimagináveis, podendo ser um mapa, uma imagem, um filme, um slide, um capítulo ou mesmo um verbete de uma obra de referência. A política de indexação seguida pela biblioteca digital é que irá delinear quais os níveis de representação da informação que serão adotados num determinado acervo. Obviamente, essas decisões terão consideráveis implicações na representação do conteúdo a ser utilizada com reflexos no tamanho do arquivo e nos mecanismos de busca.

2.4. Conclusão

Foram vistos até agora diversos aspectos relacionados à tecnologia da informação e suas implicações nas bibliotecas tradicionais e digitais. Entretanto, há um aspecto importante que se deve destacar: o usuário da informação. O que o usuário quer? A resposta é simples: informação rápida e relevante. Relevante, em primeiro lugar, e rápida, se possível!

Para ele, em seu sistema natural, a resposta se dá mediante um estímulo (pergunta) que aciona o mecanismo de processamento e resposta do sistema. Quando acionado, passa a processar as informações armazenadas. O processamento se dá através da análise, seleção, comparação lógica e classificação dessas informações, reagindo com uma resposta conforme os padrões definidos pelo estímulo. (OLIVEIRA, 1998).

Com o processo de busca por imagens nas coleções das bibliotecas digitais não é diferente. O processamento sistêmico, no qual o usuário escolhe uma imagem exemplo e os graus de similaridades com as imagens da coleção, faz com que o sistema processe a solicitação efetuando a busca e retornando as imagens selecionadas.

Com o intuito de demonstrar as formas de busca baseadas em cor, textura e forma, este trabalho analisa, nos capítulos seguintes, desde o processo de formação e aquisição da imagem até o processamento e análise das buscas nas coleções de imagens das bibliotecas digitais.

3. TRABALHANDO COM IMAGEM

3.1. Processo de Formação da Imagem

Um objeto ou uma cena são definidos como uma entidade bidimensional que emite ou reflete energia radiante. Um fluxo de radiação eletromagnética de uma fonte, por exemplo o sol, ao se propagar pelo espaço pode interagir com superfícies ou objetos, sendo por estes refletido, absorvido ou reemitido. A energia absorvida geralmente aquece o objeto. A refletida é aquela que guarda a informação da interação da energia solar com o objeto.

As variações que estas interações produzem no fluxo considerado dependem fortemente das propriedades físico-químicas dos elementos irradiados. O fluxo resultante constitui uma fonte de informação a respeito daquelas superfícies ou objetos, que podem ser captados por sensores sensíveis àquela faixa de radiação eletromagnética refletida pelo objeto.

O meio físico (por exemplo a atmosfera) por onde as ondas eletromagnéticas se propagam e mais os sensores que as identificam, constituem os chamados sistemas de imageamento. Os exemplos mais conhecidos são: câmera fotográfica com filme, câmera fotográfica digital, câmera de TV, sensores a bordo de satélites entre outros. A imagem é formada pela captura, por sensores, de ondas eletromagnéticas refletidas ou emitidas pelo objeto. A Figura 1 ilustra os estágios envolvidos no processo de imageamento.

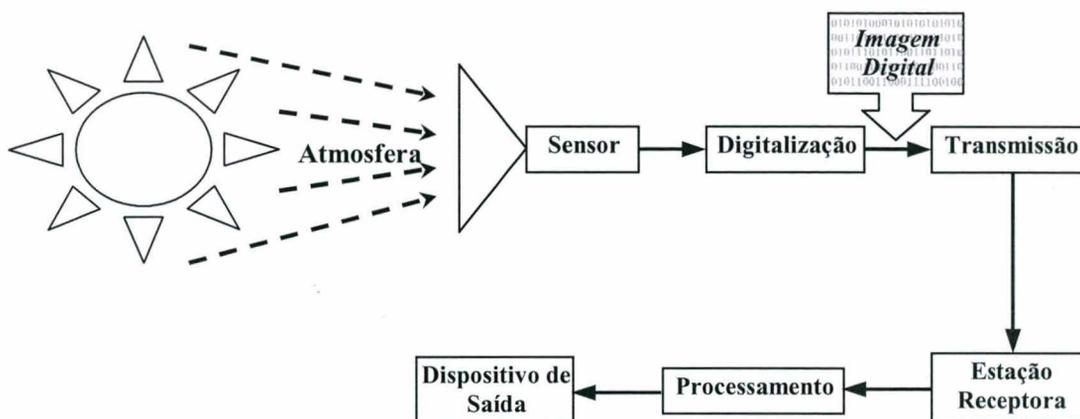


Figura 1: Processo de imageamento

De acordo com a Figura 1:

Atmosfera: durante a fase de aquisição de dados pelos sensores, podem-se distinguir os seguintes elementos básicos: energia radiante, fonte de radiação, objeto (alvo), trajetória e sensor. A figura 2 apresenta estes elementos e exemplifica os vários caminhos que a radiação eletromagnética pode tomar antes de atingir o sistema sensor.

O sinal coletado pelo sensor, na maioria das vezes, é a radiação proveniente do sol que interage com a atmosfera até atingir o alvo e retorna ao sensor interagindo novamente com a atmosfera. Na verdade, o que é captado pelo sensor é a energia aparente do objeto. Isso faz com que o contraste da cena, definido como a razão entre os níveis de cinza médio do objeto e do fundo, seja reduzido. Dessa forma, pequenas variações de radiometria⁴ tornam-se difíceis de serem detectadas.

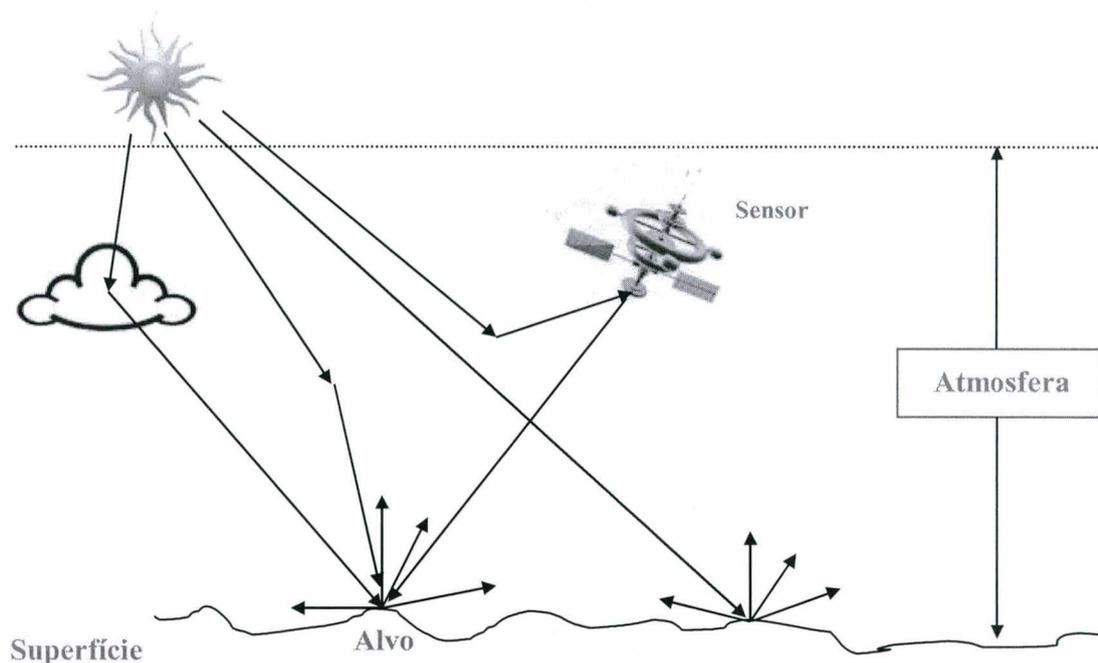


Figura 2: Componentes da radiação proveniente da fonte de energia

Sensor: é um sistema de aquisição de uma cena (objeto que emite radiação). Um sistema sensor possui um sistema óptico que é responsável pela formação da imagem óptica no plano focal, onde está um conjunto de detectores. Estes detectores recebem a energia radiante focalizada pela lente e a transforma em sinais elétricos.

Os detectores medem a intensidade da luz incidente. Dependendo da faixa de variação de luz incidente, os sensores responderão proporcionalmente. Na verdade, a resposta do sensor depende não só da quantidade de luz incidente, como também da frequência da luz (comprimento de onda). O armazenamento das interações do objeto com a radiação solar em diferentes porções, ou bandas, do espectro eletromagnético, produz diferentes informações sobre o objeto em questão, conhecidas como informação multiespectral.

A figura 3 mostra o funcionamento do sensor de uma câmera digital, muito similar ao da câmera comum. Existem sistemas, em alguns casos, idênticos aos das

⁴ Radiometria: medição da intensidade de emissão de radiação

câmeras comuns, encarregando-se de capturar e focalizar a imagem em um anteparo sensível à luz, onde a imagem possa ser armazenada. A diferença reside exatamente na armazenagem. No caso da foto comum, isso se dá em um filme que altera sua química em função da exposição à luz.

No caso da fotografia digital, existe um dispositivo eletrônico, conhecido como *Charge-Coupled Device* (CCD), que converte as intensidades de luz incidentes sobre ele em valores digitais armazenáveis na forma de *bits* e *bytes*.

Existem dois tipos básicos de CCD que podem ser utilizados em função da aplicação da câmera.

O CCD linear nada mais é que uma fileira com milhares de elementos fotossensíveis que varrem na câmera a área onde a imagem se forma, capturando a coleção de linhas que a constituem. Esta técnica pode oferecer uma ótima resolução (chega a produzir imagens com 7000 x 7000 pontos), gerando enormes arquivos e gastando um tempo considerável. As câmeras que usam este tipo de CCD geralmente são utilizadas em estúdios fotográficos para fotos estáticas de alta definição. Não são câmeras indicadas para objetos em movimento, e podem apresentar resultados ruins quando se utiliza iluminação piscante, como lâmpadas fluorescentes.

O CCD do tipo *Array* é uma matriz com milhares de elementos fotossensíveis que capturam de uma só vez os pontos da imagem na câmera. Essa técnica é quase equivalente à foto comum no tempo de captura, mas normalmente produz imagens de qualidade inferior às conseguidas com o CCD linear (em geral, produzem fotos com menos de 1000 x 1000 pontos). O motivo é que para se fazer um CCD tipo *Array* com a mesma quantidade de pontos que um CCD linear pode capturar, seria proibitivamente caro. As câmeras que utilizam este tipo de CCD são as mais populares do mercado e apresentam não só preços mais acessíveis, como também facilidade de uso e portabilidade. Embora disponha de muitas facilidades, até o momento não foi produzido nenhum CCD que obtenha a qualidade ou resolução de imagem da fotografia comum.

Sendo assim, a utilização da fotografia digital está vinculada à qualidade necessária na aplicação prática.

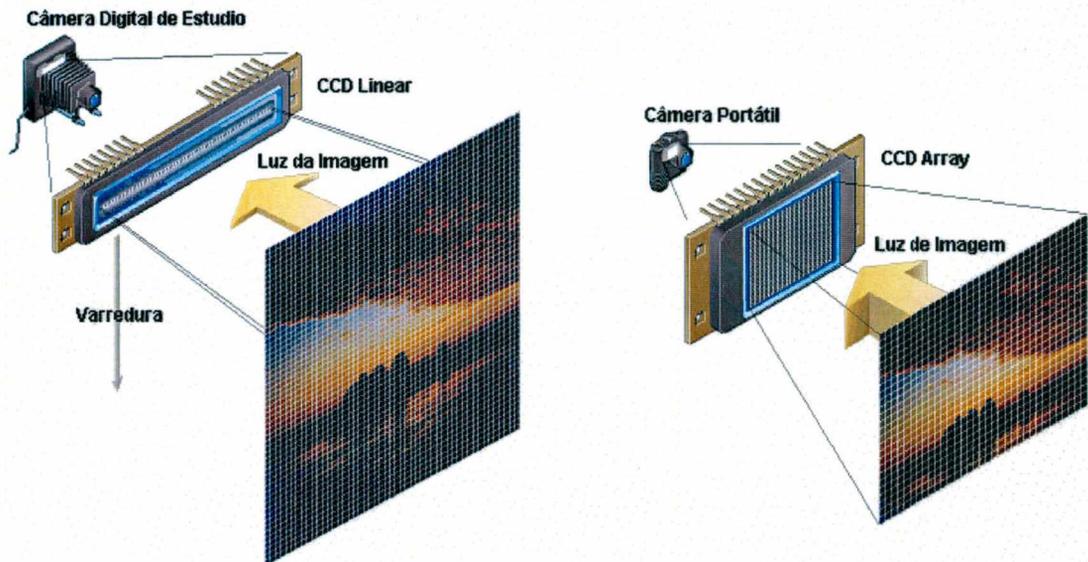


Figura 3: Exemplo de Sensores em câmeras fotográficas digitais: CDD Linear e CCD Array.

3.2 Composição da Imagem

Uma imagem, do ponto de vista perceptual, é composta por elementos principais (figuras) e um cenário (fundo). Imagina-se que as figuras e o fundo são recortados e colados sobre suportes transparentes. A sobreposição destes forma a imagem final.

3.3 Resolução Espacial

A projeção geométrica de um detector na superfície terrestre define a área no solo, geralmente, representado por um elemento na imagem digital e a média da radiância dentro dessa área fornece o valor do nível de cinza de cada elemento na imagem. O ângulo definido por essa projeção é conhecido por *Instantaneous Field of View (IFOV)*. Essa área no solo define a resolução espacial nominal no sistema; quanto melhor a

resolução espacial, maior o nível de detalhes perceptíveis na imagem, pois o sinal de um detector está relacionado à média da energia radiante dentro da área projetada, conforme figura 4.

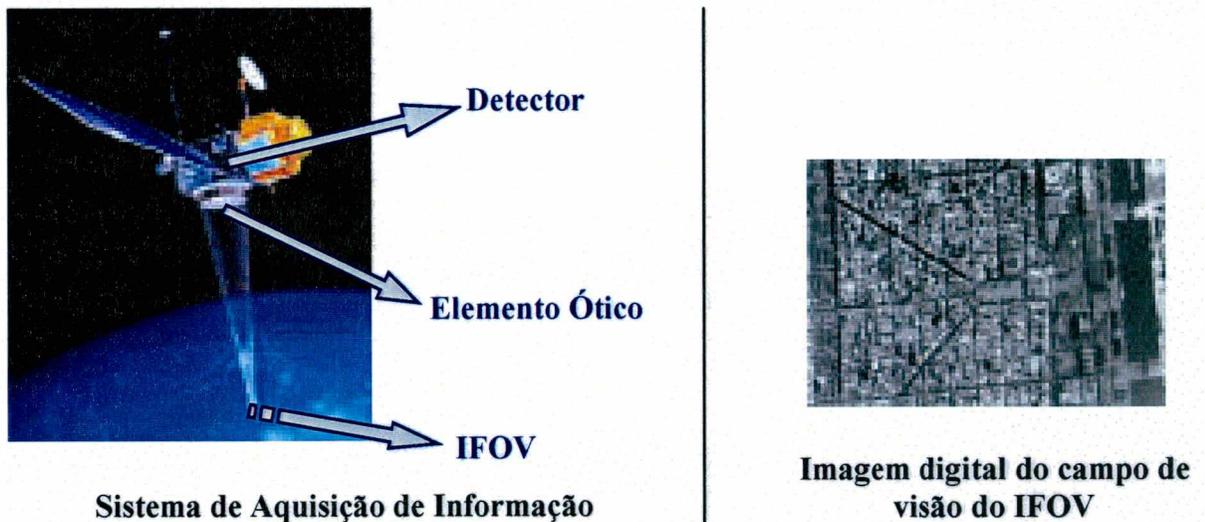


Figura 4: Sistema de Aquisição de Informação e Informação Adquirida

No sentido prático, a resolução espacial descreve “o quanto” de detalhes em uma imagem são perceptíveis ao sistema visual humano. Em imagens geradas por sistemas de alta resolução, podem-se observar pequenos detalhes dos objetos, os quais não são vistos em imagens de baixa resolução espacial. Mesmo para os melhores sensores existe uma limitação da resolução espacial. Uma pessoa que usa óculos pode experimentar o efeito da redução da resolução simplesmente tirando-o. Sem óculos, a pessoa vê os objetos borrados, sem boa definição de forma e detalhes. Então, a habilidade de discriminar detalhes é uma forma de descrever o que é chamado de resolução espacial. Quanto menor o objeto possível de ser visto com boa acuidade na imagem, melhor é a resolução espacial do sensor.

3.4 Imagens Digitais

3.4.1 Conceitos Sobre Imagens Digitais

O termo Imagem Digital refere-se ao processo específico de transformar imagens em dados digitais. A Imagem Digital torna-se mais fácil de ser entendida quando desdobramos o processo de digitalização em captação, armazenamento, manipulação e produto final, em que:

Captação é feita através de um *scanner*, câmera fotográfica digital, sensor de satélite, Internet, Intranet etc., ou seja, é forma pela qual obtém-se a imagem.

Manipulação, dizemos que manipulamos a imagem, quando a otimizamos, isto é, retiramos imperfeições que porventura foram adquiridas, por exemplo: ajuste do brilho e contraste, remoção de “olhos vermelhos”, uso de filtros para aumento de definição, eliminação de manchas e riscos etc.

Armazenamento, consiste em inserir as imagens na forma de arquivo, em dispositivos de armazenamento digital, como *winchesters*, *CD's*, *DVD's*, *ZipDrives*, disquetes, entre outros.

Produto Final, é o estágio da utilização da imagem “pronta” e consiste em: cópias ou ampliações, slides, material para impressão, arquivos para distribuição/visualização em redes de computadores e Internet, montagem em documentos escritos etc.

3.4.2 Processo de Digitalização da Imagem

Qualquer informação armazenada ou processada através do computador é representada pelos dígitos binários 0 e 1, sendo que um bit representa a menor unidade possível de armazenamento.

As imagens não podem ser introduzidas no computador na forma como as vemos. Os computadores são elaborados para trabalharem com números e não imagens. As imagens devem ser convertidas para a forma numérica antes de processadas. Essa conversão é chamada de Processo de Digitalização; abaixo observa-se o esquema de digitalização de uma imagem:

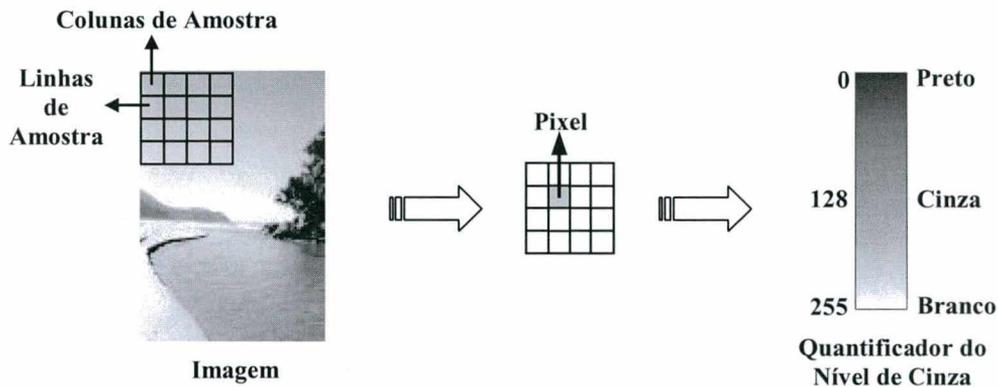


Figura 5: Representação da divisão da imagem em pixels

Na digitalização a imagem é convertida em pequenas regiões chamadas *Picture Element* (ou pixel, abreviadamente), que carrega consigo o valor numérico do Nível de Cinza (NC) que representa. Esse número deve estar dentro de um intervalo finito $(0, K-1)$, onde K é o número de valores possíveis (níveis de quantização) para representar a intensidade da energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor.

Suas formas mais comuns são retangular ou quadrada. O pixel é também um elemento de dimensões finitas na representação de uma imagem digital. Frequentemente, organiza-se a imagem sob a forma de uma matriz de pixels de simetria quadrada, como em um tabuleiro de xadrez. Essa formatação deve-se à facilidade de implementação eletrônica, seja dos sistemas de aquisição, seja dos de visualização de imagens.

Uma imagem digital é discretizada espacialmente, nas coordenadas X e Y do Plano Cartesiano e em luminância, níveis de cinza (JAIN, 1989), conforme figuras 6 e 7.

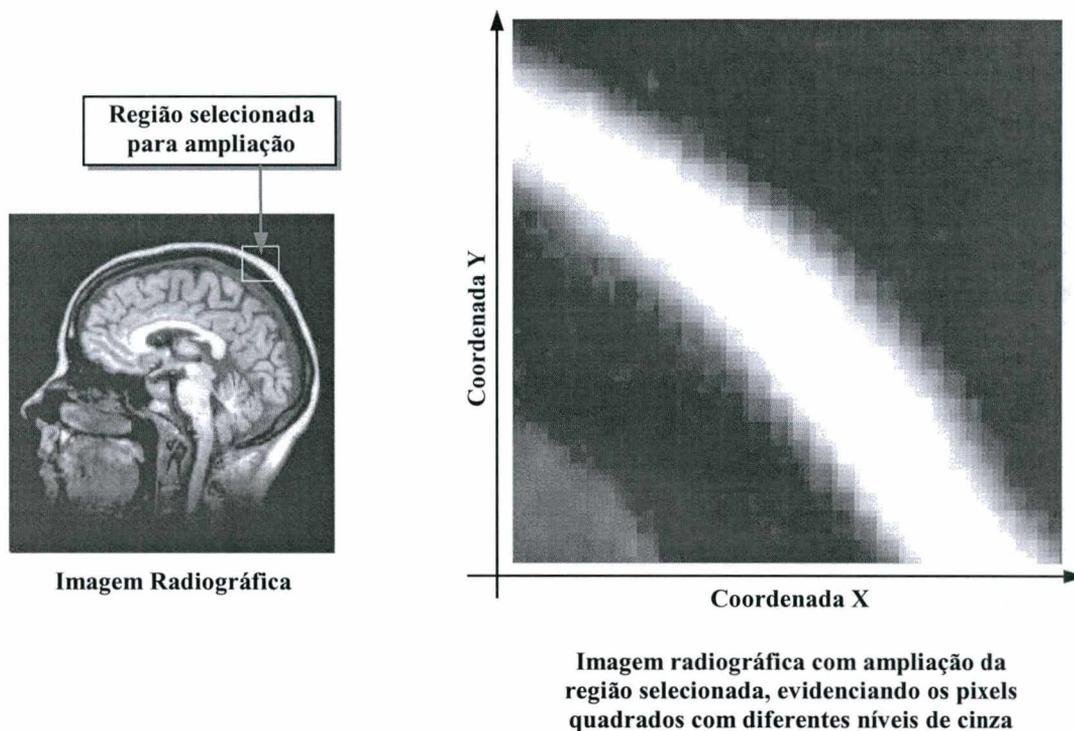
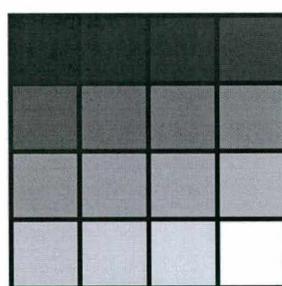


Figura 6: Ampliação de região da imagem para visualização dos pixels
 Fonte: (REVISTA INFORMÁTICA MÉDICA, 1998)

Em cada pixel a imagem é representada pela reflexão da luz medida (*brightness*). O resultado disso é a associação de um número a cada um. Quando esse processo é feito para todos os pixels que representam a imagem, esta passa a ser representada por uma matriz (*array*) de inteiros.



Brightness do pixel

0	16	32	48
64	80	96	112
128	144	160	178
194	210	226	255

Valor do nível de brightness, representado por uma matriz 4x4

Figura 7: Luminância visual e valor do *brightness* do pixel

Após a leitura (digitalização), há basicamente duas maneiras de representar arquivos gráficos. A primeira guarda informações na forma vetorial, indicando, por exemplo, onde começam as linhas e qual sua direção e comprimento. A segunda divide a imagem em uma matriz de pontos, armazenando nos elementos dessa matriz a cor que cada ponto possui (exemplo na figura 7). Tomando como exemplo o processo de leitura utilizado pelos *scanners*, os quais utilizam sempre o segundo método, dependendo do software utilizado, a matriz de pontos lida pode passar por conversões para gerar arquivos do primeiro grupo (como, PS ou WMF), mas a maioria dos softwares salva as imagens apenas em formatos de matriz de pontos (GIF, JPEG, BMP, TIFF, entre outros).

O tamanho dos arquivos gerados pode ser estimado antes de se efetuar o processo de “varredura” pelo *scanner*:

Tamanho = $(X \cdot R) \cdot (Y \cdot R) \cdot C$, em que:

X é a largura da área lida (por exemplo, polegadas)

Y é a altura da área lida (por exemplo, polegadas)

R é a resolução de pontos utilizados (por exemplo, pontos por polegada)

C é a resolução de cores utilizados (por exemplo, *true color* = 24 bits)

Assim, uma fotografia comum de 10 x 15 cm (aprox. 4 x 6 polegadas), lida a 300 dpi (*dots per inch* – pontos por polegada, que define a resolução geométrica da imagem) e resolução de cores de 24 bits ocuparia o seguinte número de bytes:

$$(4 \times 300) \times (6 \times 300) = 2.160.000 \text{ pontos.}$$

A 24 bits por ponto, temos 3 bytes por ponto, o que resulta em:

2.160.000 pontos x 3 bytes = 6.480.000 bytes, que correspondem, aproximadamente 6,18 Megabytes.

A Resolução de Cores define a quantidade de cores diferentes que os pontos da imagem poderão assumir. Uma imagem totalmente em preto e branco necessita de apenas 1 bit (*0* ou *1*) de resolução de cores, pois cada ponto será necessariamente preto ou branco. Uma imagem colorida precisa de mais bits, pois a variedade de cores e

tonalidades poderá ser maior. As resoluções mais comuns são mostradas na tabela abaixo:

Tabela 3: Espaço ocupado pela Resolução de Cores

Resolução	Número de bits	Espaço ocupado por cada ponto
2 cores	1 bit (Preto e Branco)	1/8 de byte
16 tons de cinza	4 bits	0,5 byte
16 cores	4 bits	0,5 byte
256 tons de cinza	8 bits	1 byte
256 cores	8 bits	1 byte
65.536 cores	16 bits (<i>High Color</i>)	2 bytes
16.777.216 cores	24 bits (<i>True Color</i>)	3 bytes

Sendo assim, o tamanho final da imagem é dado aproximadamente pelo número real de pontos multiplicado pelo espaço ocupado por cada ponto. Cada formato de arquivo acrescentará mais ou menos bytes de cabeçalho, paleta de cores etc., mas o principal cálculo é efetuado pela fórmula acima (UNICAMP, 2002).

3.4.3 Formato de Arquivos de Imagens

Muitos formatos diferentes são usados para a representação de imagens em arquivos. O trabalho com imagens em multimídia requer a escolha cuidadosa de um formato adequado para os arquivos de imagem. As seguintes características dos formatos de arquivos de imagens são particularmente importantes (FILHO, 2000):

- **número de cores suportadas:** alguns formatos chegam até 256 cores, enquanto formatos de cor verdadeira chegam a 16 milhões de cores (ver tabela 3);
- **resoluções:** as resoluções suportadas geralmente começam no padrão VGA mínimo de 320 x 200, podendo chegar às resoluções de milhares de linhas, características dos filmes fotográficos;
- **popularidade:** é importante que os formatos sejam de grande difusão e, caso se trabalhe em um ambiente heterogêneo, com várias famílias de computadores, que sejam de padronização aceita pelos vários fabricantes;

- **grau de compressão:** em muitos formatos de arquivo de imagem, o mapa de pixel sofre algum tipo de compressão, que permite reduzir consideravelmente o tamanho dos arquivos.

Alguns formatos comuns para imagens estáticas são:

- **PCX**, usado por aplicativos gráficos mais antigos, principalmente DOS;
- **GIF**, usado para distribuição comercial de imagens com compressão sem perdas;
- **BMP**, que é o padrão fundamental do Windows;
- **TGA**, usado pelos adaptadores gráficos Targa, e por muitos programas de animação e processamento de vídeo;
- **TIFF**, padrão independente de fabricante para imagens de alta resolução espacial em cores;
- **PCD**, usado em imagens gravadas em *Photo-CD*, com múltiplas resoluções;
- **JPEG**, orientado para imagens fotográficas, tem grande possibilidade de compressão com perdas;
- **PNG**, padronizado como alternativa ao formato GIF para distribuição de imagens comprimidas sem perdas.

Os dois primeiros formatos são orientados para o máximo de 256 cores, e os demais podem oferecer suporte de cor verdadeira. Existem ainda formatos especializados para pequenas imagens usadas pelo Windows, como arquivos de ícones (**ICO**), cursores (**CUR**) e fontes (**FNT**) (FILHO, 2000).

3.4.4 Compressão de Imagens

3.4.4.1 Visão Geral

Imagens de alta resolução e cor verdadeira podem ocupar até vários megabytes de espaço. Na maioria dos casos, consegue-se grande redução do tamanho dos arquivos

através das técnicas de compressão de imagens estáticas. As principais técnicas são apresentadas na seqüência, em ordem crescente de complexidade.

3.4.4.2 Compressão Sem Perdas

As técnicas de compressão sem perdas mantêm toda a informação contida na imagem original. A compressão é conseguida através da técnica de codificação; varia-se a quantidade de bits usada para representar determinados padrões de informação conforme freqüência desse padrão no material a comprimir.

Técnicas genéricas de compressão sem perdas são utilizadas em compressão de arquivos, através de formatos comprimidos como ZIP, ARC ou GZ, e também em dispositivos de comunicação de dados, como os *modems*. A compressão de imagens combina técnicas genéricas com técnicas que se aproveitam de características específicas das imagens. Antes de serem usadas em informática, técnicas de compressão de imagens já eram utilizadas em fax para possibilitar a transmissão eficiente de páginas digitalizadas, através de linhas telefônicas convencionais.

As técnicas mais simples de compressão são baseadas em códigos de Huffman, que usam seqüências mais longas de bits para os símbolos menos freqüentes (codificação entrópica). Por exemplo, para um texto em português, usamos seqüências curtas para representar o “a” ou o “e”, e seqüências longas para representar o “z” ou o “x”. Com isso, obteremos uma codificação mais eficiente do que se usarmos sempre 8 bits por símbolo, como acontece na tabela ASCII .

Uma técnica mais eficiente, específica para imagens, é a compressão baseada na coerência das linhas, que representa a imagem através de uma codificação em tiras de cor constante (*run-length encoding, RLE*). Para cada tira, só é necessário guardar o valor da cor e o comprimento da tira. Essa técnica é adequada para imagens artificiais, produzidas por editores bidimensionais, em que se tendem a colorir grandes áreas com a mesma tinta (FILHO, 2000).

São ainda mais eficientes as técnicas que tomam partido da repetição de padrões de bits, e não simplesmente de valores de cor. Uma técnica é adaptativa quando os códigos usados se adaptam ao material que está sendo comprimido durante a própria compressão. Uma técnica adaptativa particularmente importante é a técnica de *Lempel-Ziv-Welsh (LZW)*, que toma partido da coerência entre linhas para identificar padrões repetidos em material de imagens. Esta técnica é a base do formato GIF.

Esse formato tem grande difusão para publicação de imagens na WWW. É limitado a 256 cores, mas foi estendido no formato GIF89a, que suporta recursos adicionais importantes:

- possibilidade de definir uma cor transparente;
- entrelaçamento, que permite o envio das tiras da imagem em ordem intercalada, de modo que o usuário de um navegador ligado em uma conexão lenta possa perceber uma visão mais grosseira da imagem antes que esta seja completamente carregada;
- animação, através de arquivos que contêm múltiplas imagens parciais, as quais podem ser trocadas rapidamente por um navegador, criando-se um efeito animado.

Em anos recentes, a Unisys, empresa detentora da patente do método LZW, começou a cobrar *royalties* dos produtores de software que processam a formato GIF. Por isso, este tende a ser substituído pelo formato PNG, que suporta tanto sistemas de cor verdadeira como de paleta, além de outros recursos:

- múltiplos níveis de transparência (canal alfa);
- correção do gama⁵ (suporte para ajuste da exibição da imagem às características do monitor);
- entrelaçamento mais avançado que o GIF.

Por outro lado, o formato PNG não suporta imagens animadas.

3.4.4.3 Compressão Com Perdas

As técnicas de compressão com perdas são usadas nos casos em que a perda de alguma informação é tolerável, por corresponder a detalhes que a visão humana não percebe, ou percebe apenas com dificuldade. Ao comprimir-se a imagem, pode-se perder alguma informação existente na imagem original. A taxa de perda é um parâmetro fixado durante o processo de compressão. Quanto maior a perda admitida, maior a compressão que se consegue.

Um algoritmo central para muitas técnicas de compressão com perdas é algum tipo de transformação da imagem para uma forma de espectro. Cada quadro a ser comprimido é dividido em blocos. Para cada bloco, os valores dos pixels são submetidos a uma transformação matemática que traduz o bloco na forma de um espectro bidimensional, ou seja, uma matriz de distribuição de energia. Os coeficientes dessa matriz são truncados e, em seguida, codificados através de um algoritmo de compressão de dados. Na maioria dos casos, a natureza da DCT⁶ faz com que alguns coeficientes dessa matriz sejam próximos de zero e possam ser eliminados através de codificação adequada.

A codificação *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*) emerge atualmente como a técnica mais importante de compressão, principalmente de imagens com gradações suaves de intensidade, geradas por captura de fotos ou síntese tridimensional. O padrão JPEG define também os arquivos .JPG, que tendem a se tornar o padrão dominante para distribuição de imagens fotográficas na Internet. A compressão JPEG, de forma bem simplificada, envolve as seguintes etapas (FILHO, 2000):

- **Obtenção do espectro bidimensional da imagem**, baseado na transformada discreta dos cossenos (DCT). Esta operação é parecida com a versão bidimensional da

⁵ Refere-se ao gama (gamma) do monitor, um parâmetro que expressa o relacionamento não-linear entre a corrente do feixe de elétrons, no tubo de raios catódicos, e a intensidade luminosa produzida por este feixe.

⁶ DCT: Transformada Discreta dos Cossenos

transformada discreta de Fourier⁷, com a vantagem de que tende a reduzir os coeficientes das frequências mais altas, facilitando o seu truncamento.

- **Truncamento dos componentes do espectro**, eliminando-se os dígitos menos significativos e desprezando-se os coeficientes próximos de zero.
- **Codificação entrópica dos componentes**, semelhante às técnicas usadas pelos compressores de arquivos de fins gerais.

O padrão JPEG é um padrão complexo, com suporte para diversos tipos de algoritmos de compressão. Existe uma versão sem perdas do JPEG. É possível também gerar imagens progressivas: nelas, são transmitidos primeiro os pixels correspondentes a resoluções mais baixas e, em seguida, vão sendo transmitidos os pixels necessários para, de cada vez, dobrar a resolução. Para navegadores conectados a linhas lentas, isso produz um resultado ainda melhor que o GIF entrelaçado.

3.4.4.4 Outras Técnicas de Compressão de Imagens

Algumas técnicas mais recentes de compressão de imagens são baseadas em conceitos avançados:

- **wavelets**, um tipo de transformada espectral que permite altas taxas de compressão, juntamente com melhor suporte para imagens de múltiplas resoluções e algoritmos de processamento de sinais;
- **fractais**, um conceito matemático para a descrição de imagens complexas, tais como encontradas na natureza.

3.5 Processo de Indexação de Imagens

3.5.1 Sistema de Processamento Digital de Imagens

⁷ Maiores informações em: FILHO, Wilson de Pádua Paula. *Multimídia: Conceitos e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

Segundo (BRANDALISE, 2000), por Processamento Digital de Imagens, entende-se a manipulação de imagens por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens.

O Sistema de Processamento Digital de Imagens é bastante dependente do problema a ser resolvido. Nesse instante, as fases de pré-tratamento (seja na imagem ou fora dela, como por exemplo o controle da iluminação externa) podem ter peso importante quando queremos aumentar a performance computacional do sistema. O Sistema de Processamento de Imagens pode ser, de uma maneira geral, dividido nas seguintes etapas (ALBUQUERQUE, 2000):

Tabela 4: Etapas do Sistema de Processamento de Imagens

Etapas	Descrição
1 Tratamento fora da imagem	Correção de iluminação, uso de colorantes químicos etc.
2 Aquisição da imagem	Amostragem, armazenamento e compactação.
3 Melhoramento (<i>image enhancement</i>) *	Pré-tratamento digital da imagem
4 Segmentação da informação *	Extração dos “objetos” e do “fundo” da imagem
5 Parametrização *	Determinação de grandezas sobre cada “objeto”: área, perímetro, forma, descrição estrutural, textura etc.
6 Reconhecimento *	Classificação dos “objetos”
Análise Quantitativa *	Associação das grandezas ao problema:
7 Aplicação da ferramenta a outras áreas científicas	determinação de funções de correlação espacial ou temporal, análise de seqüência de imagens, etc.

* Fases com extrema dependência ao problema onde o Processamento de Imagem está aplicado.

As técnicas de Processamento Digital de Imagens (*PDI*), além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitam

a integração de vários tipos de dados, os quais devem estar devidamente registrados. Em síntese, podemos afirmar que *PDI* visa (FONSECA, 2000):

- transformar a imagem (por exemplo, retirar imperfeições, aumentar o contraste, realçar bordas, etc.) de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano;

- identificar e extrair informações da imagem.

- As técnicas de processamento digital de imagens podem ser divididas em 3 etapas distintas (FONSECA, 2000):

- **Pré-processamento da imagem:** esta fase inclui a restauração quantitativa de imagem para corrigir degradações radiométricas e geométricas inseridas pelo sensor, no processo de captação da imagem.

- **Realce de imagem:** aplicação de técnicas para melhorar a qualidade visual, transformando-a, de tal forma, que as informações a serem extraídas sejam melhor discerníveis.

- **Análise de imagens:** está relacionada com a extração de informações da imagem. Inclui a segmentação (seccionamento da imagem em regiões com características diferentes) e classificação de imagens (segmentação específica usando técnicas de reconhecimento de padrões). O resultado da operação de análise sobre uma imagem é uma descrição da imagem (lista de propriedades do objeto: posição, cor, textura, forma). É através dessa análise que os sistemas conseguem comparar e indexar imagens nas coleções de imagens das bibliotecas digitais, conforme demonstrado nos capítulos 4 e 5.

- **Descrição:** sintetiza-se uma “descrição” das características gerais da imagem ou específicas de seus objetos internos e seus atributos.

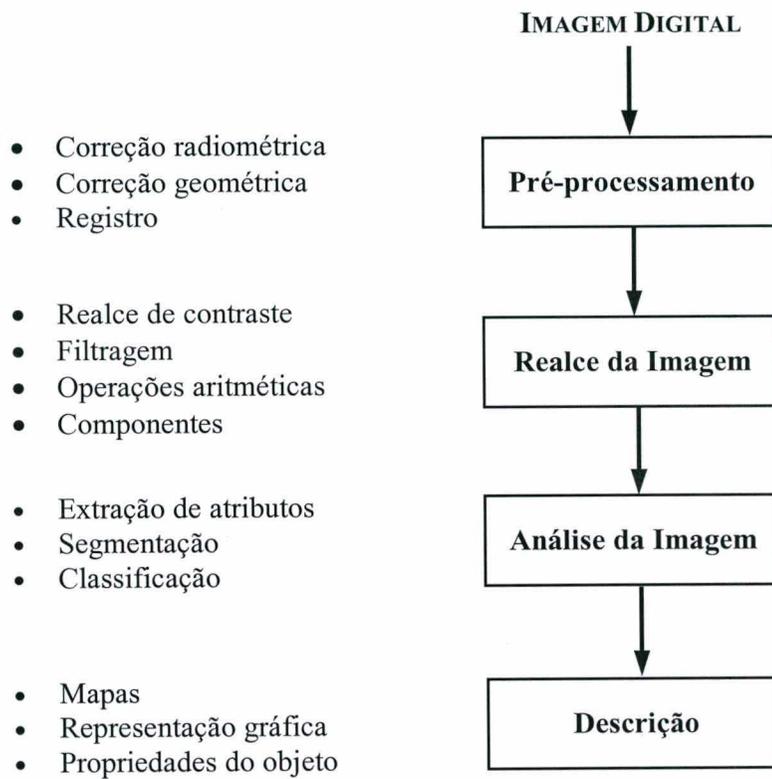


Figura 8 – Etapas do Processamento Digital de Imagens.

4. INDEXAÇÃO DE IMAGENS

Atualmente, com o avanço da tecnologia de digitalização e compressão, sistemas de base de dados digitais são utilizados para armazenar imagens, juntamente com seus metadados e taxonomias associados, muito embora o custo de grandes sistemas seja ainda bastante elevado.

Metadados incluem informação bibliográfica, condições de captura ou geração de imagens, parâmetros de compressão etc. Taxonomia é uma hierarquia de classes subjetivas (povo, natureza, notícias) usada para organizar assuntos de imagens em vários níveis, incluindo classes semânticas (humor, política) e classes visuais (pessoas, paisagens, animais). A seleção apropriada de metadados e taxonomias, que devem incorporar características especiais do domínio de aplicação é, geralmente, o primeiro passo para colocar em funcionamento uma grande base de imagens. Obviamente, existem sérias limitações no uso desses indexadores, uma vez que requerem anotação manual (dificultando seu uso em grandes bases de dados) e sofrem influência tanto do domínio de aplicação quanto do conhecimento da pessoa realizando a tarefa. Enfim, esses indexadores estão sempre limitados na sua viabilidade de capturar todo o conteúdo de uma imagem (BLATTNER, 1922; CATELL, 1994; KHOSAFIAN, 1996; BAEZA, 1999; BIMBO, 1999).

A análise do conteúdo multimídia e a indexação baseada no conteúdo visual sinalizam juntas uma direção promissora para complementar a metodologia mencionada anteriormente. Neste sentido, tem havido um grande progresso no desenvolvimento de ferramentas que permitem aos usuários especificarem consultas de imagens através do uso de esboços, seleção de características visuais (cor, textura e forma), passagem de exemplos e características espaciais e temporais (ARAÚJO, 2000).

As figuras 9 e 10 exemplificam imagens que apresentam as características visuais cor, textura e forma. Na figura 9, a zebra apresenta forma, textura e níveis de cinza,

enquanto na figura 10, encontram-se texturas e níveis de cinza na vegetação, na pele do elefante e no solo, além da forma do elefante.



Figura 9



Figura 10

Figuras 9 e 10: Representam as características visuais cor, textura e forma

Na seqüência será conceituado o processo de realização da busca por imagens nas coleções e as formas de indexação de imagens utilizando as características cor, forma e textura de imagens.

4.1. Conceito de Indexação de Imagens Digitais

O principal objetivo de um sistema de recuperação de informação é poder, fácil e eficientemente, separar documentos da base de dados que sejam relevantes para uma determinada necessidade do usuário, requerendo um esquema de indexação com significado. Índices são representações sintéticas dos documentos: a consulta é formulada e realizada referindo-se aos índices para se obter uma recuperação eficiente.

O problema da indexação pode ser resumido como a atribuição de “palavras-chaves”, obtidas de uma “linguagem” descritiva, às entidades dos documentos (palavras, objetos, etc.) para facilitar sua separação. O principal requisito é que a associação “linguagem/palavras-chaves/documentos” tenha a capacidade de discriminação suficiente para eliminar, do espaço de consulta, os dados imprestáveis, sem, no entanto, perder informações relevantes. Enfim, os índices devem ser significativos, discriminantes e utilizáveis, uma vez que eles devem estar relacionados com a maneira na qual o usuário faz sua consulta no ambiente real (ARAÚJO, 2000).

O usuário formula seu problema de recuperação de informação como uma expressão de uma linguagem de consulta. A consulta é traduzida numa linguagem de índices, cujo índice resultante é “casado” com aqueles da base de dados, sendo então recuperados os documentos que contêm os índices “casados” (DOERMANN, 1998).

Em se tratando de imagens, as quais podem conter diferentes tipos de conteúdo visual, a recuperação de informação visual é bastante complexa. Neste caso, os índices podem ser classificados com respeito à relação que eles têm com a imagem da seguinte maneira (BIMBO, 1999):

- **metadados independentes do conteúdo** – são dados que não concernem diretamente ao conteúdo da imagem, mas estão, de alguma maneira, relacionados com este, como formato da imagem, autoria, data, local, condições de iluminação etc.
- **metadados dependentes do conteúdo** – são dados que se referem às características consideradas de nível baixo e médio, como cor, textura, forma, esboço, relação espacial e combinações destes. Para alguns tipos de imagens, como as provenientes de satélites, da biomedicina, tomografia computadorizada etc., é possível descrever o conteúdo destas em termos da geometria intrínseca e de configurações topológicas;
- **metadados descritivos do conteúdo** – são dados que se referem ao conteúdo semântico e que concernem às relações das entidades da imagem com entidades do mundo real ou eventos temporais, emoções e significados associados a sinais visuais e cenas.

O conteúdo visual de imagens pode ainda ser classificado em dois tipos principais (GUDIVADA, 1995):

- **conteúdo primitivo de imagens** – refere-se aos elementos básicos que compõem a imagem, assim como às características das imagens que podem ser reconhecidas e extraídas automaticamente pelo computador (análise de imagens, reconhecimento de padrões, visão computacional). Conteúdos primitivos são, em geral, de natureza quantitativa. Exemplo: cor, forma, textura dos objetos etc.

- **conteúdo complexo de imagens** – refere-se aos padrões de uma imagem que são percebidos com significado por humanos. Em geral, eles não podem ser identificados automaticamente por computador e são de natureza qualitativa. Exemplo: paisagem romântica, ambiente assustador etc.

A maior vantagem associada com a indexação de conteúdo primitivo é que sua extração pode ser automática. Entretanto, este conteúdo pode não ser suficientemente rico para uma grande variedade de aplicações, uma vez que tipos de objetos e características significativas, reconhecíveis pela máquina, são ainda limitados. Por outro lado, o conteúdo complexo da imagem é semanticamente rico, mas sua extração e indexação são demoradas, uma vez que um envolvimento manual considerável é geralmente necessário.

Um problema chave da indexação de imagens consiste em conseguir estabelecer relações entre os tipos de conteúdos de maneira que as desvantagens de cada um possam ser reduzidas ou eliminadas. Assim, um desafio crucial para a indexação e recuperação de imagens pelo conteúdo está no desenvolvimento de mecanismos para a automação da indexação, que começaria com a extração automática de conteúdo primitivo e, subsequentemente, faria uso de possíveis regras de conhecimento junto com informação contextual relevante, permitindo uma identificação automática ou inferência de conteúdo complexo. Com tal mecanismo, uma estrutura poderosa de indexação poderia ser construída para possibilitar a recuperação baseada em conceitos semânticos ricos. Trata-se de uma tecnologia que espelha o sistema visual humano (ARAÚJO, 2000).

O problema da indexação está fortemente ligado ao problema da formulação da consulta. Para recuperar imagens estáticas usando metadados dependentes do conteúdo (cor, textura, forma), o paradigma básico da recuperação requer que, para cada imagem, seja pré-calculado um conjunto de características distintas. As consultas são expressas através de exemplos visuais. Para começar a consulta, o usuário seleciona as características (e suas faixas de validade) que são importantes e escolhe uma medida de similaridade. Exemplos tanto podem ser preparados pelo usuário (com ajuda de uma interface homem-máquina) ou extraídos de imagens (amostras), e a busca será efetuada

através do método *query by sample*. A Figura 3 apresenta um diagrama de blocos descrevendo o processo da consulta em um sistema de recuperação baseada no conteúdo visual (ARAÚJO, 2000).

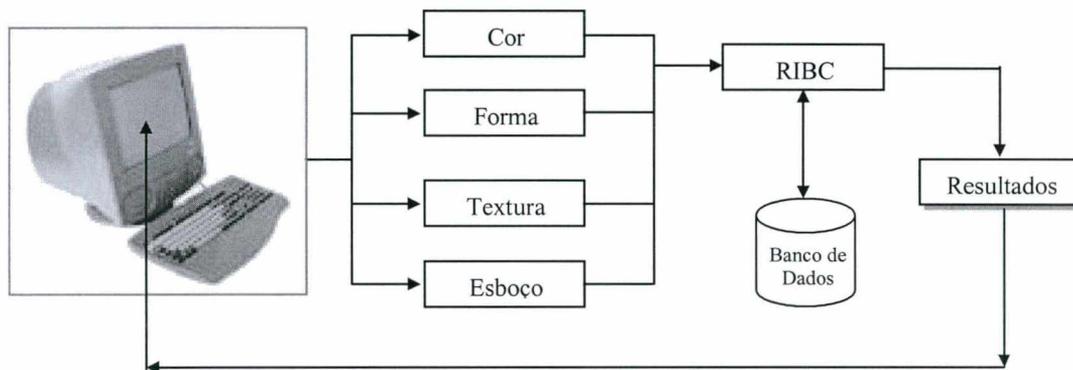


Figura 11: Diagrama para recuperação de informação baseada no conteúdo (RIBC) visual.

O Sistema de Recuperação de Informação Baseada no Conteúdo (RIBC) vem sendo usado no processo de recuperação de imagens em grandes coleções fundamentadas nas características básicas como cor, textura e forma, as quais podem ser automaticamente extraídas das próprias imagens; alguns exemplos são *Excalibur*, *Virage*, *QBIC*, *VisualSEEK*, *MetaSEEK*, *Photobook*, entre outros. As características usadas para a recuperação podem ser primitivas ou semânticas, mas o processo de extração necessita ser predominantemente automático (EAKINS, 1999), ou seja, o usuário escolhe a “imagem exemplo” e suas características (cor, textura forma) e o sistema de recuperação efetua a busca na base de dados de imagens e, de acordo com as características e suas faixas de validade, os resultados serão apresentados.

Como nem sempre os resultados obtidos em resposta a uma consulta são plenamente satisfatórios, em geral, procura-se melhorá-lo através de uma metodologia em que se tenta manter o número de perdas o mais baixo possível (às custas de um número mais alto de falsas respostas) e permitir uma forma de interação chamada “realimentação por relevância”. Interfaces visuais são usadas para facilitar este tipo de consulta. Recuperação de imagens por similaridade de cor, textura e forma são apresentadas na seqüência.

A recuperação baseada em similaridade difere da operação de “casamento” (*matching*), que é definida em visão computacional como sendo uma operação para reconhecimento de objetos na qual se deve decidir se o objeto observado corresponde ou não ao modelo. Assim, a recuperação baseada em similaridade é uma operação de reordenamento das imagens da base de dados, de acordo com sua similaridade medida em relação à imagem exemplo da consulta. Desta maneira, é uma operação que concerne mais a ordenamento (por grau de similaridade) do que classificação (corresponde ou não à imagem exemplo), sem ao menos postular a existência de uma imagem alvo. O reordenamento das imagens da base de dados é realizado, mesmo que não haja imagens similares ao exemplo. Como o usuário faz parte do sistema de recuperação, deve analisar as respostas apresentadas e, se for o caso, deve refinar a consulta. Tudo isso realça a importância da existência de interfaces flexíveis e ferramentas de visualização (BIMBO, 1999; ABATE, 1999; BERMAN, 1999; JIN, 1996; CHEN, 1996; ARAÚJO, 2000).

4.2. Indexação de Imagens Considerando os Atributos Cor, Textura e Forma

Na seção seguinte serão conceituados os atributos de imagem cor, textura e forma, que são utilizados como parâmetros para efetivar a busca na coleção de imagens.

4.2.1. Indexação Baseada em Cor

O atributo *cor* possui um grande poder discriminatório, sendo por isso freqüentemente utilizado na identificação de estruturas ou objetos pelo sistema visual humano (BIMBO, 1999). No entanto, é normal as pessoas utilizarem diferentes sistemas nominais de cores em diferentes contextos para descrever a cor de um certo objeto, como associar a cor vermelha a um pêssigo, embora possua o tom apenas um pouco avermelhado, ou descrever um carro como sendo azul escuro, ou prata acinzentado. O processo de extração de cores de forma automatizada utilizando o computador ainda não é capaz de fazer referências ao contexto, o que pode dificultar a identificação entre uma informação de uma cor ou de uma distorção de cor. A aparência de uma cor em objetos

do mundo real geralmente é alterada pela textura da superfície, pela iluminação e sombra de outros objetos e as condições de observação e captura. Os sistemas de bancos de dados de imagens devem enfrentar esses problemas para obter uma análise automática de cores (ARAÚJO, 2000).

As cores são comumente representadas como pontos em espaços tridimensionais, sendo que diversos modelos geométricos são utilizados, dependendo da precisão e representação do estímulo de cor (BIMBO, 1998):

- modelos colorimétricos, resultantes de medidas da reflectância espectral onde modelos de cromaticidade são definidos;
- modelos fisiológicos, resultantes de análises na área de neurofisiologia, onde foi modelado o sistema *RGB* (*Red, Green, Blue*), o qual consiste na utilização de um espaço tridimensional em que cada cor é obtida a partir das cores primárias vermelha, verde e azul, respectivamente baixa, média e alta frequências do espectro visível pelo olho humano. É importante destacar a diferença entre cores primárias de luz e cores primárias utilizadas na pigmentação (azul, vermelha e amarela). Esse sistema baseia-se em um modelo de espaço vetorial apresentando facilidades no que diz respeito a aplicações computacionais. Além do uso em monitores coloridos, a maioria das câmeras coloridas usadas na aquisição de imagens utilizam o modelo RGB, o que o torna um importante modelo de cor no processamento de imagens. Porém, a definição de cor a partir das componentes RGB, em nada se assemelha à forma natural de percepção humana.
- modelos psicológicos, originados a partir do estudo das reações humanas, nas quais o sistema *HSI* (*Hue, Saturation, Intensity*) foi originado. *H* descreve a cor pura (vermelha, azul, amarela), *S* a saturação da cor, ou melhor, o grau de pureza. Quanto menor a quantidade de luz branca diluída na cor, menor a saturação. Finalmente *I* é a componente que representa a intensidade da luz (brilho) da cor. O exemplo do sistema anterior é fortemente relacionado com a representação de cor em dispositivos como monitores, câmeras de vídeo e *scanners*. Nessa abordagem, os sistemas de representação de cor trabalham com os conceitos de tonalidade, saturação e luminância. Numa escala acromática, ou cinza, a única informação que muda é o brilho, variando normalmente da cor

branca até a cor preta. As vantagens desse sistema de representação da cor encontram-se na possibilidade de separar a intensidade da informação tonalidade e saturação, bem como na relação que existe entre esses componentes, muito próxima da forma na qual o homem percebe cor.

A informação de cor é um componente importante do conteúdo de uma imagem, além de se apresentar robusta à distorção, rotação e translação do objeto (SHARMA, 1998). Quando usada em operações de recuperação de informação, permite encontrar imagens (BIMBO, 1998, 1999; ASSCHE, 1999; GEVERS, 1999; COLOMBO, 1999; BOLDRIN, 1999):

- Contendo uma cor especificada por meio de proporções atribuídas;
- Cujas cores são similares àsquelas de uma imagem exemplo;
- Contendo regiões de cores como especificados na consulta;
- Contendo um objeto conhecido com base nas propriedades de suas cores.

4.2.2. Indexação Baseada em Textura

De acordo com (AMADASUN, 1989), a textura refere-se literalmente aos arranjos básicos que constituem um material. Em imagens digitais, a textura é representada pelas inter-relações espaciais e/ou arranjo espacial dos pixels na imagem.

A textura é um elemento importante na visão humana, provendo em uma cena a profundidade e orientação da superfície. É comum relacionar texturas a superfícies 3D, sendo bem utilizadas em sistemas de computação gráfica para incrementar o realismo. Outras aplicações para as texturas envolvem a identificação de imagens aéreas como corpos d'água, campos de plantações e montanhas. A extração de características a partir da textura é considerada como um descritor importante para imagens naturais e por causa de seu uso em pesquisas de imagens em grandes bancos de dados. A textura refere-se a um padrão visual que tem algumas propriedades de homogeneidade que não resultam simplesmente de uma cor ou intensidade (ARAÚJO, 1987; DUDA, 1973; EAKINS, 1999; COLEMAN, 1979; WOUNER, 1998; LU, 1978).

Devido à diversidade de texturas encontradas em imagens naturais é difícil obter uma definição exata. Entretanto, uma boa definição para demonstrá-la é associá-la a um efeito visual produzido pela distribuição espacial de variações de níveis de cinza sobre pequenas áreas. O conceito de textura pode ser investigado através do relacionamento com o nível de cinza, pois as informações de textura e nível de cinza podem estar presentes em iguais quantidades numa imagem ou de forma desbalanceada, com uma predominando sobre a outra. Se a textura é a informação dominante em uma pequena área, então esta possui uma grande variedade de níveis de cinza. Contudo, se o número de níveis de cinza distintos diminui, então as suas propriedades dominam, caracterizando uma região mais homogênea.

Em particular, a informação dominante é o nível de cinza quando uma pequena área apresenta pequena variação de níveis. Se a pequena área é homogênea, ela possui informações de nível de cinza, mas nenhuma sobre textura. Dessa forma, uma textura pode ser descrita por três características: o tamanho da área que está em investigação, o tamanho relativo dos níveis de textura e a distribuição espacial dos níveis discretos de cinza.

Existe uma alternativa à abordagem estatística, chamada de abordagem estrutural, apresentada em (LU, 1978), na qual a textura é considerada como sub-padrões que se repetem de acordo com um conjunto de regras bem definidas, de maneira a formar o padrão completo, sendo que por sua vez cada sub-padrão pode ser feito de outros elementos estruturais. Assim, os padrões de texturas são tratados como grafos com elementos básicos da textura representando as arestas e os vértices. Para a geração do grafo e da gramática que o define, é necessário escolher as primitivas dos padrões da textura. Como os limites de um sub-padrão de uma textura são vagos e indefinidos, a imagem é dividida em janelas de tamanho fixo e sobre elas é gerada a gramática.

Diversas técnicas de extração de características de texturas utilizam estatísticas de primeira e segunda ordens, segundo (WOUNER, 1998; BERALDI, 1995), esta última sendo computada através da matriz de co-ocorrência dos níveis de cinza (*Gray Level Cooccurrence Matrix – GLCM*). Uma técnica comum consiste na computação da *GLCM*,

como uma medida de segunda ordem de uma textura. A *GLCM* descreve a frequência que um nível de cinza aparece numa relação espacial linear com outro nível dentro da área sob investigação. Diversos parâmetros estatísticos podem ser extraídos a partir da *GLCM*. Alguns desses parâmetros são relacionados a estatísticas de primeira ordem, como contraste e variância.

Modelos no domínio da frequência baseiam-se na análise da função de densidade do espectro de potência. Coeficientes de uma transformada 2D podem indicar a correlação de um padrão de luminosidade na imagem. Texturas finas têm energia concentrada nas altas frequências espaciais, enquanto texturas granulares se concentram nas baixas frequências.

Assinaturas texturais podem ser extraídas através da aplicação de operadores no espaço multidimensional de vetores de características das texturas. Um destes operadores é a decomposição de *Wold*, que descreve as texturas em termos de periodicidade, direção preferida e aleatoriedade. Outro método que permite a recuperação com base na textura é através do uso do conjunto Tamura (TAMURA, 1972) de características (grossura, contraste e direção preferida) extraídas de imagens em níveis de cinza que foram obtidas de imagens coloridas.

As consultas são expressas visualmente através de exemplos de texturas. A comparação de imagens é realizada pela avaliação da distância euclidiana no espaço 3D de características texturais. Consultas pelo uso de texturas podem ser ainda combinadas com recuperação por cor ou forma para aumentar a qualidade da identificação (OJALA, 1999; CHETVERIKOV, 1999; ALVAREZ, 1999; PALA, 1999; SZIRÁNI, 1998).

4.2.3. Indexação Baseada em Forma

Forma é um critério importante para identificação de objetos com base em seu perfil e estrutura física. Seu uso é freqüente em alguns sistemas, como nas bases de imagens da medicina, onde os objetos das imagens são similares em termos de cor e textura. Nas aplicações de recuperação, as características da forma podem ser

consideradas como sendo globais ou locais. Características globais são propriedades derivadas da forma inteira como redondeza, circularidade, momentos centrais etc. Características locais são aquelas derivadas através do processamento parcial da forma, incluindo tamanho e orientação de segmentos consecutivos de bordas, pontos de curvaturas e ângulos de curvas. As características de forma podem também ser classificadas em parâmetros internos, que descrevem a região envolvida pelo contorno do objeto (JORDAN, 1998; KLIST, 1998) e parâmetros externos, que descrevem as bordas externas do objeto (SIMTH, 1999; PAWELS, 1999).

A representação da forma através de um conjunto de características, modelando atributos proeminentes da forma, é a técnica mais comum. Uma forma pode ser representada como um vetor numérico. Este método é bastante usado na recuperação de informação visual, permitindo uma boa indexação.

Considerando que as formas sejam semelhantes no significado semântico, a identificação das mesmas a partir de uma segmentação não-supervisionada não se mostra muito eficiente, pois podem ocorrer muitas situações de confusão, no momento em que são comparadas com outras formas semelhantes, mas com significado semântico diferente. Nestes casos, alguma informação do domínio da aplicação deve ser fornecida. Em muitos sistemas que utilizam a informação de forma, normalmente é requerido que os usuários identifiquem quais são as formas que representam as regiões mais importantes.

Concluída a conceituação dos métodos de indexação pelos quais podem ser realizados os processos de busca por imagens nas coleções, a seção seguinte apresenta o software utilizado como motor que efetiva o processo de busca, para posterior elaboração das comparações e análises de resultados.

4.3. Sistema *Excalibur Visual RetrievalWare*

Esta seção apresenta a ferramenta de busca em conteúdo de imagem desenvolvida pela *Excalibur Technologies*, denominado *Excalibur Visual RetrievalWare*, que

passaremos a chamar abreviadamente de *Excalibur*. Distribuído pela Convera Corporation (CONVERA, 2002), está disponível para consulta e teste da versão demo em (EXCALIBUR, 2002).

O *Excalibur* é uma aplicação de ambiente aberto que inclui três API's, C, C++ e Java, para o processamento de imagens e um interpretador Tcl/Tk. Os motores de busca do sistema utilizam redes neurais para processar as informações e podem rodar na plataforma dos sistemas operacionais Hewlett-Packard/HP-UX, IBM/AIX, Silicon Graphics/IRIX, Alpha/UNIX, Digital Alpha/NT, SUN/Solaris e Microsoft/Windows e suas versões.

Para realizar a indexação na coleção de imagens, o *Excalibur* conta com motores de busca que utilizam algoritmos para extração dos atributos cor, forma e textura de imagens, produzindo vetores de características para armazenar a forma exata de distribuição dos pixels que constituem a imagem. Esses vetores são armazenados na forma de índices binários otimizados, aumentando a *performance* da busca.

Na busca na coleção de imagens, o sistema *Excalibur* utiliza a premissa *query by sample*, ou seja, o usuário escolhe uma imagem exemplo (imagem-chave) e também as formas de buscas e suas faixas de similaridade. Em seguida, os índices da imagem exemplo são comparados com os índices das imagens da base de dados e, se nessa comparação esses índices “casarem” de acordo com as faixas de similaridade definidas pelo usuário, a imagem é apresentada como resultado da busca.

Na interface do programa, os valores dos graus de similaridade para consulta variam de “0” a “5”, sendo assim, pode-se anular a opção e/ou fazer a busca através das outras opções ou pode-se atribuir o grau de similaridade em intervalos regulares com 20% de variação, de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 5: Atribuição de percentual de similaridade para os intervalos de opções de consulta na interface do programa *Excalibur*.

Visual Similarity Options	
Valor na Interface	Grau de similaridade (em porcentagem)
0	Anula a opção de busca
1	20
2	40
3	60
4	80
5	100

4.3.1. Interface do Sistema *Excalibur*

A figura 12 denota a interface do sistema de consulta de imagens. Em uma análise sintética, pode-se notar a simplicidade e a facilidade de manuseio da interface de consulta, proporcionando uma interação efetiva entre o usuário e o sistema. A forma de apresentação das imagens resultantes da busca em três colunas verticais, podendo o usuário escolher a quantidade de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ou 24 imagens que serão mostradas, bem como a facilidade de troca e a permanência visual dos valores dos graus de similaridade após a consulta, possibilitam ao usuário visualizar a qualquer momento todas as informações relativas à busca.

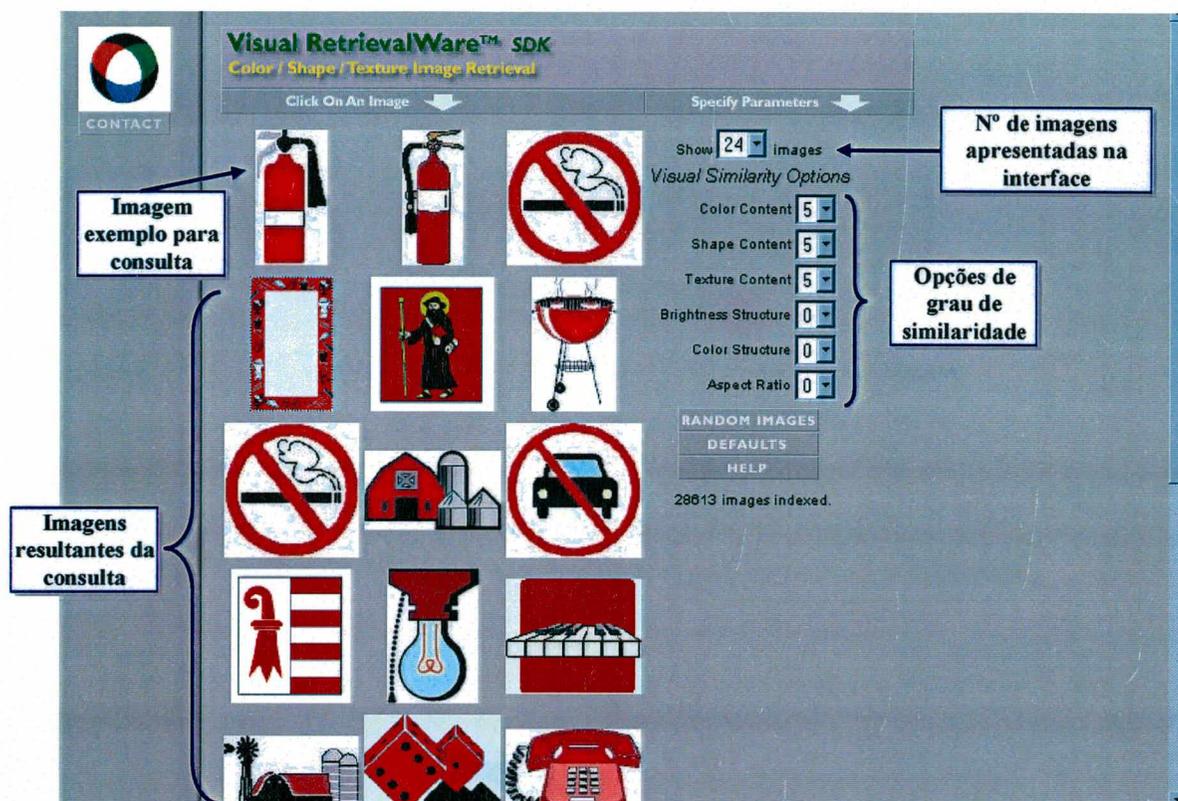


Figura 12: tela de interface do software Excalibur

4.3.2. Características da coleção de imagens do *Excalibur*

A base de dados utilizada para efetivar os testes foi a que acompanha a versão demonstrativa do software, possuindo 28.613 imagens indexadas. Apesar de o número não ser muito expressivo, é o suficiente para analisar os métodos de indexação para a busca de imagens por conteúdo.

As imagens da coleção do *Excalibur* possuem as seguintes características:

- **Largura:** 32 mm (96 pixels), em média;
- **Altura:** 33 mm (77 pixels), em média;
- **DPI do eixo "X":** 72 DPI, em média;
- **DPI do eixo "Y":** 72 DPI, em média;
- **Formato:** JPG – Bitmaps JPEG;
- **Sub-formato:** compactação JPEG;
- **Tipo:** RGB de 24 bits;

- **Tamanho:** 05 kbytes, em média.

5. Análise dos Métodos de Indexação para Busca em Conteúdo de Imagem

Conforme descrito no capítulo anterior, no processo de indexação de imagens utilizam-se os atributos da imagem exemplo cor, textura e/ou forma para realizar o processo de busca por imagens na coleção. O objetivo deste trabalho é analisar estes métodos de indexação e os resultados apresentados ao usuário.

Devido ao fato de existirem dois grandes grupos de imagens, um gerado via computador e outro por imagens capturadas através de mecanismos de imageamento, duas imagens foram utilizadas como exemplo pertencentes cada uma a um grupo, possuindo características visuais diferentes. A primeira foi gerada via software de criação de imagens gráficas, onde suas características são mais homogêneas e os atributos mais definidos; a segunda, capturada via câmera fotográfica, é a imagem de uma paisagem natural, onde os atributos possuem alto grau de variação em suas características. Considerando as diferenças das imagens, optou-se pela separação da análise em duas fases, uma para a busca em imagens com características gráficas e outra para imagens capturadas via câmera fotográfica.

Nas análises, são fornecidas informações que permitem ao usuário melhorar a performance da busca de acordo com o grupo ao qual a imagem pertence, ou seja, o usuário identifica o grupo da imagem exemplo e, após, escolhe os atributos da imagem que ofereçam melhores resultados para realização do processo de busca.

Para elaboração das análises, primeiramente foram identificadas as características técnicas das imagens exemplo; após, os metadados descritivos do conteúdo de cada uma. Para obter a comparação entre os atributos da imagem exemplo e os das imagens apresentadas como resultado, identificaram-se as proporções percentuais ocupadas por cada metadado na imagem; através desse fator foi possível distinguir a presença quantitativa de cada um.

Nas análises descritas na seqüência, utilizaram-se os resultados fornecidos pelos motores de busca da ferramenta *Excalibur*. Nos processos de busca foram utilizadas as características cor, textura e forma dos objetos da imagem, desprezando-se as outras opções oferecidas pelo programa como: *Brightness Structure*, *Color Structure* e *Aspect Ratio*.

5.1 Busca Utilizando Imagens Gráficas Geradas por Computador

Esta seção apresenta uma análise do processo de busca em conteúdo utilizando os atributos cor, textura e forma para imagens gráficas geradas por computador. A imagem exemplo adotada foi a de um extintor de incêndio, apresentado na figura 13, com as seguintes características técnicas:

- **Largura:** 17,992 mm (51 pixels);
- **Altura:** 33,867 mm (96 pixels);
- **DPI do eixo “X”:** 72 DPI;
- **DPI do eixo “Y”:** 72 DPI;
- **Formato:** JPG – Bitmaps JPEG;
- **Sub-formato:** Compactação JPEG;
- **Tipo:** RGB de 24 bits;
- **Tamanho:** 3.743 bytes.

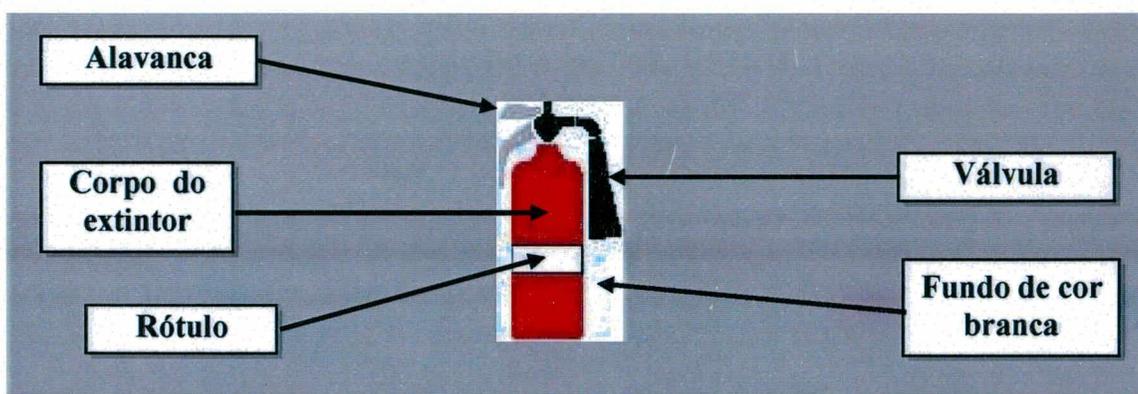


Figura 13: Imagem gráfica exemplo para busca na base de dados de imagens

Os elementos descritivos do conteúdo da imagem gráfica exemplo são: alavanca; corpo do extintor de incêndio; rótulo; válvula; fundo na cor branca. A definição dos elementos descritivos do conteúdo serve somente para se obter uma melhor elaboração de análise dos resultados, não sendo observados da mesma forma pelo sistema na realização da busca na coleção de imagens.

Para fins de análise, separou-se, em proporções aproximadas, a presença de cada uma das cores perceptíveis visualmente na imagem exemplo; assim sendo: vermelho (40%) do total da área da imagem, preto (16%), cinza (6%) e fundo branco (38%).

Na seqüência, serão apresentados e analisados os resultados da busca tomando como parâmetros os atributos cor, forma e textura da imagem.

5.1.1. Busca Através da Característica “COR”

Nesta fase da análise, levou-se em consideração apenas o atributo “cor”, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Color Content*. As imagens selecionadas do banco de imagens pelo *Excalibur* são apresentadas na figura 14, sendo que elas estão ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo. Para uma análise mais efetiva, optou-se pelo retorno de 24 imagens, número máximo de imagens possíveis de serem apresentadas como resultado na interface do software.



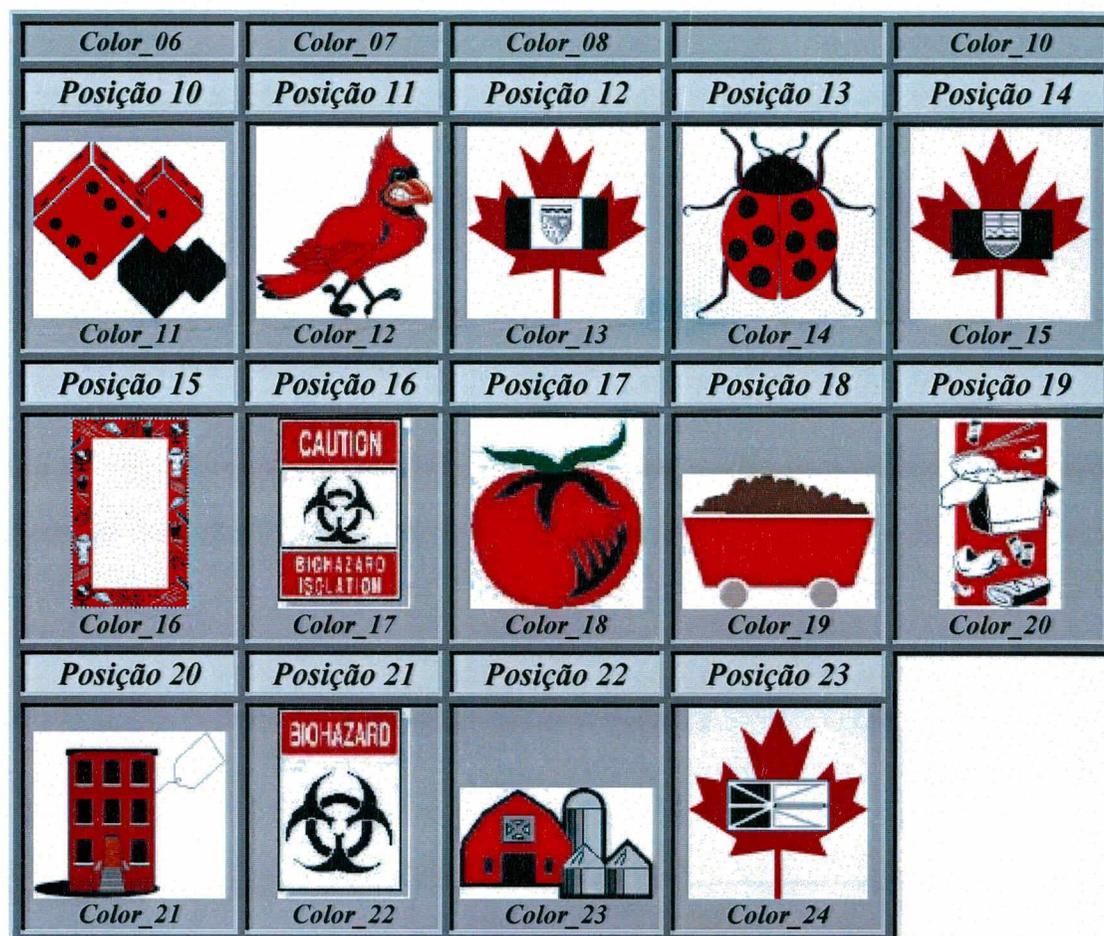


Figura 14: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor

Na busca realizada, procurou-se por imagens com exatamente as mesmas proporções de cores da imagem exemplo, uma vez que o valor estipulado foi grau de similaridade 5 (100%). Na busca através da cor, os algoritmos do *Excalibur* analisam a distribuição global de cores ao longo de toda a imagem; essa característica é aplicada tanto para a cor dominante quanto para variações, desprezando-se suas posições.

Notadamente, as imagens que retornaram do processo de busca, possuem proporções de cores muito próximas às da imagem exemplo. Praticamente todas as imagens possuem a presença das cores vermelha, preta, cinza e fundo branco. Nesse caso, a busca por semelhança de cores foi bastante eficaz para encontrar um objeto semelhante, cuja imagem selecionada na primeira posição (*Color_02*) foi a de um extintor de incêndio, que possui grande semelhança na cor, textura e forma.

Na imagem *Color_18*, selecionada na posição 17, observa-se a presença, em pequena proporção, da cor verde. Embora essa cor não esteja presente na imagem-exemplo, sua seleção deve-se à presença das cores vermelha, preta e fundo branco em proporções muito próximas às da imagem-exemplo.

Considerando que as imagens gráficas geradas por computador possuem cores homogêneas e características visuais bem definidas, o método de busca através da cor torna-se bastante eficiente para buscar imagens com semelhança e proporções de cores muito próximas da imagem exemplo. Este método é bastante útil quando o usuário busca, por exemplo, imagens de contexto naturalista com proporções elevadas de cor verde, pois o sistema se utiliza do atributo cor para apresentar imagens relacionadas a esse contexto.

5.1.2. Busca Através da Característica “FORMA”

Neste experimento, na busca na base de dados de imagens levou-se em consideração apenas o atributo “forma”, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Shape Content*. As imagens selecionadas dentro dessa faixa estão dispostas na figura 15, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo.





Figura 15: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da forma

Neste processo de busca, procurou-se por imagens que possuem semelhança no atributo “forma” para com a imagem exemplo. Pode-se observar que a imagem *Shape_06*, selecionada na quinta posição, possui maior semelhança quanto à forma, sinalizando que a busca por forma, neste caso, não foi a mais eficiente para encontrar imagens com metadados semelhantes. O motivo da seleção nessa posição deve-se à diferença na proporção de tamanho do corpo do extintor e a inversão da posição da válvula e da alavanca. Na imagem exemplo, a alavanca está orientada no lado esquerdo do corpo e a válvula no lado direito, ao contrário da imagem *Shape_06*.

Outro fator relevante que se observa no resultado da busca é que cerca de 50% das imagens possuem objetos no centro e na orientação vertical. Embora as imagens selecionadas possuem um baixo grau de semelhança visual com a imagem exemplo, as angulações das formas são bastante semelhantes. Nenhuma imagem selecionada possui

ângulo reto em suas bordas, seguindo aproximadamente os valores de angulações da imagem exemplo. As demais imagens estão totalmente fora do contexto da busca, confirmando trecho do texto do item 3.3.3 “a identificação das mesmas (formas) a partir de uma segmentação não-supervisionada não se mostra muito eficiente, pois podem ocorrer muitas situações de confusão, no momento em que são comparadas com outras formas semelhantes, mas com significado semântico diferente”.

Mesmo tendo a imagem exemplo formas gráficas bem definidas, o processo de busca não apresentou resultados satisfatórios, pois o atributo forma causa uma certa confusão de interpretação por parte do sistema, principalmente quanto à classificação semântica dos objetos da imagem. Muitas imagens resultantes da busca apresentam objetos semelhantes na forma, porém com significados semânticos diferentes.

Esse método de busca tem sua eficiência aumentada quando associado a mais algum outro atributo como a cor ou a textura. Dessa forma, pode-se diminuir a apresentação de imagens fora do contexto de busca.

A busca por forma, embora também tenha selecionada a imagem do extintor de incêndio (*Shape_06*) na quinta posição, resultou em uma quantidade bastante expressiva de imagens irrelevantes. Analisando os resultados, conclui-se que ainda se deve melhorar os algoritmos de análise dos motores de busca do sistema para esse tipo atributo, só assim a interpretação suprirá as reais necessidades do usuário, apresentando imagens que realmente satisfaçam seus anseios.

5.1.3. Busca Através da Característica “TEXTURA”

Nesta busca na base de dados de imagens, levou-se em consideração apenas o atributo “textura”, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Texture Content*. As imagens selecionadas dentro dessa faixa estão dispostas na figura 16, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo:



Figura 16: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da textura

Conforme citado no item 3.3.2: “a textura refere-se a um padrão visual que tem algumas propriedades de homogeneidade que não resultam simplesmente de uma cor ou intensidade”, sendo assim, a não presença da cor vermelha nas imagens selecionadas deve-se ao fato da grande homogeneidade dessa cor no corpo do objeto extintor de incêndio, característica própria de imagens gráficas geradas por computador, não sendo reconhecida pelo sistema como uma textura. Em medição detalhada pixel a pixel, observa-se que os metadados alavanca, válvula e fundo branco possuem variância na tonalidade dos pixels, acarretando no reconhecimento pelo sistema como sendo uma textura e não somente uma cor homogênea. Considerada como tal, passível de ser utilizada como parâmetro para efetuar a busca.

Conforme é denotado pelas imagens selecionadas, observa-se que 100% delas não se assemelham ao objeto extintor de incêndio, porém a textura do plano de fundo da imagem e da válvula aparecem em todas as imagens. O sistema selecionou dessa forma, devido ao valor alto de porcentagem espacial que essas texturas ocupam dentro do corpo global da imagem.

Portanto, a busca através da textura não apresentou bons resultados com imagens contendo cores sólidas e homogêneas, como a imagem exemplo utilizada nesse processo. Analisando essas características, o sistema apresentou resultados extremamente insatisfatórios, pois encontrou na imagem exemplo poucas regiões identificando texturas; sendo assim, fica muito difícil apresentar bons resultados utilizando-se dessas poucas características. De acordo com esses fatores, pode-se afirmar que, para imagens com cores sólidas e homogêneas, a busca através da textura não é a mais indicada.

5.1.4. Busca Através das Características “COR”, “FORMA” e “TEXTURA” Simultaneamente

Nesta busca na base de dados de imagens, associaram-se os atributos cor, forma e textura simultaneamente, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Color Content*, *Shape Content* e *Texture Content*. As imagens selecionadas dentro dessa faixa,

estão dispostas na figura 17, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo:



Figura 17: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor, forma e textura

Observando os resultados, nota-se que a imagem que mais se assemelha visualmente à imagem exemplo foi selecionada na primeira posição, indicando, neste caso, a eficiência da busca associativa dos três parâmetros.

Nesta forma de busca associativa de graus de similaridade, observa-se, nas mesmas proporções que a imagem exemplo, a presença das cores vermelha, preta, cinza e fundo branco em 100% das imagens selecionadas. Essa ocorrência é devido à visível solidez de cada cor presente na imagem gráfica, facilitando ao sistema a identificação das cores para efetivar a busca por imagens, considerando como parâmetro esse atributo.

Com a busca associativa, o atributo cor foi o que mais obteve imagens associadas ao seu contexto e isso se deve à grande quantidade de cor vermelha no corpo do objeto extintor de incêndio e à visível e notável separação das cores. Não há “sub-cores” ou a presença de cores saturadas, características que são próprias de imagens gráficas geradas por computador.

Também é notável a presença de objetos com angulações de bordas semelhantes aos da imagem exemplo. Aproximadamente 65% das imagens possuem seus vértices com angulações suaves, reforçando que a busca por forma evitou imagens com ângulos retos. Esse critério deve-se à forma física dos metadados da imagem exemplo, em que apenas aproximadamente 5% dos “pontos de dobra” das bordas possuem angulação em torno de 90°. Novamente, isto é facilitado pela característica das imagens geradas por computador: formada por objetos gráficos bem definidos.

Para nós, humanos, a maioria das imagens está fora do contexto semântico, porém, como os motores de busca não possuem capacidade de analisar semanticamente as imagens, esse resultado é o melhor que o sistema pode fornecer.

Em relação à textura, notamos que cerca de 38% das imagens possuem a mesma proporção de presença da textura em níveis de cinza, preto e fundo branco. Em relação

ao fundo branco, 100% das imagens apresentam essa característica, uma vez que sua proporção em relação ao corpo global da imagem exemplo é bastante expressiva, cerca de 38%. A presença maciça da cor branca é atribuída à facilidade de extração de cores em imagens gráficas e a busca pela cor branca através dos métodos de pesquisa que utilizam o atributo cor e o textura, ou seja, as duas formas de busca procuram pelo mesmo metadado, acarretando na seleção de imagens com essas características.

5.1.5. Síntese das análises elaboradas para imagens geradas por computador

Sintetizando as análises dos resultados obtidos pelos motores de busca, nota-se que as imagens apresentadas possuem proporções muito próximas de cores da imagem exemplo. Em relação às texturas, pelo fato de estarem pouco definidas na imagem exemplo, não apresentam resultados satisfatórios. Quanto ao atributo forma, é notável a discrepância nas imagens apresentadas. Conforme citado anteriormente, esse fato ocorre devido à complexidade na análise semântica dos metadados por parte do sistema. De maneira geral, a associação dos três atributos é recomendada para a busca, utilizando como imagem exemplo imagens geradas por computador.

5.2. Busca Utilizando Imagens Capturadas por Câmeras Fotográficas

Esse tipo de imagem, pertencente ao grupo formado por imagens capturadas por mecanismos de imageamento, possui cores multitonais, formas imprecisas e texturas visíveis e bem definidas, características visuais bem diferentes das imagens gráficas geradas por computador e, como existem dois grandes grupos de imagens, na seqüência, analisam-se os resultados fornecidos pelos motores de busca utilizando como parâmetro a imagem apresentada na figura 18, que detém todas as características desse grupo de imagens.

A imagem exemplo utilizada é apresentada abaixo e possui as seguintes características técnicas:

- **Largura:** 33,867 mm (96 pixels);
- **Altura:** 25,400 mm (72 pixels);

- **DPI do eixo “X”:** 72 DPI;
- **DPI do eixo “Y”:** 72 DPI;
- **Formato:** JPG – Bitmaps JPEG;
- **Sub-formato:** Compactação JPEG;
- **Tipo:** RGB de 24 bits;
- **Tamanho:** 4.397 bytes.

Quanto aos metadados descritivos do conteúdo, observam-se:

- céu;
- corpo d’água (mar);
- rochas.

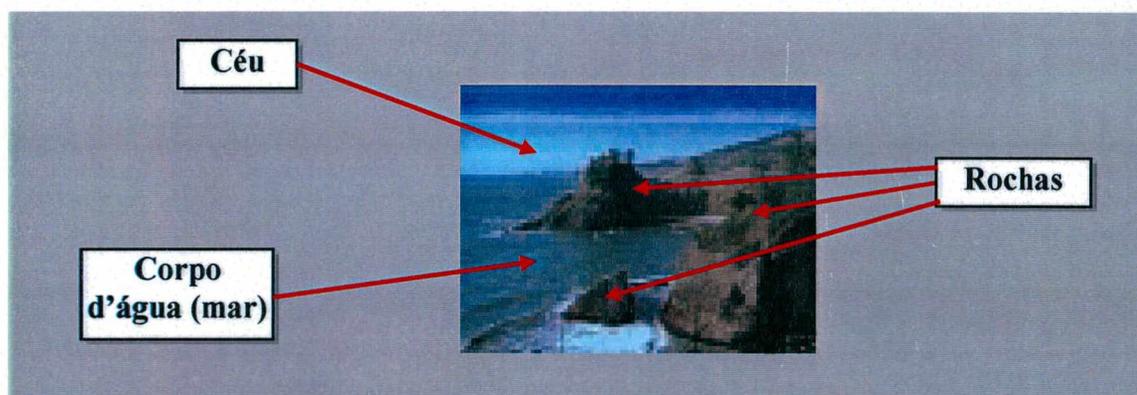


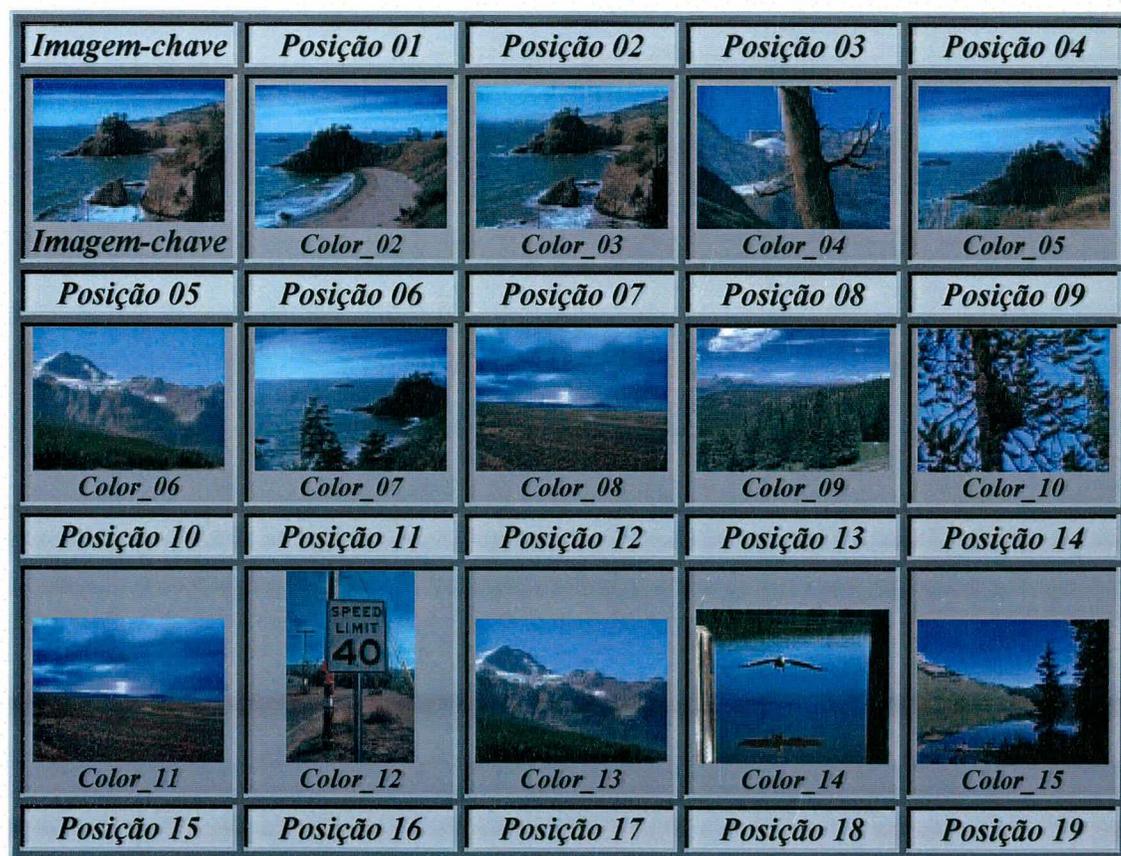
Figura 18: Imagem fotográfica exemplo para busca na base de dados de imagens

Para contribuir na elaboração da análise, separou-se em proporções aproximadas a presença de cada uma das texturas perceptíveis visualmente na imagem exemplo; assim sendo: textura céu (25%) do total da área da imagem, textura rochas (40%) e textura corpo d’água - mar (35%). Na imagem exemplo anterior, separaram-se as cores para análise, uma vez que a imagem possuía características gráficas com cores homogêneas e a presença de poucos pixels identificando texturas. Como na maior parte das imagens fotográficas multitonais, na figura 18 observa-se que os metadados da imagem não são preenchidos por cores homogêneas, mas sim pela presença de mais de uma cor, formando assim as texturas de preenchimento.

Para realizar as buscas, também se utilizaram as características cor, textura e forma dos objetos da imagem, desprezando-se as outras opções oferecidas pelo programa de busca como: *Brightness Structure*, *Color Structure* e *Aspect Ratio*. Nas próximas seções serão apresentados e analisados os resultados.

5.2.1. Busca Através da Característica “COR”

Nesta busca na base de dados de imagens, levou-se em consideração apenas o atributo “cor”, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Color Content*. As imagens selecionadas pelo *Excalibur* estão dispostas na figura 19, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo. Para uma análise mais efetiva, novamente optou-se pelo retorno de 24 imagens.



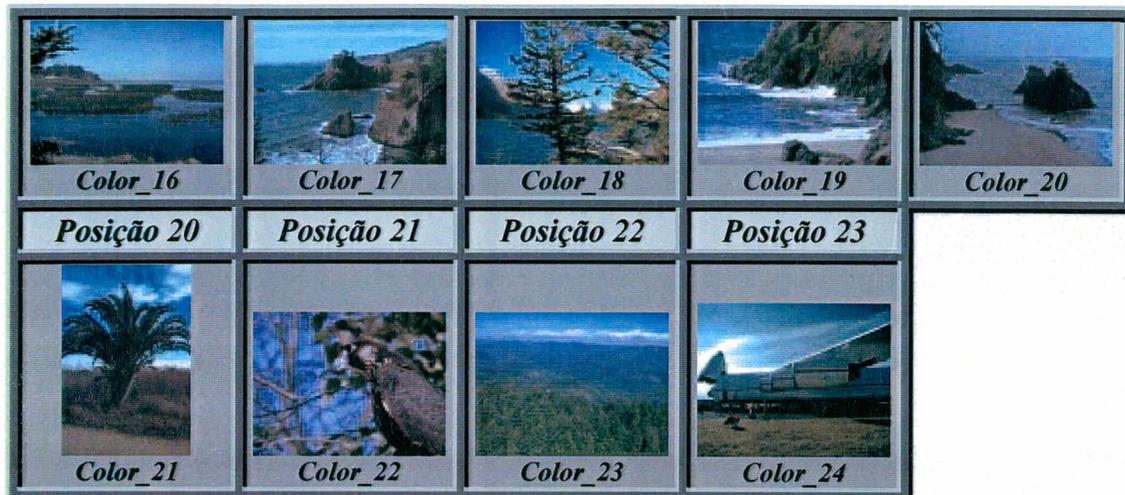


Figura 19: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor.

Na busca através da cor, conforme descrito na primeira análise, os algoritmos do *Excalibur* analisam a distribuição global de cores ao longo de toda a imagem, sendo que essa característica é aplicada tanto para a cor dominante quanto para variações, desprezando-se suas posições. Mesmo que os metadados que compõem a imagem sejam preenchidos por texturas, no momento em que o usuário seleciona a busca considerando apenas o atributo cor, ocorre a separação de cores da imagem exemplo por parte do sistema. Sendo assim, o resultado apresentado será formado por imagens que contenham as mesmas proporções de cores da imagem exemplo.

Analisando visualmente, nota-se a presença da textura céu, formada basicamente pela cor azul celeste saturada pela cor branca, em todas as imagens. Essa ocorrência é atribuída à singularidade na característica de formação dessa textura.

Nas imagens *Color_04*, *Color_06*, *Color_08*, *Color_09*, *Color_10*, *Color_11*, *Color_12*, *Color_13*, *Color_21*, *Color_22*, *Color_23* e *Color_24*, observa-se que não há a presença do mar, porém as imagens foram selecionadas por apresentarem as cores que formam os demais metadados em proporções muito próximas às da imagem exemplo e por seus metadados apresentarem cores que se assemelham às do metadado mar e rochedo.

Observa-se uma tendência na apresentação por imagens que contenham uma pequena porção de cor branca pura (não apenas como membro saturante de outras cores). Esse evento é atribuído à presença da cor branca no metadado mar, próximo ao rochedo, representando o efeito característico do choque entre a água do mar e o rochedo.

As imagens *Color_02* e *Color_3*, selecionadas na primeira e segunda posições, respectivamente, são extremamente semelhantes à imagem exemplo, considerando os atributos cor, textura e forma. A imagem *Color_03*, selecionada na segunda posição, é a que mais se assemelha visualmente à imagem exemplo. A sua ausência na primeira posição deve-se à mudança no ângulo em que a fotografia foi tirada, acarretando na diminuição do espaço do metadado céu e o aumento do espaço do metadado mar no corpo global da imagem, modificando os valores da quantidade que cada cor ocupa nos vetores de pixels utilizados na busca.

Na imagem *Color_14*, selecionada na décima terceira posição, não se observa o metadado céu, porém há a presença de um corpo d'água que o reflete. Sendo assim, na busca das cores, o sistema interpreta como sendo as cores do próprio metadado céu.

Conforme resultado obtido na busca por cor utilizando imagens gráficas, novamente este método mostrou-se bastante eficiente para imagens capturadas por mecanismos de imageamento, apresentando imagens com as mesmas proporções de cores da imagem exemplo. Portanto, é notável a presença, além do metadado céu, de rochedo, montanhas e/ou árvores na maioria das imagens, cujas cores que formam as texturas são similares às da imagem utilizada para comparação.

Para concluir a análise, de maneira geral a busca por cor mostrou-se eficiente para imagens que possuem cores e formas não homogêneas e texturas bem definidas, apresentando imagens com alto grau de semelhança com a imagem exemplo. Além da semelhança visual, o conteúdo semântico (paisagem naturalista) das imagens

apresentadas está dentro do contexto da busca, sinalizando novamente o bom desempenho deste método.

5.2.2. Busca Através da Característica “FORMA”

Nesta busca na base de dados de imagens, levou-se em consideração apenas o atributo “forma”, levando-se em conta a faixa de similaridade com valor “5” para *Shape Content*. As imagens selecionadas dentro dessa faixa estão dispostas na figura 20, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo:

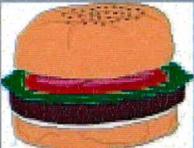
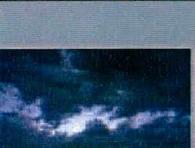
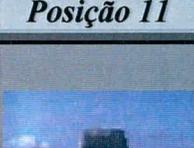
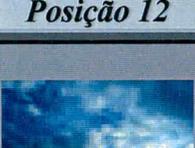
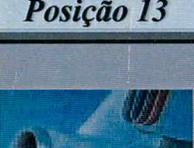
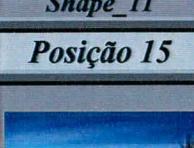
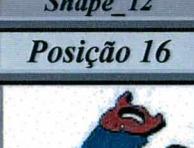
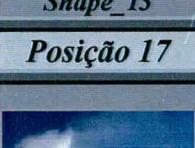
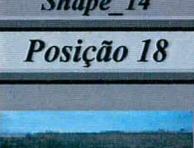
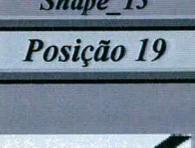
Imagem-chave  Imagem-chave	Posição 01  Shape_02	Posição 02  Shape_03	Posição 03  Shape_04	Posição 04  Shape_05
Posição 05  Shape_06	Posição 06  Shape_07	Posição 07  Shape_08	Posição 08  Shape_09	Posição 09  Shape_10
Posição 10  Shape_11	Posição 11  Shape_12	Posição 12  Shape_13	Posição 13  Shape_14	Posição 14  Shape_15
Posição 15  Shape_16	Posição 16  Shape_17	Posição 17  Shape_18	Posição 18  Shape_19	Posição 19  Shape_20
Posição 20	Posição 21	Posição 22	Posição 23	



Figura 20: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da forma.

Como os metadados da imagem exemplo possuem formas bastante irregulares, fica difícil a definição dos objetos por parte do sistema, na procura por imagens que contenham semelhança na forma e, por se tratar de uma imagem da natureza, as irregularidades ficam ainda mais acentuadas. Isto pode ser notado no resultado da busca apresentado na figura 20, onde as imagens *Shape_02* e *Shape_03*, expostas na primeira e segunda posições respectivamente, não possuem nenhuma relação no atributo forma com a imagem original. As imagens *Shape_05*, localizada na posição 04, *Shape_06*, posição 05, *Shape_07*, posição 06, *Shape_15*, posição 14, *Shape_17*, posição 16 e *Shape_20*, posição 19, também estão totalmente fora do contexto da busca, uma vez que não apresentam nenhum metadado semelhante aos da imagem exemplo, neste caso o sistema comprovou sua deficiência.

De acordo com as imagens apresentadas, pode-se considerar o resultado como insatisfatório. Cerca de 63% das imagens mostram apenas algum dos elementos correspondentes aos da imagem exemplo. As imagens *Shape_08*, localizada na posição 07, *Shape_09*, posição 08, *Shape_12*, posição 11, *Shape_16*, posição 15, *Shape_19*, posição 18 e *Shape_23*, posição 22, representando 25% do total de imagens, apresentam todos os metadados da imagem exemplo. Considerando essa porcentagem, podemos afirmar que, para este tipo de imagem exemplo, o atributo forma não é o mais indicado para buscar imagens na base de dados, pois as imagens que mais se assemelham, considerando o atributo forma, não foram apresentadas como resultado, conforme observado no processo de busca seguinte.

5.2.3. Busca Através da Característica “TEXTURA”

Nesta busca na base de dados de imagens, levou-se novamente em consideração apenas o atributo “textura”, ou seja, a faixa de similaridade foi de valor “5” para *Texture Content*. As imagens selecionadas dentro dessa faixa estão dispostas na figura 21, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo:

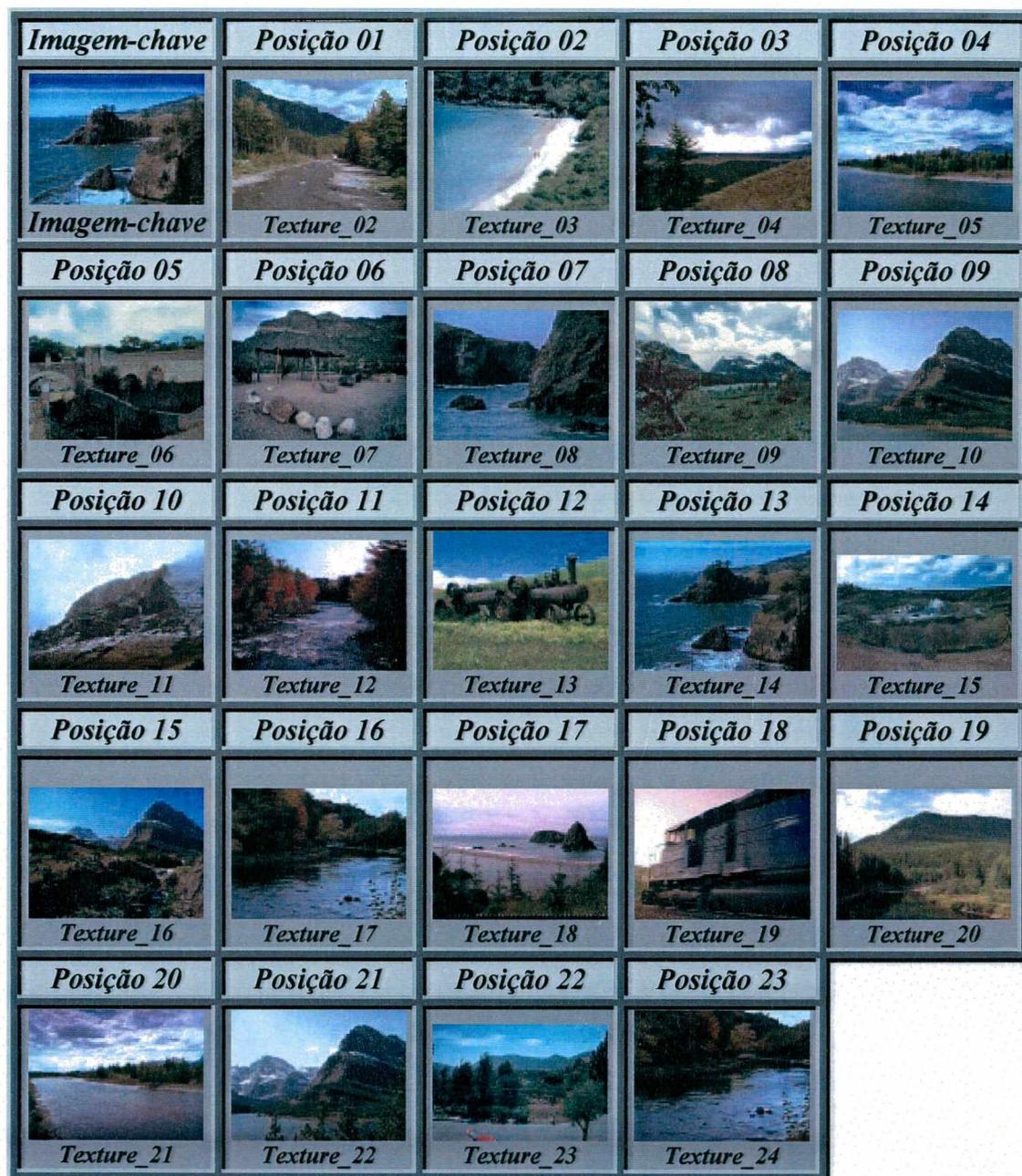


Figura 21: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da textura.

Na imagem exemplo, nota-se visualmente a presença de texturas que formam os elementos naturais, como: corpo d'água em tom esverdeado, representando o mar, a textura rocha em tom marrom esverdeado, representando o rochedo, e a textura céu em tom azul, representando o metadado céu.

Considerando que a textura céu é bastante singular, ou seja, é raro que uma imagem contenha algum metadado com textura semelhante que não represente o próprio céu, não ocorreram apresentações de imagens fora do contexto de busca por texturas com essas características. Na imagem *Texture_03*, selecionada na segunda posição, não há a presença do metadado céu, porém há a presença de uma textura semelhante encontrada no metadado mar. Analisando visualmente, nota-se o reflexo do céu na água do mar e, por conseqüência, o sistema interpreta como sendo a própria textura céu.

Ainda em relação à imagem *Texture_03*, observa-se, na orla marítima, a presença de vegetações com textura em tom verde misturado com marrom, muito similar às texturas rochedo e mar da imagem exemplo. A textura mar apresenta um tom esverdeado e a textura rocha um tom marrom; por conseqüência desses fatores há a interpretação por parte do sistema como sendo a imagem muito semelhante à imagem exemplo. As imagens *Texture_04*, *Texture_06*, *Texture_07*, *Texture_09*, *Texture_11*, *Texture_13*, *Texture_15*, *Texture_16*, *Texture_19* e *Texture_20*, não apresentam o metadado mar, mas suas seleções devem-se à semelhança nas texturas e suas presenças em proporções quantitativas muito próximas às da imagem exemplo. Chama a atenção a imagem *Texture_13*, selecionada na décima segunda posição, que apresenta o metadado céu, vegetação na cor verde e uma locomotiva. É perceptível visualmente a semelhança da textura dessa com a do rochedo, bem como a semelhança na quantidade de espaço ocupado pela textura céu com a quantidade que o mesmo metadado ocupa na imagem exemplo. A vegetação em tom verde-claro difere bastante da tonalidade das texturas da imagem original; sendo assim, podemos atribuir sua seleção às proporções das texturas rochedo e textura céu muito próximas da imagem exemplo.

A imagem *Texture_14*, selecionada na décima terceira posição, é visualmente idêntica à imagem exemplo considerando os atributos cor, textura e forma, porém não foi selecionada na primeira posição devido à mudança no ângulo em que a fotografia foi tirada, acarretando na diminuição do espaço do metadado céu e o aumento do espaço do metadado mar no corpo global da imagem, modificando os valores dos vetores de pixels de texturas utilizados na busca.

Após a análise das imagens apresentadas, chega-se a conclusão de que os motores de busca apresentaram imagens com características semânticas muito próximas às da imagem exemplo e, de maneira geral, considerou-se a busca através da textura indicada para imagens fotográficas que possuem cores multitonais, formas imprecisas e texturas visíveis e bem definidas, uma vez que todas as imagens apresentadas como resultado fazem parte do contexto da busca especificado pelo usuário.

5.2.4. Busca Através da Característica “COR”, “FORMA” e “TEXTURA” Simultaneamente

Novamente se associou os atributos cor, forma e textura para realizar o processo de busca na coleção de imagens, atribuindo valor “5” para *Color Content*, *Shape Content* e *Texture Content*. As imagens selecionadas dentro dessas faixas de valores estão dispostas na figura 22, ordenadas em posições conforme o grau de similaridade com a imagem exemplo:

<i>Imagem-chave</i>	<i>Posição 01</i>	<i>Posição 02</i>	<i>Posição 03</i>	<i>Posição 04</i>
				
<i>Imagem-chave</i>	<i>CST_02</i>	<i>CST_03</i>	<i>CST_04</i>	<i>CST_05</i>
<i>Posição 05</i>	<i>Posição 06</i>	<i>Posição 07</i>	<i>Posição 08</i>	<i>Posição 09</i>



Figura 22: Imagens apresentadas como resultado do processo de busca através da cor, forma e textura.

Nesta forma de busca associativa, observa-se que todas as imagens selecionadas apresentam elementos, cores, texturas e formas extremamente similares às da imagem exemplo. 15 imagens (63% do total) possuem exatamente os mesmos metadados da imagem exemplo e duas imagens possuem o mesmo conteúdo visual, confirmando a eficiência da busca associativa para este tipo de imagem.

Analisando a cor, textura e forma das imagens dispostas nas 4 primeiras posições, observa-se a existência dos mesmos metadados da imagem exemplo e de um objeto de forma semelhante, demonstrado na figura abaixo:

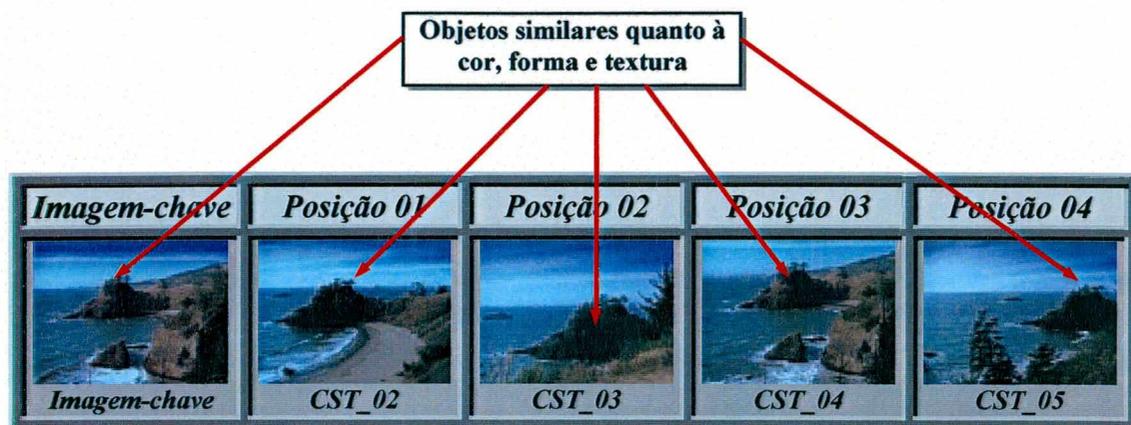


Figura 23: Demonstração de objetos semelhantes nas imagens apresentadas como resultado do processo de busca associativa

A imagem *CST_02*, selecionada na primeira posição, é bastante semelhante à imagem exemplo. Além do objeto demonstrado na figura 23, a forma e textura da orla marítima, a textura do céu e mar também possuem alto grau de semelhança com a imagem exemplo. A soma desses fatores levou o sistema a colocá-la na primeira posição.

Visualmente a imagem *CST_04*, selecionada na terceira posição, é aparentemente idêntica à imagem exemplo, porém, realizando uma análise mais apurada, notam-se mudanças no ângulo em que a imagem foi capturada, na coloração da textura do céu e no espaço ocupado pelo “efeito espuma” ocasionado pelo choque entre a água do mar e o rochedo. Essas pequenas diferenças visuais fizeram com que a imagem fosse disposta na terceira posição. A imagem *CST_12*, selecionada na décima primeira posição, também é aparentemente idêntica visualmente à imagem exemplo. Sua seleção nessa posição deve-se à mudança no ângulo de captura da imagem, à diferença no espaço ocupado pelo “efeito espuma” e a uma incidência maior do efeito de claridade sobre a imagem, modificando os valores dos vetores de pixels tanto para análise através da cor, quanto para análise através da textura.

As demais imagens apresentam proporções de texturas e cores muito similares à imagem exemplo. Quanto à forma, 16 imagens (67%) estão fora do contexto desse atributo de busca. Esse alto percentual é atribuído às irregularidades das formas da

imagem exemplo e à própria complexidade da análise e comparações de formas nas imagens.

De maneira geral, a busca associativa mostrou-se bastante eficiente para imagens fotográficas, apresentando como resultado somente imagens pertencentes ao contexto geral da busca, sinalizando ao usuário ser uma boa forma de pesquisa na coleção para recuperar imagens que possuem cores e formas variadas e texturas bem definidas.

5.3. Comparação dos Métodos Utilizados nos Processos de Busca

Tabela 6: Tabela resumo das análises

<u>Tipo de Imagem</u>	<u>Atributos</u>			
	Cor	Forma	Textura	Associação dos 3 atributos
Gráfica gerada por computador	Recomendada	Não recomendada * Recomendada somente se associada a outro atributo	Não recomendada * Recomendada somente se apresentar texturas	Recomendada
Capturada Fotograficamente	Recomendada	Não recomendada * Recomendada somente se associada a outro atributo	Recomendada	Recomendada

De acordo com as análises efetuadas, o sucesso nos processos de busca é altamente dependente das características que a imagem exemplo apresenta. Antes de se escolher o atributo utilizado para pesquisa, deve-se obter uma análise visual da imagem e uma análise minuciosa dos elementos/objetos contidos na imagem. Se a imagem possuir objetos com cores homogêneas, característica de imagens gráficas, a probabilidade da busca por cor satisfazer a necessidade do usuário é bastante considerável. Em se tratando de imagens que apresentam formas bem definidas, já foi

demonstrado que, mesmo assim, poderão ocorrer situações de confusão no processo de busca que utiliza esse atributo. Recomenda-se a associação com mais algum atributo. A busca por textura somente deve ser utilizada para imagem gráfica quando esta apresentar texturas visíveis, pois a não presença de algum tipo de textura acaba fazendo com que o sistema não tenha parâmetros para a busca e apresente imagens fora do contexto. Se a imagem exemplo apresentar texturas bem definidas, a busca, utilizando essa característica, mostrar-se-á bastante eficiente, pois a singularidade das texturas permite a apresentação de imagens com grandes probabilidades de estarem dentro do contexto de busca definido pelo usuário.

Em relação à imagem que possui cores e formas variadas e texturas bem definidas, como a exemplo utilizado na segunda análise, a busca por cores e por texturas mostrou-se bastante eficiente, uma vez que o sistema consegue interpretar bem essas características, facilitando a pesquisa na coleção. Quanto à busca através da característica forma, foram apresentadas expressivas quantidades de imagens fora do contexto da busca, sinalizando que esse método, neste caso, também necessita ser associado a um outro para melhorar os resultados.

A associação das três características é um fator considerável no processo de busca, mostrando-se bastante eficiente para os dois tipos de imagens utilizados nas análises.

Para todos os tipos de imagens, uma vez encontradas imagens com relevância, é indicado realimentar o processo de busca, alterando as faixas de similaridade e, se for necessário, a própria imagem exemplo, aumentando assim a probabilidade do sistema apresentá-las com graus de similaridades dentro do contexto esperado.

5.4. Conclusão

Utilizando a ferramenta de busca por imagens *Excalibur*, a qual é considerada na literatura bastante eficiente para execução da pesquisa, na prática, observa-se que ainda devem-se aprimorar seus motores de busca em relação ao conteúdo semântico das

imagens apresentadas como resultado do processo. É notável, em alguns casos, a discrepância visual entre a imagem escolhida e as imagens selecionadas como resultado.

Quando utilizada essa ferramenta, muitas vezes é necessária a pesquisa chamada de busca por “realimentação por relevância”, na qual o usuário pode novamente escolher outros valores para os graus de similaridade e/ou outra imagem para efetuar nova busca.

No processo de busca nas grandes coleções, ainda é necessário que o usuário observe todas as imagens na interface do programa de busca, visualizando uma a uma e, possível e provavelmente, refinando a busca. A complexidade do processo é notório, devido principalmente às diversidades de valores de cores, forma e textura. Junte-se a esses fatores a associação contextual requerida pelo usuário quando no efetivo uso de uma determinada imagem.

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Ultimamente, as mudanças tecnológicas têm acontecido rapidamente e num espaço de tempo cada vez menor. Isto coloca a biblioteca num período de transição, passando de uma organização ligada ao material impresso, para outra onde quase tudo será armazenado sob forma digital. Diferentemente das bibliotecas tradicionais, as bibliotecas digitais não se localizam em um determinado prédio ou edifício. Provavelmente muitos desses prédios irão desaparecer do campus; outros sobreviverão. A natureza da biblioteca digital do futuro está sendo forjada hoje, e entender todas as suas implicações é tarefa vital para os bibliotecários, profissionais da área de informação e usuários dos serviços.

Logo, é razoável compreender que cada vez mais usuários estão resolvendo suas demandas de informação por meio da Internet e, por isso, surge o crescimento das bibliotecas digitais.

A inserção de grandes quantidades de imagens digitais nas coleções dessas bibliotecas representa uma crescente necessidade para o desenvolvimento de técnicas sofisticadas para analisar, catalogar e recuperar informação visual automaticamente. Trata-se de uma área multidisciplinar envolvendo tópicos de processamento digital de imagens, reconhecimento de padrões, computação gráfica, ciência cognitiva, teoria da informação, recuperação de informação e sistemas de gerenciamento de banco de dados.

Vários sistemas de consulta de imagens baseados no conteúdo visual têm sido apresentados na literatura. Tem havido grande progresso no desenvolvimento de ferramentas que permitem aos usuários especificarem consultas de imagens através do uso de seleção de características visuais (cor, textura e forma). Quando o número de imagens torna-se expressivo, métodos de indexação eficientes são uma necessidade. Incorporação de realimentação pelo usuário no processo interativo de consulta é

também altamente desejável, uma vez que a percepção dele em relação ao resultado apresentado pela consulta pode ser um tanto quanto subjetiva.

Analisando o atual *estado da arte* dos motores de busca utilizados nas coleções de imagens das bibliotecas digitais, reitera-se que ainda é necessário otimizar e customizar as ferramentas, inserindo técnicas mais aprimoradas, melhorando os algoritmos para que forneçam maior precisão na análise e escolha das imagens que serão apresentadas como resultado. A concretização desses fatores objetiva satisfazer a premissa tão esperada quando da busca por imagens nas coleções das bibliotecas digitais:

- Informação rápida e relevante. Relevante, em primeiro lugar, e rápida, se possível!

Este trabalho conceituou o processo de transição da biblioteca tradicional para a biblioteca digital, bem como as vantagens destas. Demonstrou o processo de formação, captura, digitalização e compressão da imagem para inserção nas coleções. Na seqüência foram conceituados os atributos cor, forma e textura, os quais são utilizados como parâmetro para realizar o processo de indexação das imagens e elaborou análises dos resultados fornecidos pelos motores de busca por imagens através do conteúdo. Com o desenvolvimento deste trabalho, outras perspectivas de trabalhos futuros foram identificadas:

- Elaborar análises de resultados com outros tipos de imagens.
- Demonstrar matematicamente o funcionamento das fórmulas utilizadas no processo de análise das imagens.
- Desenvolver motores de busca com ferramentas de domínio público.
- Pesquisar o perfil dos usuários com o objetivo de construção de interfaces mais otimizadas.

Referências Bibliográficas

- ABATE, A. F. Et al. An image management environment with content-based access. *Image and Vision Computing*, 17:967 – 980, 1999.
- ALBUQUERQUE, Marcio Pontes et all. *Processamento de Imagens: Métodos e análises*.CBPF/MCT.
- ALVAREZ, J. R.; VILANOVA, J. B. S. Texture frame curves and regions of attention using adaptive non cartesian networks. *Pattern Recognition*, 32:503 – 515, 1999.
- AMADASUN, M.; KING, R. *Textural Features Corresponding to Textural Properties*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 19 (1989). Pp.1264-1274.
- ARAÚJO, A. de A. Texture analysis. A review. *Revista Tecnologia e Ciência*, 1(2-3), 1987.
- ARAÚJO, Arnaldo de A.; GUIMARÃES, Silvio Jamil Ferzoli. *Recuperação de informação visual com base no conteúdo em imagens e vídeos digitais*. Volume VII. Número 1. Setembro de 2000.
- ASSCHE, S. V.; PHILIPS W.; LEMAHIEU I. Lossless compression of pre-press image using a novel colour decorrelation techniques. *Pattern Recognition*, 32:435 – 441, 1999.
- BERALDI A.; PARMIGGIANI, F. An investigation of the textural characteristics associated with gray level coocurrence matrix stactical parameters. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2):293-304, March 1995.
- BERMAN, A. P.; SHAPIRO, L. G. A flexible image database system for conten-based retrieval. *Computer Vision and Image Undertanding*, 75(1/2):175 – 199, July / August 1999.
- BIMBO, A. D. Special issue on Color and texture analysis. *Pattern recognition*, 32(10), 1999.
- BIMBO, A. D. *Visual Information Retrieval*. Morgan Kaufmann, 1999.
- BIMBO, A. D. et al Special issue on Document image understanding and retrieval. *Computer Vision and Image understanding*, 75(1/2), 1999.
- BIMBO, A. D. et al. Visual query by color perceptive regions. *Pattern Recognition*, 31(9):1241 – 1253, September 1998.
- BLATTNER, M. M.; DANNENBERG, R. B. *Multimedia Interface Design*. ACM Press, 1992.

BOLDRIN, E.; SCHETTINI, R. Faithful cross-media color matching using neural networks. *Pattern Recognition*, 32:465 – 476, 1999.

BRANDALISE, Amauri Alfredo. Compressão em arquivos digitais de imagens: onde estamos e para onde vamos?. Curitiba – PR.

CAMARÃO, Paulo C. B. *Glossário de informática*. Inglês – Português. 2ª ed. LTC: Rio de Janeiro, 1994.

CATELL., R. G. C. *Object-Oriented and Extended Relational Database-System*. Adison-Wesley Publishing Company, Inc, 1994.

CHEN, H. et al. A parallel computing approach to creating engineering concept spaces for semantic retrieval: the illinois digital library initiative project. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine intelligence*, 18(8):771 – 782, August 1996.

CHEN, T. (Ed.). Special issue on Multimedia processing – Part 1. *Proceedings of the IEEE*, 86(5), 1998.

CHETVERIKOV, D. Texture analysis using feature-based pairwise interaction maps. *Pattern Recognition*, 32:487 – 502, 1999.

COLEMAN, G. B.; ANDREWS, H. C. Image segmentation by clustering. *Proceedings of the IEEE*, (5):773-775, May 1979.

COLOMBO, C.; BIMBO, A. D. Color-indexing image representation and retrieval. *Pattern Recognition*, 32:1685 – 1695, 1999.

CUNHA, Murilo Bastos da. Desafios na construção da biblioteca digital. *Ciência da Informação* v.28,n.3, p.255 - 266,.1999

CUNHA, Murilo Bastos. *Bases de Dados e Bibliotecas Brasileiras*. Brasília: ABDF, 1984.

CONVERA. Convera Corporation. Apresenta informações sobre a empresa Convera. Disponível em: <http://www.convera.com>. Acesso em: julho de 2002.

DOERMANN, D. The indexing and retrieval of document images: a survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 70(3):287 – 298, June 1998.

DUDA, R. O.; HART, P. E.. *Pattern Classification and Scene Analysis*. John Wiley & Sons, 1973.

EAKINS, John. P.; GRAHAM, Margaret. E. *A report to the JISC Technology Applications Programme*. Institute for Image Data Research. University of Northumbria at Newcastle. January 1999.

EXCALIBUR. Excalibur Visual RirievalWare. Apresenta e versão demonstrativa do software Excalibur. Disponível em: <http://vrw.excalib.com:8015/cst>. Acesso em: junho/2002.

FILHO, Wilson de Pádua Paula. *Multimídia: Conceitos e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

FLICKNER, M. et al. Query by image and video content: the QBIC system. *IEEE Computer Magazine*, 28(9):23-32, September, 1995.

FOLEY, J. D. Et al. *Computer graphics: principles and practice*. 2ª ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997.

FONSECA, Leila Maria Garcia. *Processamento Digital de Imagens*. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

FRAKEL, C.; SWAIN, M. J.; ATHITSOS, V. Webseek: An image search image for the world wide web. Technical Report TR-96-14, Computer Science Department, University of Chicago, 1996.

GEVERS, T.; SMEULDERS, A. W. M. Color-based object recognition. *Pattern Recognition*, 32:453 – 464, 1999.

GUDIVADA, V. N.; RAGHAVAN, V. V. (Eds.). Special issue on Content-based image retrieval systems. *IEEE Computer*, 9, 1995.

INOUE, S. *Video Microscopy*. 4ª Ed. Plenus Press. Nova Iorque, 1989.

JAIN, A. K. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall, 1989.

JIN, J. S.; KURNIZWATI, R. A scheme for intelligent image retrieval in multimedia databases. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 7(4):369 – 377, December 1996.

JORDAN, C. L. B.; EBRAHINI, T.; KUNT, M. Progressive content-based shape compression for retrieval of binary images. *Computer Vision and Image Understanding*, 71(2):198 – 212, August 1998.

KANAI, J.; BAIRD, H. (Eds.). Special issue on Document image understanding and retrieval. *Computer Vision and Image Understanding*, 70(3), 1998.

KHOSHAFIAN, S.; BAKER, A. B. *Multimedia and Imaging Databases*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 1996.

KLIST, M.; RIVLIN, E. Invariant based shape retrieval in pictorial databases. *Computer Vision and Image Understanding*, 71(2):182 – 197, August 1998.

LANCASTER, F. W. Thread or opportunity? The future of library services in the light of technological innovations. *Ver. Es. Doc. Cientt.*, v.15, n.3, 1992.

LEUNG, C. (Ed.). Special issue on Content-based image indexing and retrieval. *Image and Vision Computing*, 17(7), 1999.

LEVACOV, Marília. Bibliotecas Virtuais: problemas, paradoxos, Controvérsias. Capturado em 20 agosto de 1999. On-line. Disponível na Internet <http://www.ilea.ufrgs.br/intexto/v1n1/a-v1n1a5.htm>

LU, S.; FU, K.. A syntatic approach to texture analysis. *Computer Graphics and image Processing*, (7):303-330, March 1978.

MIKSA, F. L. Doty P. *Intellectual Realities and the Digital Library*, 1995. <http://www.csdl.tamu.edu/DL94/paper/miksa.html>

OJALA, T.; PIETIKÄINEN, M. Unsupervised texture segmentation using feature distributions. *Patterns Recognition*, 32:477 – 486, 1999.

OLIVEIRA, Elysio Mira Soares de. <http://www.geocities.com/SiliconValley/Sector/3172> 2ª Ed., 1998.

PALA, P.; SANTINI, S. Image retrieval by shape and texture. *Pattern Recognition*, 32:517 – 527, 1999.

PAUWELS, E. J.; FREDERIX, G. Finding salient regions in images nonparametric clustering for image segmentation and grouping. *Computing Vision and Image Understanding*, 75(1/2):73 – 85, July/August 1999.

REVISTA INFORMÁTICA MÉDICA. Vol. 1, Nº 106 – Nov.Dez./1998. (<http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0106/imagens.htm>). Acesso em: junho/2002.

SCLAROFF, S.; TAYCHER, L.; CASCIA, M. L. Imagerover: A content-based image browser for the world wide web. In. *Proc. Of the IEEE Workshop on Content-based Access for Image and Video Libraries*, volume 6, 1997.

SHARMA, G.; VRHEL, M. J.; TRUSSEL, D. J. Color indexing for multimedia.. 86(6):1088 – 1108, June 1998.

SMITH, J. R.; CHANG, S. F. Searching for images and videos on the world wide web. Technical Report CU/CTR 459-96-25, Columbia University, August 1996.

SMITH, J. R.; CHANG, S. F. An image and video search engine for the world wide web. In *Proc. Of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, 1997.

SMITH, J. R.; LI, C. S. Image classification and querying using composite region templates. *Computer Vision and Image Understanding*, 75(1/2):165 – 174, July / August 1999.

SWAIN, M. J.; BALLARD, D. H. Color Indexing. *International Journal of Computer Vision*, 7(1):11 – 32, 1991.

SZIRÁNYI, T.; CSAPODI, M. Texture classification and segmentation by celular neural networks using genetic learning. *Computer Vision and Image Understanding*, 70(3):255 – 270, September 1998.

TAMURA, H.; MORI, S.; YAMAWAKY, T. *Textural Features Corresponding to Visual Perception IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-8(6), pp. 460-473, 1972.

TEKALP, A. (Ed.). Special issue on Multimedia porcessing – Part 2. *Proceedings of the IEEE*, 86(6), 1998.

UNICAMP. Cenapad - Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho de São Paulo (<http://www.cenapad.unicamp.br/servicos/scannerdicas.shtml>). São Paulo. Acesso em: junho de 2002).

WILLRICH, Roberto.; PISTORI, Jeferson. MONTEZ, Carlos. *Arquitetura e Implementação de uma Biblioteca Digital Multimídia Usando Ferramentas de domínio Público*. Florianópolis, 2000.

WOURNER, G. V.. *Wavelet For Multiscale Texture Analysis*. PhD thesis, universitaire Instelling Antwerpen, 1998.

YATEZ R. B.; NETO, B. Ribeiro. *Modern information Retrieval*. Addison Wesley, 1999.