

**Projeto Submetido ao CNPq em Fevereiro de 2001  
Projeto de Pesquisa - Auxílio Integrado**

## **ANALIX**

# **Análise, Recuperação e Visualização de Imagens e Seqüências de Imagens**

Arnaldo de Albuquerque Araújo  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação  
Av. Antônio Carlos, 6627  
31.270-010 Belo Horizonte - MG  
Tel.: (031) 3499-5860/5873  
Fax: (031) 3499-5858  
E-mail: [arnaldo@dcc.ufmg.br](mailto:arnaldo@dcc.ufmg.br)

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	2
1 RESUMO .....	4
2 EQUIPE .....	4
3 COLABORADORES EXTERNOS .....	5
4 INTRODUÇÃO .....	7
5 OBJETIVOS .....	9
6 LINHA DE PESQUISA I .....	13
6.1 Introdução .....	13
6.2 Resultados Esperados .....	14
6.3 Cronograma .....	14
7 LINHA DE PESQUISA II .....	16
<i>Visualização de Escoamento em Válvulas Cardíacas</i> .....	16
7.1 Introdução .....	16
7.2 Justificativa .....	17
7.3 Visualização Científica .....	19
7.4 Objetivos .....	20
7.5 Cronograma .....	21
8 LINHA DE PESQUISA III .....	22
<i>Reconstrução de Pares Estereoscópicos Aerofotográficos</i> .....	22
8.1 Introdução .....	22
8.2 Aplicação .....	23
8.3 Resultados Esperados .....	24
8.4 Cronograma .....	24
9 LINHA DE PESQUISA IV .....	25
<i>Sistemas de Informações Multimídia</i> .....	25
9.1 Introdução .....	25
9.2 Resultados Esperados .....	27

9.3 Cronograma .....	28
<b>10 LINHA DE PESQUISA V.....</b>	<b>29</b>
<b>Recuperação de Imagens na Web.....</b>	<b>29</b>
10.1 Introdução .....	29
10.2 Recuperação de Imagens na Web Baseada no Conteúdo Visual.....	31
10.3 Resultados Esperados.....	32
10.4 Cronograma .....	33
<b>11 LINHA DE PESQUISA VI.....</b>	<b>34</b>
<b>Indexação e Detecção de Eventos em Seqüência de Imagens.....</b>	<b>34</b>
11.1 Introdução .....	34
11.2 Indexação em Seqüência de Imagens.....	35
11.3 Detecção de Eventos .....	36
11.4 Classificação e Recuperação de Comerciais .....	36
11.5 Resultados Esperados.....	36
<b>12 EQUIPAMENTOS SOLICITADOS – JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>38</b>
12.1 Lista de Equipamentos Solicitados.....	38
<b>13 ORÇAMENTO DETALHADO .....</b>	<b>39</b>
<b>14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

# 1 RESUMO

Este Projeto de Pesquisa - Auxílio Integrado, solicita ao CNPq apoio para realização de pesquisa em processamento digital de imagens, envolvendo o desenvolvimento de metodologias e soluções para diversas aplicações propostas pelos parceiros do Núcleo de Processamento Digital de Imagens - NPDI/DCC/UFMG.

# 2 EQUIPE

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, Coordenador
- Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr. - UFOP e CETEC/MG, pesquisador
- Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa - UFMG/EE
- Prof. Dr. Marco Aurélio Romano-Silva - UFMG/ICB
- Prof. Dr. Britaldo Soares Filho – UFMG/IGC
- Prof. Dr. Neucimar Jerônimo Leite – UNICAMP - Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Michel Couprie - Groupe ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Profa. Dra. Sylvie Philipp - ENSEA/ETIS, Convênio CAPES/COFECUB
- Néelson Spangler de Andrade, MSc - PRODEMGE, analista de sistemas
- Eliane Amorim Dutra - APM, conservadora
- Marcelo Bernardes Vieira - doutorando em CC/UFMG
- Paulo Sérgio Silva Rodrigues - doutorando em CC/UFMG
- Sílvio Jamil Ferzoli Guimarães - doutorando em CC/UFMG
- André Ricardo Massensini - doutorando em CB/UFMG
- Helton J. Reis - doutorando em CB/UFMG
- Camillo Jorge Santos Oliveira - mestrando em CC/UFMG
- Bernardo Moreira de Faria - mestrando em CC/UFMG
- Eduardo Alves do Valle Júnior - mestrando em CC/UFMG
- Gustavo Cerqueira - mestrando em CC/UFMG
- 2 Bolsistas de Iniciação Científica

### 3 COLABORADORES EXTERNOS

Apresenta-se, a seguir, uma lista dos colaboradores externos envolvidos neste projeto, assim como suas funções a serem exercidas:

- Prof. Dr. Michel Couprie  
Instituição: École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique - ESIEE Paris, França (Convênio CAPES/COFECUB)  
Função no Projeto: Suporte em topologia digital e morfologia matemática - Co-orientador de Estágio/Sanduíche.
- Profa. Dra. Sylvie Philipp  
Instituição: École Nationale Supérieure d'Électronique et ses Applications - ENSEA/ETIS, Cergy Pontoise, França  
Função no Projeto: Suporte em reconstrução 3D de edifícios - Co-orientadora de Estágio/Sanduíche.
- Prof. Dr. Neucimar Jerônimo Leite  
Instituição: Instituto de Computação – UNICAMP (Convênio CAPES/COFECUB)  
Função no Projeto: Suporte em morfologia matemática - Co-orientador de Tese de Doutorado.
- Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr.  
Instituição: Departamento de Geologia/UFOP + CETEC/MG  
Função no Projeto: Suporte em geologia e análise de imagens de sensoriamento remoto, fornecimento de imagens - Co-orientador de Tese de Doutorado.
- Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa  
Instituição: Departamento de Engenharia Mecânica – Escola de Engenharia/UFMG  
Função no Projeto: Suporte em escoamento dinâmico, fornecimento de imagens - Co-orientador de Tese de Doutorado.
- Prof. Dr. Britaldo Soares Filho.  
Instituição: Instituto de Geociências/UFMG  
Função no Projeto: Suporte em geologia e análise de imagens de sensoriamento remoto, fornecimento de imagens - Co-orientador de Dissertação de Mestrado.

- Prof. Dr. Marco Aurélio Romano-Silva  
Instituição: Departamento de Farmacologia – Instituto de Ciências Biológicas/UFMG  
Função no Projeto: Suporte em análise de imagens microscópicas, fornecimento de imagens.
- Eliane Amorim Dutra, conservadora  
Instituição: Arquivo Público Mineiro - APM  
Função no Projeto: Suporte em restauração e conservação de documentos, fornecimento de imagens.
- Néelson Spangler de Andrade, MSc, analista de sistemas  
Instituição: Companhia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais – PRODEMGE  
Função no Projeto: Suporte em bancos de dados multimídia.

## 4 INTRODUÇÃO

Em seus onze anos de existência, o NPDI sempre procurou interagir com outras instituições, desenvolvendo pesquisa aplicada e buscando soluções e metodologias para os problemas de seus parceiros, entre eles, podemos citar:

- Centro de Restauração de Obras de Arte - CECOR, Escola de Belas Artes/UFMG
- Departamento de Anatomia Patológica - Escola de Medicina/UFMG
- Departamento de Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia/UFMG
- Departamento de Farmacologia - Instituto de Ciências Biológicas/UFMG
- Instituto de Geociências - UFMG
- Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN/CNEN
- Centro de Tecnologia - CETEC/MG
- Fundação Ezequiel Dias - FUNED/MG
- Arquivo Público Mineiro - APM/MG
- Comp. de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais - PRODEMGE
- Instituto de Criminalística - SSP/MG

Através do Acordo de Cooperação Internacional CAPES/COFECUB no. 204/97/99, com validade de jan. 1997 a fev. 2001, conseguimos oficializar interação antiga com a École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique - ESIEE Paris, França, iniciada em 1990. A sistemática destes convênios nos proporcionou quatro missões de trabalho por ano, duas no sentido BR/FR e duas no sentido contrário. Além de nos permitir uma constante atualização tecnológica, esta cooperação com a França tem facilitado nosso contato com as seguintes instituições francesas:

- École Nationale Supérieure d'Électronique et ses Applications - ENSEA, Équipe Traitement d'Images et du Signal - ETIS, Cergy Pontoise. Contatos: Prof. Jean-Pierre Cocquerez e Profa. Sylvie Philipp.
- École Nationale Supérieure des Télécommunications - ENST, Département Images, Paris. Contatos: Prof. Henri Maître e Profa. Isabelle Bloch.
- École Nationale Supérieure des Mines de Paris - ENSMP, Centre de Morphologie Mathématique, Fontainebleau. Contatos: Prof. Jean Serra e Prof. Dominique Jeulin.

Por meio deste intercâmbio internacional, temos trazido convidados a palestras para o Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens - SIBIGRAPI:

- SIBIGRAPI'92 - Prof. Gilles Bertrand - ESIEE
- SIBIGRAPI'96 - Prof. Mohamed Akil - ESIEE
- SIBIGRAPI'97 - Profa. Isabelle Bloch - ENST
- SIBIGRAPI'99 - Prof. Jean-Pierre Cocquerez e Profa. Sylvie Philipp – ENSEA
- SIBIGRAPI'01 - Prof. Michel Couprie – ESIEE

A formação de alunos de Pós-Graduação, o desenvolvimento de plataformas e ferramentas de ensino para Processamento Digital de Imagens (PDI), foram uma preocupação constante de nossas atividades. Foi assim que, neste período, conseguimos formar dois doutores e 16 mestres na área de PDI, além de orientação de cerca de 30 alunos de graduação (Projetos Orientados em Ciência da Computação e Iniciação Científica). Atualmente, nossa equipe envolve 3 doutorandos e dois mestrandos, além de quatro novos mestrandos que iniciarão suas atividades a partir de março 2001. Nossos resultados foram publicados em cerca de 60 artigos em congressos e periódicos, nacionais e internacionais. Também, fazemos parte da equipe do Projeto SIAM - PRONEX do DCC/UFMG.

Graças aos auxílios recebidos do CNPq, da FAPEMIG e da CAPES, temos conseguido manter os equipamentos do NPDI em funcionamento. Segue abaixo, uma lista de nossos equipamentos e periféricos que deverão entrar como contrapartida do DCC/UFMG neste projeto:

- 02 SUN Sparcstations 4
- 01 X-Terminal NCD
- 02 PC Pentium 300 MHz
- 01 PC Pentium 266 MHz
- 02 PC Pentium 200 MHz
- 01 PC Pentium 133 MHz
- 01 IBM PC Pentium 75 MHz
- 01 SONY Trinitron color video monitor 20"
- 01 SONY Trinitron color video monitor 9"
- 01 SONY CCD color video camera
- 01 SONY video cassette recorder



- 01 SONY video laser disc player
- 03 CONNECTIX quickcam USB video cameras
- 03 ENCORE DVD II multimedia kits
- 01 SURESTORE CD/RW
- 01 HP Scanjet 4C
- 01 HP Jetdesk 1100 CSE
- 01 MIRO DC20 PLUS video frame grabber

Este projeto de pesquisa pede apoio ao CNPq, para estender trabalhos desenvolvidos no NPDI nas seguintes áreas:

- Análise de imagens microscópicas
- Visualização científica
- Reconstrução de pares estereoscópicos aerofotográficos
- Sistemas de informação multimídia
- Recuperação de informação visual na *Web*
- Indexação e detecção de eventos em seqüências de imagens

## 5 OBJETIVOS

Estender e consolidar pesquisa em desenvolvimento no NPDI é o objetivo principal deste projeto. Interagindo com outras instituições locais, contando com o apoio de uma Cooperação Internacional CAPES/COFECUB, esperamos desenvolver algoritmos e metodologias para solucionar problemas em aplicações propostas por nossos parceiros.

Estarão envolvidos no projeto, nas nossas diversas linhas de pesquisa, três doutorandos e quatro mestrados em Ciência da Computação, além de dois doutorandos em farmacologia (sob a orientação do prof. Marco Romano, Dept. de Farmacologia, ICB/UFMG). Alunos de graduação também participarão, através de projetos orientados. Dois dos doutorandos em CC realizam atualmente estágios-sanduíche, um na ENSEA, Cergy-Pontoise e outro na ESIEE Paris. Também, os doutorandos em CC têm como co-orientadores os profs. Marco Pinotti, Dept. de Engenharia Mecânica, EE/UFMG, Paulo Pereira Martins Jr., UFOP, e Neucimar Jerônimo Leite, IC/UNICAMP.

Na área de segmentação de imagens microscópicas, nosso grupo tem desenvolvido um trabalho considerável. Projetos iniciais desenvolvidos no NPDI, em

parceria com o CDTN e o prof. Eduardo Bambirra da EM/UFMG, envolveram a análise de imagens microscópicas de cerâmicas e óxidos [Araújo92a, Andrade92, Andrade93a] e amostras patológicas renais [Araújo93a, Andrade93b, Araújo97a].

Ainda nesta área, com apoio do Groupe ESIEE Paris, conseguimos o desenvolvimento de um novo algoritmo [Andrade96, Andrade97, Andrade98, Andrade99, Matta98a, Matta98b, Matta98c], seguindo a linha de pesquisa da École des Mines de Paris [Banon94, Barrera94, Beucher90, Grimaud91, Grimaud92, Meyer90, Meyer91, Meyster95, Vincent90, Vincent91]. Deveremos aplicar nossa experiência adquirida nesta área em aplicação envolvendo imagens de microscopia confocal, juntamente com o prof. Marco Romano do ICB/UFMG [Araújo01a]. Detalhes serão apresentados na seção Linha de Pesquisa I.

Trabalhos iniciados em conjunto com o prof. Marcos Pinotti do Departamento de Mecânica, EE/UFMG, na área de detecção de pontos críticos em escoamentos hidráulicos, utilizando técnicas de PDI [Rodrigues98a, Rodrigues98b, Rodrigues99a, Rodrigues99b, Rodrigues99c, Rodrigues99d, Pinotti00], deverão ser estendidos visando o desenvolvimento de um sistema de visualização científica. Detalhes serão apresentados na seção Linha de Pesquisa II.

Na área de segmentação e análise de imagens de sensoriamento remoto, desenvolvemos, juntamente com o prof. Paulo Martins do CETEC/MG e UFOP, excelente trabalho numa aplicação de detecção de fraturas geológicas [Vieira98, Martins99a, Martins99b] e noutra aplicação de detecção de formas geológicas circulares, crateras geradas por vulcões e impacto de corpos celestes [Hadad00, Araújo01b]. Neste último caso, conseguimos o desenvolvimento de uma metodologia para a identificação de crateras. Um grupo de rotinas (sensoriamento remoto, segmentação, detecção de padrões, reconhecimento de alvos, etc.) foi implementado num sistema provendo uma interface amigável. O reconhecimento de objetos é a última etapa numa cadeia de processamento envolvendo quatro fases: pré-processamento, detecção de padrões, reconhecimento e identificação de padrões.

Estaremos agora trabalhando com um tipo de modelagem de terreno, envolvendo orto-retificação digital de imagens aero-fotográficas. Vários *sites*, por exemplo, se servem deste tipo de aplicação para disponibilizar imagens de zonas urbanas. Cidades como Belo Horizonte, Brumadinho, entre outras, têm atualmente suas imagens orto-retificadas e disponibilizadas na Internet. Obviamente, o próximo passo será a modelagem tridimensional destas cidades. São muitas as aplicações de tal modelo: logísticas (empresas de transporte, de energia, de saneamento, de telecomunicações), turismo, engenharia, entretenimento, etc. Outro tipo de

aplicação é a análise de impacto ambiental em áreas rurais com a modelagem (inclusive temporal) do relevo da região de interesse. Detalhes serão apresentados na seção Linha de Pesquisa III.

Nossas aplicações nas belas artes, desenvolvidas juntamente com o prof. Luiz Souza do CECOR/UFMG, envolveram a análise de imagens de raios-x de estátuas de madeira [Araújo92b], desenvolvimento de protótipo para base de dados para documentos históricos [Araújo93b] e a análise de imagens de fotografias, em infravermelho, de pinturas [Araújo96a, Araújo96b, Araújo97b, Araújo98].

Ainda nesta área, com o Arquivo Público Mineiro (APM), desenvolvemos um sistema de informação multimídia para a coleção de documentos do ex-presidente Arthur Bernardes [Spangler98a, Spangler98b, Spangler98c, Spangler00]. Com base na experiência adquirida com este sistema, desenvolvemos, também, um protótipo para o Instituto de Criminalística da Secretaria de Segurança Pública de Minas Gerais, visando o acesso de laudos importantes que possam ser considerados como modelos para a elaboração de outros laudos, principalmente, por peritos localizados no interior do estado. Esperamos que este protótipo deva ajudar o IC para a modelagem de um sistema visando a automação do arquivamento em formato digital de seus laudos. Foram realizados testes para verificação da melhor maneira de digitalização dos diversos tipos de dados existentes nos laudos (texto, fotografias, vídeo, resultados de testes laboratoriais, etc.). Optou-se pelo uso de um sistema de gerenciamento de bancos de dados multimídia que seja relacional/orientado para objetos [Mitre00, Huguet00]. Neste novo projeto, deveremos aplicar nossa experiência no desenvolvimento de um sistema de informação multimídia para contemplar, desta vez, o grande acervo fotográfico do APM. Detalhes serão apresentados na seção Linha de Pesquisa IV.

Por fim, em nossa linha de pesquisa em recuperação de informação visual com base no conteúdo, conseguimos realizar um grande levantamento bibliográfico, o que nos capacitou a preparar um curso tutorial [Araújo00a] para o SIBGRAPI 2000, assim como tem servido para a apresentação de diversas palestras convidadas. Estes estudos realizados nos levaram a iniciar pesquisa em três aplicações diferentes: bancos de imagens digitais, recuperação de imagens através da Web e detecção de eventos em seqüências de imagens digitais.

A aplicação mais desenvolvida no momento é a de imagens digitais, onde atuamos em cima de um banco de imagens de grãos de pólen, obtidas a partir de amostras de mel de abelha, visando o controle de qualidade do produto gerado por pequenos produtores de Minas Gerais, realizado pela FUNED. Conseguimos o

desenvolvimento de uma metodologia que se baseia na extração de características texturais das imagens, obtidas através de propriedades energéticas das transformadas wavelet. A classificação destas características é realizada por uma rede neural não supervisionada. A metodologia foi testada em um pequeno grupo da base de imagens (32 amostras), com resultados encorajadores [Araújo00b, Araújo01c]. Devemos prosseguir com esta linha de pesquisa para sua aplicação em toda a base de imagens, envolvendo a implementação de uma interface que permita a nossos parceiros da FUNED a consulta à base de imagens de maneira automática. Nas Linhas de Pesquisa V e VI, apresentamos detalhes dos objetivos deste projeto para recuperação de imagens através da Web e detecção de eventos em seqüências de imagens digitais, respectivamente. A restauração de filmes antigos também será contemplada [Araújo01d].

Este projeto, seus equipamentos e bolsas solicitados deverão ajudar a consolidar a cooperação desenvolvida entre o NPDI/UFMG e seus parceiros nacionais (DEM/EE/UFMG, ICB/UFMG, IGC/UFMG, PRODEMGE, CETEC/MG, APM, IC/UNICAMP) e internacionais (Groupe ESIEE Paris, ETIS/ENSEA - Convênio CAPES/COFECUB).

## **6 LINHA DE PESQUISA I**

### **Segmentação e Análise de Imagens Microscópicas**

#### **Equipe:**

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, coordenador
- Prof. Dr. Michel Couprie - ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Marco Aurélio Romano-Silva – ICB/UFMG
- Bernardo Moreira de Faria – mestrando em CC/UFMG
- Helton J. Reis - doutorando em CB/UFMG
- André Ricardo Massensini - doutorando em CB/UFMG

#### **6.1 Introdução**

O NPDI desenvolveu uma experiência considerável na área de análise de imagens microscópicas. Nesta nova aplicação, deveremos processar imagens de microscopia confocal geradas pelo Departamento de Farmacologia do ICB/UFMG, onde estudam a participação dos canais de sódio e dos íons sódio na neurotransmissão sináptica no cérebro, seu envolvimento com os canais de cálcio e a liberação de neurotransmissores.

Atualmente, a microscopia confocal de varredura a laser (MCLV) é uma valiosa ferramenta na obtenção de imagens com alta resolução e na reconstrução tridimensional de uma variedade de amostras biológicas. Por oferecer várias vantagens sobre a microscopia convencional, a microscopia confocal tem se tornado uma grande aliada nos estudos envolvendo os mecanismos de comunicação celular. A fina espessura do campo de varredura (0,5 a 1,5 micrometros) do MCLV permite que a informação seja coletada a partir de uma seção óptica bem definida, eliminando a fluorescência fora de foco e resultando em um aumento no contraste, na intensidade do sinal detectado.

Com isto, a microscopia confocal proporciona um meio de se observar os componentes estruturais e as variações iônicas de células vivas e tecidos em tempo real, sem fixação ou artefatos de seccionamento físico, oferecendo meios eficazes de resolver problemas biológicos e trazendo novos esclarecimentos quanto à estrutura e função celular. O DF/ICB possui softwares comerciais, para análise destas imagens, adquiridos juntamente com o MCLV, mas que não estão resolvendo de tudo suas necessidades para avaliação dos resultados em algumas situações. Deveremos, então, apoiar o DF/ICB através do desenvolvimento de

metodologias, aplicando técnicas de PDI para incrementar a análise destas imagens. Na Figura 6.1, apresentamos exemplos de imagens desta categoria.

O procedimento de caracterização de materiais a partir de suas micrografias passa por diversas etapas de processamento, dependendo do material e do objetivo pretendido. Um procedimento típico para caracterização digital de um material pode incluir as seguintes etapas, após a aquisição das imagens:

- aplicação de técnicas de realce
- filtragem
- aguçamento das bordas das células ou grãos
- eliminação de pequenas inclusões ou defeitos na imagem
- rejeição das células ou grãos incompletos que aparecem nas bordas da imagem
- segmentação e rotulação automáticas de cada célula ou grão
- cálculo das áreas individuais (média, desvio padrão, densidade)
- cálculo da distribuição de frequências
- análise estatística.

## 6.2 Resultados Esperados

Pretende-se atingir as seguintes metas:

- Obter uma metodologia para realçar e caracterizar diferentes tipos de microestruturas em imagens da microscopia confocal
- Estender à área biológica conceitos estabelecidos pela área de ciências exatas quanto aos procedimentos de caracterização de materiais
- Integrar grupos de trabalho da área exata aos da área biológica.

## 6.3 Cronograma

Pretende-se seguir o seguinte cronograma:

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Elaboração do modelo de análise	X			
Obtenção das imagens	X	X		
Desenvolvimento dos algoritmos para análise de imagens		X	X	
Depuração e testes		X	X	X
Aplicação às imagens		X	X	X
Elaboração de relatórios e artigos	X	X	X	X

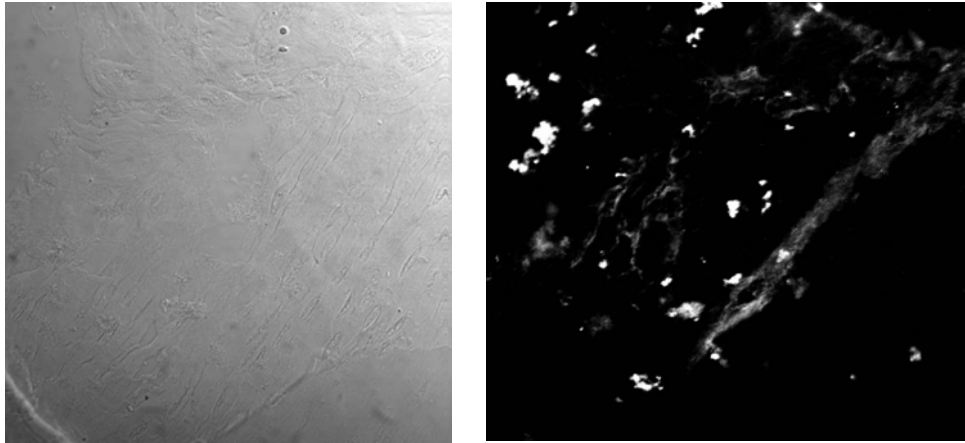


Figura 6.1: Exemplos de imagens da microscopia confocal geradas pelo ICB/UFMG.

## 7 LINHA DE PESQUISA II

### Visualização de Escoamento em Válvulas Cardíacas

#### Equipe:

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, coordenador
- Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa – UFMG/DEMEC
- Paulo Sérgio Silva Rodrigues - M.Sc, doutorando em CC/UFMG

#### 7.1 Introdução

As válvulas cardíacas são suscetíveis a patologias de várias etiologias que comprometem gravemente o sistema cardiovascular. Soluções para essas complicações, via de regra, incluem substituições valvares por próteses mecânicas ou biológicas, as quais foram introduzidas na década de 50. Desde então, grande variedade de modelos de próteses valvares foi utilizada, em virtude de nenhuma delas preencher as características de uma prótese ideal. A complicação mais comum em próteses mecânicas é o tromboembolismo exigindo a administração crônica de anticoagulantes. A avaliação dos implantes valvares após três décadas mostrou que tanto válvulas mecânicas como biológicas apresentam curvas de morbimortalidade similares ao final de 10 anos de implante. Desse modo, desenvolvimentos nessa área têm sido dirigidos para a melhoria de performance e durabilidade de ambos os tipos de próteses.

Apesar de vantagens e desvantagens, as válvulas biológicas e mecânicas têm critérios distintos de indicação, como idade do paciente e grupos com ou sem contra-indicação de anticoagulantes, além de outros fatores como reologia sanguínea, *status* metabólico e re-operação indicada, tornando clara a necessidade de disponibilidade desses dois tipos de implantes. Nos Estados Unidos, 80% das trocas valvares têm como indicação válvula mecânica, enquanto que no Brasil cerca de 80% são de biopróteses. Os dados refletem a realidade do mercado brasileiro de válvulas mecânicas, que apresenta uma demanda reprimida de próteses mecânicas de baixo custo. No caso das próteses mecânicas, não existem fabricantes nacionais no mercado e nem tecnologia necessária para verificar os potenciais hemolíticos e trombogênico *in vivo* ou *in vitro*, cujo desenvolvimento pode ser viabilizado com a conclusão desse projeto através de uma parceria entre o Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) e o NPDI/DCC, ambos da UFMG. O DEMEC ficaria responsável pela construção da bancada de testes do Sistema Hidráulico para



testes das próteses e o DCC/NPDI ficaria responsável pelo desenvolvimento de um sistema de aquisição, interpretação e visualização de imagens de fluxo hidráulico (nesse caso fluxo sanguíneo) na saída dessas próteses que permita o estudo das características do escoamento através de imagens capturadas com uma câmera digital, CCD, na bancada de testes (Figura 7.1), como será explicado mais adiante.

## 7.2 Justificativa

O perfeito desempenho das válvulas cardíacas depende da interação funcional entre a parede arterial, cordoalha tendiosa, músculos papilares e parede ventricular. Doenças congênitas, reumáticas, infecciosas e isquêmicas podem prejudicar essa interação, levando à necessidade de reparo valvar ou, eventualmente, sua substituição por próteses biológica ou mecânica. A melhora na qualidade e na duração da vida útil da válvula mecânica depende diretamente do desempenho hidrodinâmico do dispositivo empregado. Apesar de não existir ainda uma prótese (biológica ou mecânica) com a mesma performance da válvula natural, espera-se que a válvula artificial, quando implantada, introduza uma baixa resistência ao fluxo sanguíneo, quando totalmente aberta e que permita um refluxo mínimo ou ausente durante o seu fechamento.

A decisão do tipo de implante, biológico ou mecânico, a cargo da equipe cirúrgica, depende de uma série de fatores, entre os mais importantes, a idade do paciente, sua condição sócio-econômica e o seu acesso a serviços de ultra-som e laboratórios especializados para o controle do implante. Sabe-se que existem vantagens e desvantagens associadas ao uso de próteses biológicas e mecânicas. As vantagens da válvula biológica são o seu baixo custo (de 2 a 4 vezes menor que a válvula mecânica), o fato de o paciente não necessitar de terapia de anticoagulação e também seu funcionamento ser silencioso. Por outro lado, este tipo de prótese sofre calcificação precoce, quando implantada em pacientes jovens (< 30 anos) e sua vida média (10 a 20 anos) é menor quando comparada com as válvulas mecânicas. A vantagem da válvula mecânica é a ausência de fenômenos de calcificação em pacientes jovens, porém, traz consigo alguns problemas inerentes à sua construção, tais como o seu alto custo, a necessidade de se manter o paciente em terapia de anticoagulação e o fato de não ser silenciosa em funcionamento.

O Brasil detém o 3º lugar no mundo em número de operações cardíacas. Considerando-se a quantidade proporcional de pacientes jovens em nosso país, decorrente da pirâmide de idade, existe uma demanda reprimida de próteses valvares mecânicas. Excluindo-se a parcela da população que não possui acesso a

controle laboratorial (situação com tendência de diminuição no futuro), o principal fator limitante do mercado da válvula mecânica no Brasil é o seu alto custo.

Neste contexto, os projetos RHAÉ (“Desenvolvimento de Válvulas Cardíacas Biológicas e Mecânicas” Proc. n. 610.048/96-1, área: Materiais Especiais) e o Programa de Desenvolvimento e Construção de Válvulas Cardíacas de Pericárdio Bovino e Mecânicas, Projeto de Inovação Tecnológica, Proc. n. 96/02455-8, já aprovado, nos quais o Prof. Marcos Pinotti é o responsável pelo desenvolvimento da parte hidrodinâmica do projeto da válvula mecânica, visam prover o mercado interno com uma prótese mecânica valvular com projeto nacional e de baixo custo. O Prof. Pinotti é co-orientador de doutorado do aluno Paulo Sérgio Rodrigues e responsável pelos dois projetos citados acima.

O projeto de uma válvula mecânica deve satisfazer quatro critérios básicos: segurança, performance hidrodinâmica semelhante à válvula natural, hemocompatibilidade e baixa trombogenicidade. Como será discutido a seguir, é muito difícil a obtenção de um projeto onde todos os critérios são satisfeitos simultaneamente e, portanto, deve-se buscar um compromisso ótimo entre eles.

A segurança é uma consequência do projeto mecânico (geometria e espessura de recobrimento biocompatível das partes em contato com o sangue), escolha dos materiais e do controle de qualidade de fabricação. A segurança pode ser verificada utilizando análise de tensões nas partes da válvula durante operação (simulação) e por testes acelerados de fadiga (experimental).

A performance hidrodinâmica ideal requer baixo gradiente de pressão transvalvar e baixos níveis de turbulência e regurgitação. Estes parâmetros são obtidos pela otimização da geometria das partes móveis da válvula. O gradiente de pressão e nível de regurgitação podem ser verificados através de sistemas comerciais de análise de performance, como é o caso do Duplicador de Pulso PDS4 da Shelhigh (não disponível na UFMG). Os níveis de turbulência podem ser obtidos em duas situações distintas, em fluxo contínuo e em fluxo pulsado. Em fluxo contínuo, é possível a detecção de tenções de Reynolds (que ocorrem em escoamento turbulento) no momento de máximo fluxo (abertura total da válvula). Tais medidas, que são úteis na estimativa de hemólise, serão realizadas futuramente de duas maneiras: utilizando o anemômetro laser Doppler (assim que for viabilizado pelo projeto RECOPE/UFMG, já aprovado) e através de um Sistema Automático de Visualização de Fenômenos de Fluxo Hidráulico, a partir de imagens de turbulência capturadas com uma câmera CCD, na saída da válvula, em experimentos *in vitro*. Esse visualizador, descrito com mais detalhes mais adiante, é a proposta de doutorado que já está em fase de implementação.

A barreira da trombogenicidade ainda não foi vencida por nenhum fabricante de válvulas mecânicas. Todos os pacientes que recebem este tipo de prótese são dependentes de uma terapia de anticoagulantes. A trombogenicidade é devida não apenas ao material utilizado, mas também é função do projeto dos mancais e das características do escoamento que passa pela válvula (presença ou não de regiões de estagnação e com altos níveis de turbulência). Esse tipo de fenômeno pode ser também estudado através do Visualizador.

A primeira fase de execução dos projetos requer a construção de uma bancada de testes, para produzir as características do escoamento do sangue que passa pela válvula em teste, no momento de máximo fluxo (condição de fluxo contínuo, citado acima) como também observar pontos de estagnação (durante a sístole) de diferentes protótipos. As informações obtidas nesta fase servirão para aprimorar o projeto geométrico dos protótipos a serem testados nas próximas fases.

### **7.3 Visualização Científica**

Recentemente, métodos de visualização de dados têm ganhado notoriedade devido ao impacto que vêm causando em diversas áreas das atividades científicas. Visualização é uma área da ciência, onde informações, de certa forma invisíveis, tornam-se visíveis graças à ajuda de técnicas computacionais [Arrowsmith92, Braile96, Ford97, Hirsch74, Jaim89, Merzkirch74, Rao92, Shu91, Silver97, Takenko76]. Trata-se de uma área relativamente nova, tendo ganhado notoriedade somente no início dos anos 90. Visualização Científica é uma área que usa, geralmente, técnicas desenvolvidas em diversas outras áreas como Processamento de Imagens, Computação Gráfica, Inteligência Artificial, Visão Computacional, entre outras. Uma área de aplicação muito rica para Visualização é sem dúvida a mecânica dos fluidos, onde se tem normalmente um grande volume de dados, geralmente, muito complexos de se equacionar ou imaginar sem a ajuda de computador. Técnicas de visualização para escoamento turbulento, podem ser úteis no estudo de diversos outros fenômenos que envolvem turbulência como ar, água, óleo e também fluxo sanguíneo no caso de aplicações médicas.

Um Sistema de Visualização completo é, geralmente, montado a partir de vários subsistemas de diversas outras áreas do conhecimento. De uma maneira geral, um Sistema de Visualização é composto dos seguintes subsistemas: aquisição dos dados (geralmente através de modelos matemáticos e simulação numérica), processamento e análise dos dados e display dos resultados, geralmente com interação homem-máquina. Cada um desses sistemas pode utilizar

técnicas de diferentes áreas. Existem muitos trabalhos sendo desenvolvidos separadamente para cada um desses diferentes subsistemas.

#### **7.4 Objetivos**

Um sistema de interpretação e visualização de fluxo sanguíneo na saída de próteses cardíacas pode ajudar no estudo do comportamento hidrodinâmico dos padrões de fluxo que acompanham esses tipos de fenômenos e conseqüentemente na construção de novas e melhores próteses (Figura 7.1). A idéia geral é a construção de um modelo e implementação de um sistema de captura, interpretação e visualização de dados. O primeiro passo para esse projeto (cerca de 1/3 to trabalho) já está em fase final de construção [Rodrigues99a, Rodrigues99b, Rodrigues99d, Pinotti00]. Esse trabalho consta de um sistema de detecção e descrição dos padrões de fluxo como vórtice, espiral, centróide e ponto de sela. Para essa etapa, foram implementadas novas técnicas baseadas na tendência da literatura e também foram propostas variações que consideramos contribuir para o desenvolvimento da área.

O segundo e terceiro passos do trabalho, que consistem na proposta de doutorado, são a descrição das características do escoamento, como regime de escoamento, velocidade e sentido do fluxo, grau de trombogenicidade, turbulência e regiões de pressões diferenciadas, utilizando-se uma seqüência de imagens capturadas em experimentos *in vitro* (Figura 7.1). Isso permitirá a geração de dados para o passo seguinte que será o sistema de visualização do fenômeno.

Tem-se a intenção, assim, de propor um design mais adequado para estas próteses que possua um menor índice de trombogenicidade e potencial hemolítico melhorando a sua performance e conseqüentemente a qualidade de vida dos pacientes que necessitam desse tipo de implante. Isso será conseguido através de um sistema que permita ao pesquisador adicionar, alterar, quantificar, rastrear ou detectar características específicas do escoamento, escolhendo assim, o melhor design possível das próteses mecânicas (Visualizador).

Um fato importante é que o sistema completo não necessita de processamento em tempo real. O sistema Hidráulico, mostrado na Figura 7.1, está em fase de montagem pelo departamento de Engenharia Mecânica e o Sistema Digital está em fase de implementação como foi mencionado acima. São sistemas independentes e portanto consideramos viável a construção do sistema digital pelo DCC/NPDI, independente da construção do Sistema Hidráulico pelo DEMEC/UFMG.

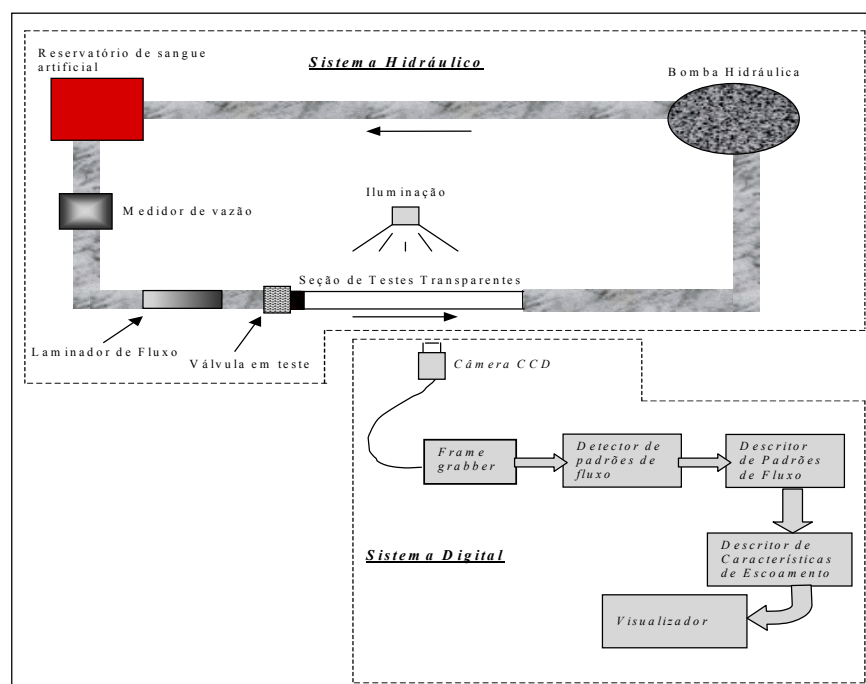


Figura 7.1: Sistema Hidráulico-Digital para estudo das características do comportamento de fluxo sanguíneo (in vitro) na saída de próteses cardíacas.

## 7.5 Cronograma

Pretende-se seguir o seguinte cronograma:

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Projeto detalhado da bancada de testes	X	X		
Construção do Visualizador		X	X	
Processamento dos resultados			X	X
Publicação dos resultados	X	X	X	X

## 8 LINHA DE PESQUISA III

### Reconstrução de Pares Estereoscópicos Aerofotográficos

#### Equipe:

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo – UFMG/DCC, coordenador
- Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr. – UFOP/DEGEO
- Prof. Dr. Britaldo Soares Filho – UFMG/IGC
- Profa. Dra. Sylvie Philipp-Foliguet – ENSEA/ETIS – França
- Marcelo Bernardes Vieira – M.Sc, doutorando em CC/UFMG
- Gustavo Cerqueira – mestrando em CC/UFMG

#### 8.1 Introdução

Verifica-se no mercado uma oferta cada vez maior de serviços que envolvem algum tipo de modelagem de terreno. Um exemplo de técnica de modelagem de terreno é a que trata de orto-retificação digital de imagens aero-fotográficas. Vários *sítes*, por exemplo, se servem deste tipo de aplicação para disponibilizar imagens de zonas urbanas. Cidades como Belo Horizonte, Brumadinho, entre outras, têm atualmente suas imagens orto-retificadas e disponibilizadas na Internet. Este tipo de trabalho está sendo realizado pela empresa Millenium-Map para disponibilizar ainda este ano as imagens de toda a Grã-Bretanha. Obviamente, o próximo passo será a modelagem tridimensional destas cidades. São muitas as aplicações de tal modelo: logísticas (empresas de transporte, de energia, de saneamento, de telecomunicações), turismo, engenharia, entretenimento, etc. Outro tipo de aplicação é a análise de impacto ambiental em áreas rurais com a modelagem (inclusive temporal) do relevo da região de interesse.

Existem, entretanto, vários problemas técnicos relacionados com a modelagem de terreno de grandes áreas. O trabalho a ser desenvolvido se relaciona com um destes problemas que é a altimetria (DEM ou *Digital Elevation Model*) do terreno [Cord98]. Uma das formas de se obter a altimetria do terreno é interpolar a cartografia existente com pontos ou polígonos cotados. O problema é que as cartas topográficas não cobrem detalhes como edifícios e outros objetos importantes de uma cena urbana e podem não ser contemporâneas com os objetos de modelagem (fotografias, mapas, modelos, etc.).

A altimetria também pode ser obtida pela utilização de aparelhos específicos como radares e sensores a laser. Os modelos mais comuns fornecem uma altimetria às vezes não densa mas com grande precisão. A vantagem destes aparelhos é a sua praticidade. Entretanto, o seu alto custo operacional inviabiliza projetos de grande porte. Além disso, é inadequado para modelar terrenos de diferentes épocas. Isto é relevante já que existe hoje no país uma grande base de fotografias aéreas que cobrem grande parte do território. Todo o contexto acima compõe a motivação para a linha de pesquisa.

Esta linha de pesquisa se insere no tema de modelagem de terreno. Por ser multidisciplinar, demanda o estudo de disciplinas e métodos distintos dos quais se utilizam técnicas específicas na reconstrução de terreno. Podemos citar a computação gráfica, o processamento de imagens, a recuperação de informação, a visão computacional, a codificação de imagens, etc.

O trabalho de pesquisa a ser realizado concentra-se nas disciplinas de processamento de imagens e visão computacional no que diz respeito à reconstrução tridimensional de pares estereoscópicos [Cord99, Baillard99]. Neste contexto, temos como objetivos principais:

- Pesquisar, sob apoio da equipe do ETIS, a aplicação da técnica em pares estereoscópicos com parâmetros arbitrários (escalas diferentes, parâmetros de sobreposição variados, área rural, etc.) e a produção de mosaicos de uma região a partir dos pares estereoscópicos que o compõem;
- Aplicar técnicas de reconstrução em fotografias de área urbana de alta resolução (experimental) de uma grande região urbana;
- Disponibilizar os modelos reconstruídos na Internet para acesso público.

## **8.2 Aplicação**

Propõe-se aplicar as técnicas de reconstrução em imagens fornecidas pelo IBGE, pelo IGN – França, e outras disponibilizadas na Internet. Imagens de diferentes épocas também estão previstas. Desta forma, pode-se analisar a evolução de cenas urbanas.

O objetivo é modelar uma grande região urbana e assim fornecer os dados necessários para a próxima etapa que consiste em produzir mosaicos de toda a região. Para calibração das técnicas de reconstrução, está prevista a utilização de imagens de maquetes feitas pela própria equipe. Estas imagens servirão para testar

diferentes configurações de captura de informação. Obviamente, estas imagens podem não corresponder às imagens reais de terreno. O único objetivo é testar os efeitos de pares feitos em diferentes ângulos no desempenho das técnicas empregadas.

### 8.3 Resultados Esperados

Espera-se obter uma grande base de imagens e respectivos modelos digitais de elevação para posterior processamento de construção de mosaico. A disponibilização desta base de imagens e de modelos de elevação será bastante útil para a comunidade científica que trabalha com o problema de se obter mosaicos de zona urbanas. Esta base de imagens servirá também de referência para futuros trabalhos em reconstrução estereoscópica.

Desta forma, este projeto visa prover informações básicas necessárias à reconstrução de grandes regiões urbanas e dar suporte à evolução de algumas zonas cobertas em diferentes épocas. Sua disponibilidade na Internet poderá ser útil também para estudantes ligados à área de urbanismo, arquitetura e engenharia. Os modelos também serão úteis para as aplicações ligadas à realidade virtual.

### 8.4 Cronograma

O cronograma para cumprir os objetivos está especificado a seguir:

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Aquis. de imagens de pares estereoscópicos aerofotográficos	X			
Adaptação à geometria epipolar	X	X		
Programação dos algoritmos de reconstrução	X	X	X	
Disponibilização dos modelos na Internet			X	X
Publicação dos resultados	X	X	X	X



## **9 LINHA DE PESQUISA IV**

### **Sistemas de Informações Multimídia**

#### **Equipe:**

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, coordenador
- Eduardo Alves do Valle Jr. - mestrando em CC/UFMG
- Nelson Spangler de Andrade, MSc - PRODEMGE, analista de sistemas
- Eliane Amorim Dutra - APM, conservadora

#### **9.1 Introdução**

A preservação da memória é uma atividade essencial em um mundo que está a todo o momento buscando no passado material para a análise da história do ser humano e para a construção da identidade cultural dos povos. Entretanto, essa tarefa não se faz sem percalços: além da dificuldade em classificar e armazenar enormes massas documentais de forma sistemática, a fragilidade dos artefatos impõe um severo compromisso entre conservação e acesso. Itens valiosos são guardados em arquivos seguros, disponíveis apenas para uns poucos pesquisadores. Isso, sem dúvida, é frustrante, pois quando os documentos são protegidos, mas não estão ao alcance do público, a tarefa de manter a memória viva não está sendo cumprida adequadamente. A tecnologia digital surge como uma possibilidade de romper esse compromisso, permitindo dar amplo acesso a cópias digitais de alta qualidade de determinados documentos, ao mesmo tempo em que resguarda os originais da manipulação desnecessária. Mais ainda, sistemas computadorizados têm um potencial enorme em facilitar a própria tarefa de organização e descrição dos acervos.

Estamos em processo de construir um sistema de informação multimídia para o Arquivo Público Mineiro, entidade responsável diretamente pelos documentos de valor permanente produzidos pelos órgãos públicos do estado de Minas Gerais. Nossa meta é criar uma aplicação multimídia, ou seja, capaz de tratar artefatos dos mais diversos formatos (textos, imagens, áudio, vídeo, etc.).

Para se ter idéia da riqueza do acervo do Arquivo, a coleção de fotografias, sozinha, conta com 14.000 itens já arranjados e descritos e mais de 60.000 que ainda aguardam pelo trabalho dos arquivistas.

Um sistema digital que tenha a pretensão de auxiliar na preservação de um acervo tão complexo enfrentará muitas dificuldades, a começar da diversidade dos documentos. Além da variedade de mídias, há necessidade de tratamentos especializados conforme a natureza dos artefatos. Correspondências, panfletos e recortes, por exemplo, embora sejam todos documentos textuais, são caracterizados por atributos diferentes (uma correspondência tem remetente e destinatário, um recorte tem fonte e assim por diante). Apesar de essa caracterização ser regida por normas internacionais relativamente estritas, reconhecemos a necessidade de manter a arquitetura de documentos aberta, para que a necessidade de um novo atributo ou um novo tipo de artefato não invalidasse todo o sistema.

A representação da organização do acervo, denominada arranjo, é outro aspecto que precisa ser tratado adequadamente [ACAPM99]. Existe um arranjo lógico, formado por classes hierárquicas, que procura separar os documentos de acordo com seu significado histórico ou institucional. Mas nem todas as coleções puderam receber atenção suficiente dos arquivistas para que essa classificação ocorresse de forma completa, assim, muitas contam apenas com um arranjo físico, com um conhecimento sumário do que está em cada caixa ou encadernado.

Para que a pesquisa no acervo possa ser bem efetuada, é preciso descrever o conteúdo dos itens documentais e dos elementos do arranjo. Essa descrição é feita através de palavras-chave ou descritores agrupados em vocabulários controlados, que tem de ser geridos pelo sistema. Mesmo assim a consulta precisa ser feita não apenas por filtragem através de palavras-chave, mas também pela navegação através do arranjo. Na verdade as duas operações, filtragem e navegação, precisam ser combinadas para compor uma busca satisfatória.

Além disso, a informação acerca das coleções é distribuída de forma muito heterogênea, existe conhecimento completo sobre algumas delas e quase nenhum sobre outras. O sistema tem de aproveitar toda a informação disponível, mas não pode assumir que ela vai estar lá.

Um protótipo de um sistema para acesso a uma amostra de um dos fundos do APM foi apresentado em [Spangler00]. Além disso, já há alguns sistemas de informação multimídia disponíveis hoje na Internet, como Projeto Joaquim Nabuco [[www.ufpe.di.br/nabuco](http://www.ufpe.di.br/nabuco)] e o Projeto Portinari [[www.portinari.org.br](http://www.portinari.org.br)], demonstrando a viabilidade do conceito.

## 9.2 Resultados Esperados

Nossa expectativa é criar um conjunto de aplicações que facilite o trabalho de cadastro, descrição e arranjo dos itens; que garanta a execução eficiente das tarefas de preservação do acervo digital, como cópias de segurança; e que permita, através da rede local do Arquivo e da *Web*, o acesso ao acervo, provido dos instrumentos de pesquisa adequados. Queremos dar suporte ao trabalho tanto do arquivista quanto do consulente (aquele que consulta o acervo), apresentando-lhes interfaces familiares e integráveis aos seus modos de trabalho.

Além disso, o sistema será utilizado pelo grupo REMAV-BH para testes de desempenho de aplicações em redes de alta velocidade. Pretendemos monitorar o comportamento do sistema diante de diversas condições de demanda. A natureza especial dos dados do acervo, composto de fotografias de alta resolução, filmes, trechos de áudio, etc., trará especial interesse a este estudo de desempenho, uma vez que a disponibilização deste tipo de informação é hoje um desafio para as redes de computador.

Por fim, o novo sistema será piloto de um programa mais amplo, que tem como objetivo *auxiliar, com a utilização de novas tecnologias, as entidades culturais que, no cumprimento de suas funções, guardam ou desenvolvem trabalhos com acervos documentais de valor permanente (...) devendo impulsionar a utilização de novas tecnologias no tratamento de acervos significativos para a memória de Minas Gerais e do País, com ênfase na recuperação do conteúdo documental* [Sect99].

### 9.3 Cronograma

Pretendemos seguir o cronograma abaixo:

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Digital. do acervo de fotografias do Arquivo Público Mineiro	X	X		
Implantação do núcleo do sistema	X	X		
Implantação de funcionalidades marginais do sistema		X	X	
Testes de desempenho do sistema junto à REMAV-BH		X	X	
Disponib. do estudo de caso para o grupo Bibliotecas Virtuais			X	
Documentação e divulgação de resultados	X	X	X	X

## 10 LINHA DE PESQUISA V

### Recuperação de Imagens na *Web*

#### Equipe:

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, coordenador
- Prof. Dr. Sérgio Vale Campos - UFMG/DCC
- Silvio Jamil Ferzoli Guimarães - M.Sc, doutorando em CC/UFMG
- Camillo Jorge Santos Oliveira – mestrando em CC/UFMG
- 1 Bolsista de Iniciação Científica

#### 10.1 Introdução

A facilidade de captura e codificação de imagens digitais tem produzido uma quantidade gigantesca de informações visuais on-line, devido a dispositivos de captura de impressão digital, experimentos científicos, sistemas de entretenimento domiciliar, imagens biomédicas, vôos de vigilância e reconhecimento militar, etc. Como consequência, grandes desafios se apresentam nas áreas de armazenamento, indexação e recuperação da informação visual em grandes bancos de dados. Para ilustrarmos, [Gudivada95] cita que o sistema de observação da terra da NASA (*National Aero Space Administration*) gera aproximadamente 1 terabyte de dados de imagens por dia, quando está em completa operação. Um terabyte seriam  $2^{40}$  bytes que equivalem à 160 discos rígidos de 6,4 gigabytes.

A organização e a recuperação de imagens baseado no conteúdo emergiu como uma área importante da visão computacional e da multimídia, devido ao desenvolvimento rápido das imagens digitais, do armazenamento e da tecnologia das redes de trabalho [Vailaya98].

Um sistema de recuperação de imagens baseado no conteúdo é requerido efetivamente para um eficaz uso da informação destes repositórios de imagens. Como um sistema de ajuda a usuários (até mesmo aqueles não familiarizados com o banco de dados) recuperarem imagens pertinentes, baseado nos seus conteúdos. Áreas de aplicação nas quais a recuperação de imagens baseado no conteúdo é uma atividade principal são numerosas e diversas [Gudivada95]:

- Galerias de artes e gerenciamento de museus
- Projetos de arquitetura e engenharia
- Projetos de interiores
- Sensoriamento remoto e gerenciamento dos recursos da terra
- Sistemas de informações geográficas
- Previsão do tempo
- Vendendo a varejo
- Fabricação e projeto de moda
- Marca registrada e administração de banco de dados de direitos autorais
- Arquivo de quadros e sistemas de comunicações.

Com o recente interesse em sistemas multimídia, a recuperação de imagens baseado no conteúdo tem atraído a atenção dos pesquisadores através de muitas disciplinas.

Tradicionalmente, a informação visual tem sido armazenada de forma analógica e indexada manualmente usando esquemas proprietários. Atualmente, com o avanço da tecnologia de digitalização e codificação, sistemas de base de dados digitais já são utilizados para armazenar imagens digitais, como também os metadados e taxonomias associados, muito embora o custo de grandes sistemas seja ainda formidável.

Metadados incluem informação bibliográfica, condições de captura ou geração de imagens, parâmetros de codificação, 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 (povo, paisagens). A seleção apropriada de metadados e taxonomias, que devem incorporar características especiais do domínio de aplicação, é, geralmente, o primeiro passo para se por em funcionamento uma grande base de imagens.

Obviamente, existem sérias limitações no uso destes indexadores, uma vez que requerem anotação manual (dificultando seu uso em grandes arquivos) e que sofrem influência tanto do domínio de aplicação quanto do conhecimento da pessoa realizando a tarefa. Enfim, estes indexadores estão sempre limitados na sua viabilidade de capturar todo o conteúdo de uma imagem (lembrando o conhecido diálogo, “uma imagem vale mil palavras”).

Análise do conteúdo multimídia e indexação baseados no conteúdo visual sinalizam juntas uma direção promissora para complementar a metodologia mencionada anteriormente. Vários sistemas de busca de imagens baseados no

conteúdo visual têm sido apresentados na literatura. Tem havido progresso substancial no desenvolvimento de ferramentas que permitem aos usuários especificarem buscas de imagens, que estão divididas em técnicas baseadas no domínio do pixel (relação espacial, textura, forma e esboço, histogramas de cores e etc.) e técnicas baseadas no domínio comprimido (transformada de Karhunen – Loeve, transformada discreta de Fourier, transformada discreta do coseno, transformada discreta *wavelets*, vetor de quantização, fractais, transformação afim, etc.) [Mandal99].

Estes sistemas disponibilizam consultas do tipo [Gupta97]:

- Encontrar todas as imagens que possuem mais de 30% dos pixels azuis da cor do céu e mais de 25% dos pixels verde cor de grama (uma imagem de outdoor);
- Encontrar todas as imagens com mais de 20% de pixels cor vermelho alaranjado no quadrante superior direito, mais de 20% de pixels amarelo no quadrante superior esquerdo e aproximadamente 30% de pixels marrom para marrom escuro na metade inferior da imagem (uma imagem de um por do sol);
- Encontrar todas as imagens que possuem um quadrado branco no centro.

## 10.2 Recuperação de Imagens na *Web* Baseada no Conteúdo Visual

Estima-se que hoje existam mais de dez milhões de imagens na *Web* sem falar nas imagens que são trocadas diariamente. A *Web* é grande, distribuída, hipermídia e um sistema de informação não estruturado. O desenvolvimento de ferramentas que tornem possível buscar imagens específicas em um banco de dados tão grande é de uma utilidade inquestionável e daria à *Web* todo o seu potencial [Abbadeni99],

Um sistema de recuperação da informação baseado no conteúdo da imagem (da *Web*) deve possuir os seguintes módulos [Vessilis98, Frankel96, Smith97]:

- Módulo I – seria a utilização de um robô capaz de encontrar e extrair dos arquivos *HTML* as informações de imagens no formato *Jpeg* e *Gif*, baixando-as para dentro de um diretório de imagens coletadas.
- Módulo II – trata-se da classificação das imagens. O objetivo aqui é separar as imagens que realmente são importante para a indexação. Descartam-se as imagens gráficas feitas pelo computador, como ícones, *bullets*, *banners*, gráficos, molduras, panos de fundo e etc. O interesse é por imagens fotográficas que são as imagens que incluem cenas naturais, como pessoas, faces, flores,

animais paisagens e cidades. A separação destas imagens está baseada em características quantitativas dos dois tipos de imagens, por exemplo número de cores, saturação, tamanho, etc.

- Módulo III – seria uma forma de indexação destas imagens, separadas no módulo anterior. Contudo no contexto da similaridade para o conteúdo visual, métodos tradicionais não são apropriados. Para consultas na qual a similaridade é definida com uma distância em um espaço de características multidimensionais (por exemplo, consultas do histograma de cores), indexação envolve agrupamento e representação dos agrupamentos indexáveis. Para isto, são utilizadas estruturas multidimensionais como *R-trees*, *R\*-trees*, etc. [Flickner95].
- Módulo IV – trata da interface do sistema que dá condições de que sejam realizadas as consultas que poderiam ser, através da cor, textura, forma, esboço, etc. Retornando uma seqüência de imagens que mais se aproximam da imagem da consulta realizada. Algumas interfaces, já desenvolvidas, podem ser encontradas em *WebSeer* [Frankel96], *WebSeek* [Smith97], *Virage* [Gupta97] e *QBIC* [Flickner95].

### **10.3 Resultados Esperados**

Dentre os resultados esperados, podemos citar a capacitação do NPDl para se enquadrar no desenvolvimento de tecnologia, através de uma dissertação de mestrado, bem como a produção científica na forma de divulgação dos resultados obtidos através de publicações em encontros e simpósios. Diretamente associado ao projeto de pesquisa desta linha, está o desenvolvimento de um sistema capaz de realizar o descrito anteriormente.



## 10.4 Cronograma

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Obtenção da base de imagens (módulo I)	X			
Pesquisa bibliográfica, análise e projeto dos sistemas	X			
Classificação das imagens (módulo II)	X	X		
Indexação de imagens classificadas (módulo III)		X	X	
Implem. do núcleo do sistema, documentação (módulo IV)		X	X	
Disponibilização do protótipo para os usuários finais			X	X
Documentação, divulgação de resultados	X	X	X	X

## **11 LINHA DE PESQUISA VI**

### **Indexação e Detecção de Eventos em Seqüência de Imagens**

#### **Equipe:**

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, coordenador
- Prof. Dr. Michel Couprie - Groupe ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Neucimar Jerônimo Leite – IC/UNICAMP, Convênio CAPES/COFECUB
- Silvio Jamil Ferzoli Guimarães - M.Sc, doutorando em CC/UFMG
- 1 Bolsista de Iniciação Científica

#### **11.1 Introdução**

Com o crescimento assustador do uso de informação multimídia, que em grande parte é digital, um gerenciamento efetivo deste componente é essencial para o desenvolvimento com êxito de sistemas multimídia. Normalmente, estes sistemas englobam todos os tipos de mídia: texto, imagem, gráficos, áudio e vídeo. O vídeo é o mais desafiante, pois combina todas as outras mídias em um fluxo de dados simples de forma não estruturada.

Com o custo decrescente dos dispositivos de armazenamento, as altas taxas de transmissão e as técnicas de compressão cada vez melhores, o vídeo digital está tornando-se disponível no mercado a uma taxa crescente de produtos. Mas, devido a sua forma não estrutura e ao seu comprimento, o acesso eficiente ao vídeo não é uma tarefa das mais fáceis. Devido a isto, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o intuito de melhorar as técnicas existentes, é até mesmo de desenvolver novas técnicas.

Para o acesso a seqüência de imagens, pode-se ter duas abordagens: a navegação ou a recuperação. Ambas as abordagens podem ser associadas ao acesso às informações de um livro, que são grandemente facilitadas pela criação de uma tabela de conteúdo (sumário), que captura a estrutura semântica de um livro, e de um índice remissivo, que representa um acesso invertido de conceitos (ou estruturas) relevantes do livro. Enquanto o primeiro pode ser considerado como uma forma de navegar sobre a estrutura do livro (seqüência de imagens), o

segundo recupera de forma exata a localização de uma característica desejada. Em um livro, esta característica tem significado conceitual, na seqüência de imagens, a mesma pode representar, por exemplo, uma determinada textura, ou cor, ou distribuição de cor, ou até mesmo, objetos ou eventos desejados, como uma bola de futebol, ou o instante de um gol num vídeo de futebol [Ahanger94, Brunelli99, Boreczky96, Chang99, Gevers99, Günsel98, Hampapur94, Milanese99, Mandal99, Menge95, Naphade98, Park99, Rui98, Roth99, Schweitzer99, Shen99, Yeo98, Zhuang98].

Alguns dos problemas encontrados em seqüências de imagens são:

- Rápida busca de um evento dentro da seqüência (instante de um gol numa partida de futebol, por exemplo);
- Rápida busca de uma cena;
- Restauração de filmes antigos;
- Detecção de movimento de objetos;
- Classificação de comerciais de televisão, bem como, contagem do número de vezes que o mesmo é transmitido, etc.

No NPDI, atualmente, estamos trabalhando em dois ramos de projetos sob seqüência de imagens: indexação em seqüência de imagens com uma classificação de comerciais televisivos e na restauração de filmes antigos. Estes projetos abordam alguns dos problemas acima citados.

## **11.2 Indexação em Seqüência de Imagens**

A indexação em seqüência de imagens, de modo geral, pode ser associada ao problema de indexar o conteúdo de um livro, através do sumário e do índice remissivo. O primeiro é útil quando o leitor não tem em mente qualquer questão específica, enquanto o último é útil quando o leitor tem um requisito de informação específico. Para a seqüência de imagens, a indexação funciona da mesma forma, onde o sumário da seqüência conterá quadros-chave (uma ou mais imagens estáticas) capazes de salientar a informação completa da tomada (seqüência ininterrupta de imagens geradas a partir de uma única câmera) ou da cena (seqüência de imagens com um significado semântico, geralmente engloba várias tomadas), e o índice remissivo estará associado a conceitos (objetos) importantes a serem recuperadas, como por exemplo, objetos de cor branca.

Neste sentido, com o objetivo de desenvolver um sistema para indexação de seqüência de imagens, tanto no domínio comprimido quanto no domínio não-comprimido, temos dois projetos em andamento. Esta indexação, a princípio, será feita a partir da criação de um sumário da seqüência contendo informação sobre as suas diferentes tomadas.

### **11.3 Detecção de Eventos**

A necessidade cada vez mais crescente de uma recuperação bastante eficiente de informação em seqüência de imagens, tem nos levado a desenvolver trabalhos neste sentido, onde a eficiência está associada à rapidez e à precisão da resposta.

A restauração de filmes antigos se enquadra neste contexto, onde precisamos identificar e eliminar os ruídos presentes na seqüência. Uma aplicação bastante interessante pelo valor histórico é a restauração de filmes da vida do ex-presidente Arthur Bernardes, pertencente ao acervo do Arquivo Público Mineiro.

### **11.4 Classificação e Recuperação de Comerciais**

Um problema bastante comum para as empresas de marketing e publicidade está relacionado à verificação de que as cláusulas contratuais estão sendo cumpridas pelas empresas de *broadcast*, em outras palavras, verificação do número de vezes que comercial foi transmitido, bem como, a hora que o mesmo foi ao ar. Nesta direção, podemos ainda tentar verificar, dentre todas as propagandas, quais possuem as mesmas características, e ainda quais tipos de informação estas propagandas tentam transmitir. Esta última característica está associada ao estudo da semi-ótica.

### **11.5 Resultados Esperados**

Dentre os resultados esperados, podemos citar a capacitação do NPDI juntamente com o desenvolvimento de tecnologia, para a criação de um indexador automático de seqüência de imagens, um restaurador de filmes digitais, tendo como base de filmes o APM a partir do qual pode-se obter, por exemplo, filmes sobre a vida do ex-presidente Arthur Bernardes, e ainda uma tese de doutorado relacionada à recuperação e classificação de comerciais televisivos.

## 11.6 Cronograma

Atividade	Semestre			
	1	2	3	4
Obtenção de base de seqüência de imagens (vídeo digital)	X			
Pesquisa bibliográfica, análise e projeto dos sistemas	X	X		
Implementação do núcleo do sistema, documentação		X	X	
Disponibilização do protótipo para os usuários finais			X	X
Documentação, divulgação de resultados	X	X	X	X

## 12 EQUIPAMENTOS SOLICITADOS – JUSTIFICATIVA

Atualmente, o número de máquinas no nosso laboratório ainda está sendo suficiente para atender a demanda de projetos e de pessoal. No entanto, a capacidade do equipamento atual não atende satisfatoriamente às necessidades de algumas das aplicações das linhas de pesquisa deste projeto, que requerem maior poder de processamento e maiores espaços de armazenamento e memórias dos processadores e cartões de vídeo existentes no NPDI. Desta maneira, os equipamentos aqui solicitados ajudariam a superar estas dificuldades. Visando incrementar nossas condições de processamento, aquisição de dados e armazenamento, solicitamos máquinas para este projeto com a seguinte configuração: computador Pentium III 866 ou superior com 512 MB de RAM e dispositivo de armazenamento secundário em torno de 40 GB; placa de vídeo com suporte a renderização 3D e recursos multimídia; dispositivos de auxílio ao armazenamento e criação de cópias de segurança de dados; dispositivos de aquisição e impressão de mídias digitais (imagens e seqüências de imagens); softwares de auxílio ao desenvolvimento das atividades do projeto.

### 12.1 Lista de Equipamentos Solicitados

Item	Descrição	Quant.	Aplicação
I01	Placa mãe para Pentium III Pentium III 866 Mhz Mem SDRAM DIMM PC 100 - 512 MB HD SCSI 40 GB Placa de vídeo 32 MB RAM AGP Placa de rede Fast Ethernet Gabinete ATX torre Mouse, teclado, FDD ZIP 250 USB externo Monitor 19" Kit Multimedia com DVD	02	Linhas de pesquisa I a VI
I02	Câmera de vídeo digital com 3 CCD's e 1,3 MPixels com captura de imagens em tempo real e interf. SCSI	01	Linhas de pesquisa II, IV, VI
I03	Gravador de CD-ROM externo SCSI	01	Linhas de pesquisa I a VI
I04	Ilha de edição não linear com entrada de vídeo padrão DV e digitalização em tempo real.	01	Linhas de pesquisa II, IV, VI
I05	Licenças para os softwares Matlab para Windows, Visual Studio 6.0, Norton Antivírus e Norton Speedisk	01	Linhas de pesquisa I a VI

## 13 ORÇAMENTO DETALHADO

Apresentamos, abaixo, o custo estimado dos equipamentos solicitados. Os valores são expressos em Reais.

Item	Descrição	Custo unit. (R\$)	Qtd.	Subtotal (R\$)
I01	Placa mãe para Pentium III Pentium III 866 Mhz Memoria SDRAM DIMM PC 100 - 512 MB HD SCSI 40 GB Placa de vídeo 32 MB RAM AGP Placa de rede Fast Ethernet Gabinete ATX torre Mouse, teclado, FDD Monitor 19" Kit Multimedia com DVD	5.000,00	02	10.000,00
I02	Câmera de vídeo digital com 3 CCD's e 1,3 MPixels com captura de imagens em tempo real e interface SCSI	5.000,00	01	5.000,00
I03	Gravador de CD-ROM externo SCSI	1.000,00	01	1.000,00
I04	Ilha de edição não linear com entrada de vídeo padrão DV e digitalização em tempo real	2.000,00	01	2.000,00
I05	Licenças para os softwares Matlab para Windows, Visual Studio 6.0, Norton Antivírus e Norton Speedisk	5.000,00	01	5.000,00
			Total:	23.000,00

## 14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Abbadeni99] Abbadeni, N., Ziou, D. & Wang, S., *Image classification & retrieval on the www*. Proceedings of the 4th ACM Conference on Digital Libraries, 1999, Berkeley, CA USA, p. 208 - 209, August
- [ACAPM99] Formulário para Apresentação de Projeto Cultural, *Digitalização de Imagens: A preservação da memória fotográfica de Minas*. Belo Horizonte, Associação Cultural do Arquivo Público Mineiro, 1999.
- [Ahanger94] Ahanger, G. & Little, T.D.C., A survey of technologies for parsing and indexing digital video. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 7(1):28--43, March 1994.
- [Andrade92] de Andrade, M.C., Araújo, A. de A., Lameiras, F.S. & dos Santos, A.M.M., *Caracterização digital da estrutura de grão pelo método de Saltikov*, Anais do V Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens - SIBGRAPI, Águas de Lindóia-SP, 1992, pp 321-327.
- [Andrade93a] de Andrade, M.C., *Imageamento Microscópico*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- [Andrade93b] de Andrade, M.C., Araújo, A. de A., dos Santos, A.M.M., Lameiras, F.S. & Bambirra, E.A., *Caracterização digital da estrutura de grânulos renais pelo método de Saltikov*, Comunicações do VI Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens - SIBGRAPI, Recife-PE, 1993, pp 37-40.
- [Andrade96] de Andrade, M.C., Bertrand, G. , Everat, J.-C. & Araújo, A. de A., *Segmentation of ceramical micrographies by flooding simulation: A catchment basins merging algorithm*, Comunicações do IX Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens - SIBGRAPI, Caxambu-MG, 1996, pp. 355-356.
- [Andrade97] de Andrade, M.C., A. de A. & Bertrand, G., *Segmentation of microscopic images by flooding simulation: A catchment basins merging algorithm*, to appear in Dougherty, R. & Astola, J. (Editors), *Nonlinear Image Processing VIII*, SPIE, EUA, vol. 3026, 1997.
- [Andrade98a] de Andrade, M.C., *Um Método Topológico de Segmentação de Imagens por Atributos*, Tese de Doutorado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais 1998.
- Andrade98b] de Andrade, M.C., Bertrand, G. & Araújo, A. de A. *An attribute based image segmentation method*, submitted to *Materials Research*, São Paulo-SP, Brazil, oct. 1998.
- [Araújo92b] Araújo, A. de A., Davis Jr., C.A., Daker, A.L.V., Sousa, L.A.C. & Leal, A.S. Digital processing of x-rays of sculptures: A case study of Aleijadinho's work, Proceedings of the 4th. International Conference on Image Processing and its Applications - IPA/IEE, Maastricht, The Netherlands, 1992, pp 617-620.
- [Araújo93] Araújo, A. de A., de Andrade, M.C., Bambirra, E.A. & dos Santos, A.M.M., *Digital processing of histopathological aspects in renal transplantation*, in Acharaya, R.S. & Gogdorf, D.B. (Editors), *Biomedical Image Processing and Biomedical Visualization*, SPIE, EUA, vol. 1905, 1993, ISBN no. 0



8194 1138 8, pp 166-174.

- [Araújo96a] Araújo, A. de A. & Bertrand, G., *Cooperative use of mathematical morphology and topology algorithms to enhance sketch contours on paintings infrared photographs*, In: Banon, G. (Editor), Proceedings of the II Brazilian Workshop on Mathematical Morphology, São Paulo-SP, 1996, <http://www.inpe.br/~banon/URLib2/>.
- [Araújo96b] Araújo, A. de A. & Bertrand, G., *Enhancement of paintings infrared photographs using mathematical morphology and topological processing*, in Tescher, A.G. (Editor), Applications of Digital Image Processing XIX, SPIE, EUA, vol. 2847, 1996, ISBN no. 0 8194 2235 5, pp 677-685.
- [Araújo97a] Araújo, A. de A., de Andrade, M.C., dos Santos, A.M.M., Lameiras, F.S. & Bambirra, E.A., *Digital characterization of the renal glomeruli by the Saltikov method*, Proc. II Workshop on Cybernetic Vision, IEEE Computer Society Press, São Carlos-SP, 1997, ISBN 0 8186 8058 X, pp 45-50.
- [Araújo97b] Araújo, A. de A. & Hadad, R.M., *Enhancement of sketch contours on paintings infrared photographs by optimal filtering*, Proc. II Workshop on Cybernetic Vision, IEEE Computer Society Press, São Carlos-SP, 1997, ISBN 0 8186 8058 X, pp 231-236.
- [Araújo98] Araújo, A. de A., Hadad, R.M. & Coelho, B.V., *Enhancement of sketch contours on paintings infrared photographs: a comparison*, Proc. 9th. European Signal Processing Conf. - EUSIPCO, Island of Rhodes, Greece, EURASIP, ISBN 960 7620 07 0, vol. II, 1998, pp 853-856.
- [Araújo00a] Araújo, A. de A. & Guimarães, S.J.F., *Recuperação de informação visual com base no conteúdo em imagens e vídeos digitais*, Edição Especial em Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Revista de Informática Teórica e Aplicada - RITA, UFRGS, Porto Alegre-RS, Brazil, vol. 7, no. 2, ISSN no. 0103 4308, 2000, pp 43-72.
- [Araújo00b] Araújo, A. de A., Oliveira, R.A.R., Claudino, L.M.B., Guimarães, S.J.F., & Bastos, E., *Unsupervised image segmentation based on wavelet textural analysis and neural networks*, Proceedings of the IBERAMIA-SBIA 2000 Workshops, I Workshop on Artificial Intelligence and Computer Vision - WAICV, Atibaia-SP, Brazil, 2000, pp 77-81.
- [Araújo01a] Araújo, A. de A., Faria, B.M., Reis, H.J. & Silva, M.R., *Applying DIP techniques to microscopic biological images*, to appear, IS&T/SPIE Electronic Imaging 2001, San Jose-CA, USA. In: Dougherty, E.R. & Astola, J.T. (Editors), Conference on Non Linear Image Processing and Pattern Analysis XII, SPIE, ISBN no. 0 8194 3982 7, vol. 4304, 2001.
- [Araújo01b] Araújo, A. de A., Hadad, R.M. & Martins Jr., P., *Identification of Patterns in Satellite Imagery – Circular Forms*, to appear, IS&T/SPIE Electronic Imaging 2001, San Jose-CA, USA. In: Dougherty, E.R. & Astola, J.T. (Editors), Conference on Non Linear Image Processing and Pattern Analysis XII, SPIE, ISBN no. 0 8194 3982 7, vol. 4304, 2001.
- [Araújo01c] Araújo, A. de A., Perroton, L., Oliveira, R.R., Claudino, L.M.B., Guimarães, S.J.F., & Bastos, E. *Nonlinear features extraction applied to pollen grain images*, to appear, IS&T/SPIE Electronic Imaging 2001, San Jose-CA, USA. In: Dougherty, E.R. & Astola, J.T. (Editors), Conference on Non Linear Image Processing and Pattern Analysis XII, SPIE, ISBN no. 0 8194 3982 7, vol. 4304, 2001.

- [Araújo01d] Araújo, A. de A., Guimarães, S.J.F. & Cerqueira, G.C., New approach for old movie restoration, to appear, IS&T/SPIE Electronic Imaging 2001, San Jose-CA, USA. In: Frank, A.M. (Editor), Conference on High-Speed Imaging and Sequence Analysis III, SPIE, ISBN no. 0 8194 3986 X, vol. 4308, 2001.
- [Arrowsmith92] Arrowsmith, D. K., & Place, C. M., *Dinamical Systems: Differential Equations, Maps and Chaotic Behavior*, Chapman and Hall, New York (1992).
- [Baillard99] Baillard, C. & Maître, H., *3-D Reconstruction of Urban Scenes from Aerial Stereo Imagery: A Focusing Strategy*. Computer Vision and Image Understanding. Vol. 76, no. 3, 1999, pp. 244-258.
- [Banon94] Banon, G.F. & Barrera, J., *Bases da Morfologia Matemática para a Análise de Imagens Binárias*, IX Escola de Computação, Recife, 1994.
- [Beucher90] Beucher, S., *Segmentation d'Images et Morphologie Mathématique*, These Doctorat. Ecole Nationale Superieure de Mines de Paris, Fontainebleau, jun 1990.
- [Boreczky96] Boreczky, J.S. & Rowe, L.A., Comparison of video shot boundary detection techniques. In SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Database, 1996.
- [Braille96] Braille, D. M., Godoy, M. F., Souza, D. R. S., Oliveira, A. P. M. L., Leal, J. C., Araujo, R. B. and Goissis, G. *Estudo comparativo in vitro entre biopróteses de pericárdio bovino e porcino*. Vev. Bras. Cir. Cardiovasc., Vol. 11, n.4, p.270-273, 1996.
- [Brunelli99] Brunelli, R., Mich., O. & Modena, C.M., *A survey on the automatic indexing of video data*. Journal of Visual Communication and Image Representation, 10(6):78--112, June 1999.
- [Chang99] Chang, S.-F., Huang, Q., Huang, T., Puri, A. & Shahraray, B., *Advances in Multimedia: Systems, Standards and Networks*, chapter Multimedia Search and Retrieval. New York: Marcel Dekker, 1999.
- [Conway97] CONWAY, P. *Preservação no universo digital*. Coordenação de Ingrid Beck, tradução de Olga de Souza Marder. Rio de Janeiro, Arquivo Nacional, 1997.
- [Cord98] Cord, M., *Analyse d'Images Aériennes Haute Résolution: Détection et Modélisation du Bâti en Zone Urbaine*. Université de Cergy-Pontoise. Cergy, França. (tese de doutorado) 1998.
- [Cord99] Cord, M., Jordan, M. Cocquerez, J.P., Papanoditis, N., *Automatic Extraction and Modeling of Urban Buildings from High Resolution Aerial Images*. IAPRS. Vol. 32, Part 3-2W5, 1999, pp. 6-10.
- [Elmasri00] Elmasri, R. & Navathe, S., *Fundamentals of Database Systems*. 3<sup>a</sup>. Ed. Reading MA, Addison Wesley Longman, Inc., 2000.
- [Faulus97] Faulus, D.S. & Ng, R.T., *An expressive language and interface for image querying*, Machine Vision and Applications, 10, 1997, pp 66-73.

- [Flickner95] M. Flickner, H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, Q. Huang, B. Dom, M. Gorkani, J. Hafner, D. Lee, D. Petkovic, D. Steele, & P. Yanker, *Query by image and video content: the QBIC system*. IEEE Computer, 1995, v. 28, n. 9, p. 23 - 32, September.
- [Ford97] Ford, R. M., *Critical point Detection in Fluid Flow Images Using Dynamical System Properties*, Pattern Recognition, vol. 30, no.12, 1997.
- [Frankel96] Charles Frankel, Michael J. Swain, & Vassilis Athitsos. *WebSeer: an image search engine for the www*, University of Chicago, Technical Report 9614, 1996, Computer Science Department, 1100 East 58th Street, Chicago, Illinois 60637, August.
- [Gevers99] Gevers, T. & Smeulders, A.W.M., *Content-based image retrieval by viewpoint-invariant color indexing*. Image and Vision Computing, 17(7):475--488, May 1999.
- [Grimaud91] Grimaud, M., *La Geodesie Numerique en Morphologie Mathematique. Application a la Detection automatique de Microcalcifications en Mammographie Numerique*, These Doctorat. Ecole Nationale Superieure de Mines de Paris, Fontainebleau, dez 1991.
- [Grimaud92] Grimaud, M., *A New Measure of Contrast: The Dynamics*, Proceeding of SPIE, v. 1769, p. 292-305, 1992.
- [Gudivada95] Gudivada, V. N. & Raghavan, V. V., *Content-based image retrieval systems*. IEEE Computer, 1995, v. 28, n. 9, p. 18 - 22, September.
- [Günsel98] Günsel, B. & Tekalp, A.M., *Shape similiraty matching for query-by-example*, Pattern Recognition, 31/7, 1998, pp 931-944.
- [Gupta97] A. Gupta, R. Jain. *Visual information retrieval*. Communications of the ACM, 1997, v. 40, n. 5, p. 71 - 79, May.
- [Hadad00] Hadad, R.M., *Detecção de Padrões em Imagens de Sensoriamento Remoto - Formas Circulares*, Tese de Doutorado, UFMG, 2000.
- [Hampapur94] Arun Hampapur, Ramesh Jain, & Terry Weymouth. Digital video segmentation. In ACM Multimedia 94, San Francisco, CA, pages 357--364, October 1994.
- [Hirsch74] Hirsch, M. W., & Smale, S., *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. Academic Press, New York, 1974.
- [Huguet00] Huguet, A.B., Araújo, A. de A., & Mitre, T.K., *Um sistema para disponibilizar laudos periciais na Web*, Anais da IX Semana de Iniciação Científica da UFMG, Belo Horizonte-MG, Brazil, 2000, pp 213. ``Selecionado entre os melhores trabalhos da área de Ciências Exatas e da Terra".
- [Jaim89] Jaim, A. K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall Information and System Sciences Series, 1989.
- [Khoshafian96] Khoshafian, S. & Baker, A. B., *Multimedia and Imaging Databases*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1996, 590p
- [Mandal99] M. K. Mandal, F. Idris, & S. Panchanathan. A critical evaluation of image and video indexing techniques in the compressed domain. Image and Vision Computing, 17(7):513--529, May 1999.

- [Martins99a] Martins Jr., P.M., Vieira, M.B., & Araújo, A. de A., *Fracture system and terrain analysis for topological description of regional scale rheology of joints*, accepted, Proc. 13th. Int. Conf. on Applied Geologic Remote Sensing, Vancouver-BC, Canada, março 1999.
- [Martins99b] Martins Jr., P.M., Cantisano, M.A.M., Da Silva, C.M., Vieira, M.B., & Araújo, A. de A., *Low cost priority strategy for watershed environmental sustainability - water as a first commodity*, accepted, Proc. Jardim Planetaire - Premier Symposium Int. sur la Gestion Durable des écosystèmes, Chambéry, France, março 1999.
- [Matta98a] Matta, W.N., *Metodologia para Detecção de Máculas em Micrografias Utilizando Morfologia Matemática*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.
- [Matta98b] Matta, W.N., de Andrade, M.C., Araújo, A. de A. & Bertrand, G., *Segmentation of boron carbide microscopic images which present twins*, Proc. 9th. European Signal Processing Conf. - EUSIPCO, Island of Rhodes, Greece, EURASIP, ISBN 960 7620 09 7, vol. IV, 1998, pp 2505-2508.
- [Matta98c] Matta, W.N. & Araújo, A. de A., *Straight-line removal in boron carbide microscopic images*, Proc. 1998 Int. Symposium on Computer Graphics, Image Processing, and Vision - SIBGRAPI, IEEE Computer Society Press, Rio de Janeiro-RJ, ISBN 0 8186 9215 4, 1998, pp 462-467.
- [Merzkirch74] Merzkirch, W., *Flow Visualization*, New York; Academic, 1974.
- [Meyer90] Meyer F., & Beucher S., *Morphological Segmentation*, Journal of Visual Communication and Image Representation, v.1, n. 1, set 1990.
- [Meyer91] Meyer F., *Un Algorithme Optimalde Ligne de Partage des Eaux*. Congress AFCET, RFIA, Lyon, 1991.
- [Meyster95] Meyster A., Roerdink J., *The Implementation of a Parallel Watershed Algorithm*, University of Groningen, Groningen, ago 1995.
- [Mitre00] Mitre, T.K., Huguet, A.B., Araújo, A. de A. & De Andrade, N.S. *An object-relational database containing multimedia data*, Proceedings of the XIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing - SIBGRAPI, IEEE Computer Society Press, Gramado-RS, Brazil, ISBN no. 0 7695 0878 2, 2000, pp 350.
- [Pinotti00] Pinotti, M., Rodrigues, P.S.S., Araújo, A. de A., Castellini, P., Paone, N., Tomasine, E.P. & Braille, D.M. *The value of PIV technique for flow diagnoses in artificial heart valve*, Proceedings (CD-ROM) of the 9th International Symposium of Flow Visualization, Edinburgh, Scotland, 2000.
- [Rao92] Rao, A. R., & Jain, R., *Computerized flow field analysis: Oriented texture fields*, IEEE Trans. PAMI 14(7), 693-709, 1992.
- [Rodrigues98a] Rodrigues, P. S. S., Araujo, A. A., Barbosa and M. P., *A Methodology to Detect Patterns in Fluid Flow Images*, XI Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Rio de Janeiro, Brasil, Anais Eletrônicos, 1998.

- [Rodrigues98b] Rodrigues, P.S.S., Araújo, A. de A. & Pinotti, M., *Uma metodologia para detecção de padrões em imagens de escoamento hidráulico*, Proc. 1998 Int. Symposium on Computer Graphics, Image Processing, and Vision - SIBGRAPI, <http://www.ifqsc.sc.usp.br/visao/sib98>, Rio de Janeiro-RJ, 1998.
- [Rodrigues99a] Rodrigues, P.S.S., *Detecção de Pontos Críticos em Imagens de Escoamento*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.
- [Rodrigues99b] Rodrigues, P.S.S., Araújo, A. de A. & Barbosa, M.P. *A methodology to detect patterns in fluid flow images*, Proceedings of the SPIE International Symposium on Intelligent Systems and Advanced Manufacturing, Boston-MA, USA. In: Casasent, D.P. (Editor), *Intelligent Robots and Computer Vision XVIII: Algorithms, Techniques, and Active Vision*, SPIE, ISBN no. 0 8194 3430 2, vol. 3837, 1999, pp 357-366.
- [Rodrigues99c] Rodrigues, P.S.S., Araújo, A. de A. & Pinotti, M. *Detection of patterns in fluid flow images using digital image processing*, Proceedings (CD-ROM) of the XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM, Águas de Lindóia-SP, Brazil, 1999.
- [Rodrigues99d] Rodrigues, P.S.S., Araújo, A. de A. & Pinotti, M.P. *Describing Patterns in Flow-like Images*, Proceedings of the International Conference on Image Analysis and Processing – ICIAP, IAPR/IEEE, Venice, Italy, 1999, pp 424-429.
- [Roth99] Roth, V., Content-based retrieval from digital video. *Image and Vision Computing*, 17(7):531--540, May 1999.
- [Rui98] Yong Rui, Thomas S. Huang, and Sharad Mehrotra. Exploring video structures beyond the shots. In *IEEE Conference Multimedia Computing and Systems*, 1998.
- [Sabharwal97] Sabharwal, C.L. & Bhatia, S.K., *Image databases and near-perfect Hash table*, *Pattern Recognition*, 30/11, 1997, pp 1867-1876.
- [Samtaney94] Samtaney, R., Silver, D., Zabusky, N. & Cao, J., Visualizing Features and Tracking Their Evolution, *Computer*, vol. 27, no. 7, pp. 20-77, July 1994.
- [Schweitzer99] Haim Schweitzer. Organizing image databases as visual-content search trees. *Image and Vision Computing*, 17(7):501—511, May 1999.
- [Sclaroff97] Sclaroff, S. & Taycher, L. & La Cascia, M. *ImageRover: A Content-Based Image Browser for the World-Wide Web*. *IEEE Workshop on Content-based Access for Image and Video Libraries*. V. 6. 1997.
- [SECT99] Descrição do Programa Minas Gerais: *Memória, Patrimônio Documental e Informação Digital*. Belo Horizonte, Secretaria de Estado da Cultura, 1999.
- [Shen99] Dinggang Shen, Wai him Wong, & Horace H. S. Ip. *Affine-invariant image retrieval by correspondence matching of shapes*. *Image and Vision Computing*, 17(7):489--499, May 1999.
- [Shu91] Shu, C. F., Jain, R., & Queck, F., *A linear Algorithm for computing the phase portrait of oriented textures*, *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 352-357, 1991.

- [Silver97] Silver, D. & Wang, X. Tracking and Visualization Turbulent 3D Features, IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, Vol. 3, no. 2, April-June, 1997.
- [Smeaton96] Smeaton, A.F. & Quigley, I., *Experiments on using semantic distances between words in image caption retrieval*, Proceedings of the SIGIR 96, ACM, Zurich, Switzerland, 1996, pp 174-180.
- [Smith96] 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 96.
- [Smith97] Smith, J. R. & Chang, S.F. *An Image and Video Search Engine for the World-Wide Web*. In SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases. 1997.
- [Spangler98a] Spangler, N., *Sistemas de Informação Multimídia, Dissertação de Mestrado*, Fundação João Pinheiro e Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.
- [Spangler98b] Spangler, N., Araújo, A. de A. & De Melo, C.H. *Um sistema de informação multimídia para recuperação de documentos históricos do Arquivo Público Mineiro*, aceito, Anais (CD-ROM) do XII Congresso Brasileiro de Arquivologia, João Pessoa-PB, junho 1998.
- [Spangler98c] Spangler, N., Araújo, A. de A. & De Melo, C.H., *A multimedia information system for governmental historical documents*, Proceedings (CD-ROM) of the Museums and the Web: An Int. Conf., Toronto, Ontario, Canada, april 21-26 1998.
- [Spangler00] Spangler, N., & Araújo, A. de A., *Multimídia para acesso a acervos históricos*, Revista iP-Informática Pública, PRODABEL, Belo Horizonte-MG, Brazil, vol. 2, no. 1, ISSN no. 1516 697X, 2000, pp 49-66.
- [Stricker97] Stricker, M. & Dimai, A., *Spectral covariance and fuzzy regions for image indexing*, Machine Vision and Applications, 10, 1997, pp 66-73.
- [Takenko76] Takenko, A., & Fukushima, T., *Flow Patterns in Stenotic Blood Vessel Models* Biology, vol. 13, pp. 337-355, 1976.
- [Vailaya98] Aditya Vailaya, Anil Jain, & Hong Jiang Zhang. *On image classification: city vs. Landscape*. Proceeding of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, Santa Barbara, California, June 1998.
- [Vessilis98] Vessilis Athitsos, Michael J. Swain, & Charles Frankel. *Distinguishing photographs and graphics on the www*. Proceedings of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, Puerto Rico, June 1998.
- [Vieira98a] Vieira, M.B., *Vetorização e Análise de Tendência de Cartas de Lineamentos Geológicos*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.
- [Vieira98a] Vieira, M.B., *Vetorização e Análise de Tendência de Cartas de Lineamentos Geológicos*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

- [Vincent90] Vincent, L., *Algorithmes Morphologiques a Base de Files D'Attente et de Lacets. Extension aux Graphes*, Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Fontainebleau, mai 1990.
- [Vincent91] Vincent, L., & Soile P., *Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations*, Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 13, n. 6, jun 1991.
- [Vincent92] Vincent, L., & Masters B., *Morphological Image Processing and Network Analysis of Cornea Endothelial Cell Images*, Proceedings of SPIE, v. 1769, p. 212-226, 1992.
- [WebSeer96] Frakel, C., Swain, M. J. & Athitsos, V., *Webseer: An image search image for the world wide web*. Technical Report TR-96-14. Computer Science Department, University of Chicago, 1996.
- [Yeo98] Boon-Lock Yeo & Minerva M. Yeung. *Classification, simplification and dynamic visualization of scene transition graphs for video browsing*. In Proceeding IST/SPIE Electronic Imaging: Storage and Retrieval for Image and Video Databases VI, 1998.
- [Yeo98] Boon-Lock Yeo & Minerva M. Yeung. *Classification, simplification and dynamic visualization of scene transition graphs for video browsing*. In Proceeding IST/SPIE Electronic Imaging: Storage and Retrieval for Image and Video Databases VI, 1998.
- [Zhuang98] Yueting Zhuang, Yong Rui, Thomas S. Huang, & Sharad Mehrotra. *Adaptative key frame extraction using unsupervised clustering*. In IEEE Conference on Image Processing, 1998.