

FAPEMIG Processo TEC 752/97
Auxílio à Pesquisa – Relatório Técnico Científico Final (1998-2000)
Fevereiro 2002

**Análise de Imagens: Algoritmos, Processamento
Distribuído e Aplicações**

Arnaldo de Albuquerque Araújo
Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Cx. Postal 702
30161-970 Belo Horizonte - MG
Tel.: (031) 3499-5860
Fax: (031) 3499-5858
E-mail: arnaldo@dcc.ufmg.br

Índice

1. Resumo – **P3**
2. Equipe – **P3**
3. Linha de Pesquisa em plataforma para PDI em Ambiente Java – **P4**
 - 3.1 Equipe – **P4**
 - 3.2 Motivação – **P4**
 - 3.3 Principais Etapas Realizadas – **P4**
 - 3.4 Resultados Obtidos – **P4**
 - 3.4.1 Formação de Recursos Humanos – **P5**
 - 3.4.2 Publicações Geradas – **P5**
4. Linha de Pesquisa em Segmentação e Análise de Imagens Microscópicas – **P7**
 - 4.1 Equipe – **P7**
 - 4.2 Motivação – **P7**
 - 4.3 Principais Etapas Realizadas – **P7**
 - 4.4 Resultados Obtidos – **P8**
 - 4.4.1 Formação de Recursos Humanos – **P8**
 - 4.4.2 Publicações Geradas – **P8**
5. Linha de Pesquisa em Segmentação e Análise de Imagens de Satélite – **P10**
 - 5.1 Equipe – **P10**
 - 5.2 Motivação – **P10**
 - 5.3 Principais Etapas Realizadas – **P10**
 - 5.4 Resultados Obtidos – **P10**
 - 5.4.1 Formação de Recursos Humanos – **P11**
 - 5.4.2 Publicações Geradas – **P11**
6. Alguns Comentários – **P13**
7. Agradecimentos – **P13**

Análise de Imagens: Algoritmos, Processamento Distribuído e Aplicações

Palavras-chaves: processamento de imagens, segmentação de imagens, reconhecimento de padrões, sistemas de informação multimídia, imagens microscópicas, sensoriamento remoto

1. Resumo

Este projeto foi preparado durante o primeiro semestre de 1997 e submetido à FAPEMIG em junho do mesmo ano. As linhas de pesquisa propostas no projeto fazem parte das atividades do Núcleo de Processamento Digital de Imagens do DCC/UFMG, tendo sido iniciadas antes mesmo da aprovação do auxílio, que teve os recursos liberados em março de 1998. Desta maneira, o relatório aqui apresentado cobre nossas atividades durante os anos de 1998 a 2000. Além disto, trata-se de segunda versão do relatório atendendo a solicitação da Câmara de Arquitetura e Engenharia (Of. DC/SOT 3168/2001). O projeto consistiu no desenvolvimento de algoritmos para diversas aplicações de processamento digital de imagens (PDI): segmentação de imagens microscópicas, segmentação de imagens de sensoriamento remoto e uma plataforma para sistemas de PDI, baseada na linguagem Java.

2. Equipe

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, Coordenador
- Prof. Dr. Gilles Bertrand - Groupe ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Mohamed Akil - Groupe ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Neucimar Jerônimo Leite - UNICAMP/DCC, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr. – UFOP, pesquisador do CETEC/MG
- Dr. Fernando Lameiras - CDTN/CNEN, pesquisador
- Marcos Carneiro de Andrade - doutorando em CC/UFMG, pesquisador do CDTN/CNEN
- Renato Moreira Hadad - doutorando em CC/UFMG, pesquisador do CETEC/MG
- Ana Maria Matildes dos Santos, doutoranda em Ciência dos Materiais - UFMG, pesquisadora do CDTN/CNEN
- Adriana Cássia Rossi de Almeida - mestranda em CC/UFMG
- Wanessa Nascimento Matta - mestranda em CC/UFMG
- Marcelo Bernardes Vieira - mestrando em CC/UFMG
- Néilson Spangler de Andrade - mestrando em CC/UFMG, pesquisador da FJP/MG

3. Linha de Pesquisa em plataforma para PDI em Ambiente Java

3.1 Equipe

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, Coordenador
- Alisson Augusto Sousa Sol, doutorando em CC/UFMG
- Adriana Cássia Rossi de Almeida - mestranda em CC/UFMG
- Néelson Spangler de Andrade - mestrando em Informática Pública FJP/UFMG

3.2 Motivação

Esta linha de pesquisa estende trabalhos desenvolvidos no NPDI na área de plataformas para PDI em ambiente MS-Windows: PhotoPix - uma plataforma orientada para objetos, que foi codificada usando a interface de programação de aplicativos do ambiente MS-Windows, na linguagem C++.

3.3 Principais Etapas Realizadas

Estudo da tecnologia Java, análise e projeto da versão Java da interface PhotoPix existente. Implementação do núcleo do sistema, documentação, disponibilização do sistema para a equipe, implementação de algoritmos de PDI.

Desenvolvimento de diversos aplicativos de testes de processamento distribuído na linguagem Java, utilizando como mecanismos de comunicação os protocolos: sockets, RMI e CORBA. Foram desenvolvidas versões distribuídas de alguns algoritmos clássicos de PDI, sem preocupação com ajuste de performance, a fim de obter subsídios para um modelo genérico de interface entre uma plataforma e algoritmos de processamento distribuído. Foi desenvolvido o modelo genérico e uma implementação em Java de uma plataforma básica para invocar e controlar a execução de algoritmos de PDI distribuídos.

3.4 Resultados Obtidos

O uso da linguagem Java apresentou vantagens para a implementação da plataforma PhotoPixJ. Java sendo uma linguagem independente de plataforma de hardware, faz com que o sistema seja altamente portátil. Para a inserção de novos algoritmos, só é necessário usar a própria linguagem Java, tanto para o código relativo aos algoritmos, quanto para eventual nova caixa de diálogo para obtenção de parâmetros do usuário. Obteve-se um sistema multiplataforma que assim permanece após as extensões previstas para adição de novos algoritmos. A continuidade na implementação do sistema de auxílio, que provê a descrição dos algoritmos, é essencial para que o PhotoPixJ cumpra sua função de ferramenta para estudantes testarem algoritmos de PDI de forma fácil e rápida.

Além da plataforma PhotoPixJ, para execução de aplicativo de PDI em qualquer ambiente para o qual exista uma máquina virtual Java, foi desenvolvida uma plataforma básica em Java para suporte à execução distribuída de algoritmos de PDI. Tal plataforma permite grande reaproveitamento dos algoritmos já implementados para o PhotoPixJ, ilustrando o reuso, que é um dos princípios básicos da Engenharia de Software. Na área teórica, foi bastante ampliado o conhecimento sobre a modelagem de sistemas complexos de software. Foram concebidos modelos em notação padronizada (UML), tanto para o ambiente PhotoPixJ quanto para a plataforma para execução distribuída de algoritmos (Alius).

Maiores detalhes e ilustrações podem ser encontrados nas publicações listadas na Seção 3.4.2 (cópias dos artigos encontram-se anexadas ao relatório). Também, encontra-se, em anexo, um CD-ROM gravado com a plataforma PhotoPixJ 2, além de um conjunto de imagens utilizado em trabalhos práticos nas disciplinas de processamento de imagens do Curso de Ciência da Computação da UFMG.

Numa etapa posterior, o sistema foi portado de Java 1.0 para Java 2 e apresenta as versões aplicação e applet com as restrições de segurança existentes para a implementação de estas. PhotoPixJ 2 é multiplataforma e, para estendê-lo através da adição de novos algoritmos e recursos, é necessária apenas a implementação para todas as plataformas de execução. Esta nova versão está disponível para a comunidade e é utilizada para realização de laboratório nas disciplinas de processamento digital de imagens do DCC.

A plataforma PhotoPixJ foi também utilizada no trabalho de mestrado do aluno Nelson Spangler de Andrade. Nelson desenvolveu um protótipo de Sistema de Informação Multimídia para o Fundo Arthur Bernardes do Arquivo Público Mineiro (APM), consistindo de fotografias, cartas, filmes P&B 16 mm, partituras, mapas, e plantas. Neste caso, PhotoPixJ foi integrada ao protótipo para dotar o sistema com técnicas de processamento digital de imagens, permitindo ao usuário melhorar a qualidade de imagens recuperadas através do Sistema de Informação Multimídia.

3.4.1 Formação de Recursos Humanos

Conseguimos com esta linha de pesquisa a formação de dois mestrados, além de ter servido de tema de trabalho de Iniciação Científica para o aluno Bernardo Monteiro Farias, que realizou a atualização do PhotoPixJ para a versão 2 do Java. Infelizmente, o aluno Alisson Sol abandonou seu programa de doutorado. Atualmente, encontra-se trabalhando para a Microsoft nos EUA.

1. Adriana Cássia Rossi de Almeida, PhotoPixJ: Ambiente Independente de Plataforma para Execução e Integração de Algoritmos de Processamento Digital de Imagens. Dissertação de Mestrado, UFMG, 1998.
2. Nelson Spangler de Andrade, Sistemas de Informação Multimídia. Dissertação de Mestrado, FJP/UFMG, 1998.

3.4.2 Publicações Geradas

As publicações listadas a seguir representam bem os resultados alcançados com esta linha de pesquisa, sendo as quatro primeiras relacionadas diretamente com o sistema PhotoPixJ e as outras cinco relacionadas com o uso da plataforma PhotoPixJ no protótipo do Sistema de Informação Multimídia para o Fundo Arthur Bernardes do APM.

1. Sol, A.A.S. & Araújo, A. de A. A metamodel for distributed multimedia systems development, Anais do III Workshop de Teses em Engenharia de Software, Maringá-PR, Brazil, 1998, pp 39-42.
2. De Almeida, A.C.R., Sol, A.A.S. & Araújo, A. de A. PhotoPixJ: plataforma em Java para implementação de algoritmos de processamento digital de imagens, Anais do XII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software - SBES, Maringá-PR, Brazil, 1998, pp 251-264.
3. De Almeida, A.C.R., Sol, A.A.S. & Araújo, A. de A. PhotoPixJ: uma plataforma para processamento digital de imagens em Java, Proceedings of the 1998 International Symposium on Computer Graphics, Image Processing, and Vision - SIBGRAPI, <http://fenix.sid.inpe.br:1906/rep-/sid.inpe.br/banon/1998/06.04.18.20>, Rio de Janeiro-RJ, Brazil, 1998.

4. Araújo, A. de A., Faria, B.M., & Santos, L. PHOTOPIXJ 2.0 - A JAVA digital image processing environment, 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 332.
5. De Andrade, N.S., & 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.
6. De Andrade, N.S., Araújo, A. de A. & De Melo, C.H. Um sistema de informação multimídia para recuperação de documentos históricos do Arquivo Público Mineiro, Anais (CD-ROM) do XII Congresso Brasileiro de Arquivologia, João Pessoa-PB, Brazil, junho 1998.
7. De Andrade, N.S., 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 International Conference, Toronto, Ontario, Canada, 1998.
8. Shikida, L.K. (G), De Andrade, N.S. & Araújo, A. de A. Implementação de um protótipo de sistema de informações multimídia para documentos históricos, Relatório Técnico RT002/99, DCC/ICEx/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brazil, 1999.
9. Shikida, L.K. (G), De Andrade, N.S. & Araújo, A. de A. Implementação de um protótipo de sistema de informações multimídia para documentos históricos, VII Semana de Iniciação Científica da UFMG, Belo Horizonte-MG, Brazil, 1998, pp 206.

4. Linha de Pesquisa em Segmentação e Análise de Imagens Microscópicas

4.1 Equipe

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, Coordenador
- Marcos Carneiro de Andrade, doutorando em CC/UFMG, pesquisador do CDTN/CNEN
- Wanessa Nascimento Matta - mestranda em CC/UFMG
- Prof. Dr. Gilles Bertrand - Groupe ESIEE Paris, Convênio CAPES/COFECUB
- Prof. Dr. Neucimar Jerônimo Leite - UNICAMP/DCC, Convênio CAPES/COFECUB
- Dr. Fernando Lameiras - CDTN/CNEN, pesquisador do CDTN/CNEN
- Ana Maria Matildes dos Santos, doutoranda em Ciência dos Materiais - UFMG, pesquisadora do CDTN/CNEN

4.2 Motivação

Esta linha de pesquisa estende trabalhos desenvolvidos no NPDI na área de Análise de Imagens Microscópicas: desenvolvimento de um analisador de imagens para caracterizar propriedades geométricas, e estatísticas de material cerâmico, juntamente com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN/CNEN; aspectos histopatológicos de biópsias renais, juntamente com o Departamento de Anatomia Patológica - DAP, Escola de Medicina, UFMG; e células do endotélio, juntamente com o Instituto Hilton Rocha - IHR, Belo Horizonte. Além de segmentação de imagens de diversas aplicações, contando com o apoio do Groupe ESIEE Paris.

Chamamos a atenção para o fato de que não propusemos nesta linha de pesquisa o desenvolvimento de um analisador de imagens. Na ocasião da submissão deste pedido de auxílio à FAPEMIG, o analisador de imagens já havia sido desenvolvido em conjunto com o CDTN, tendo sido o tema de dissertação de mestrado do aluno Marcos Carneiro de Andrade. Também, as aplicações envolvendo os aspectos histopatológicos de biópsias renais da Escola de Medicina e as células do endotélio do Instituto Hilton Rocha foram realizadas anteriormente e serviram como motivação desta linha de pesquisa.

Propusemos, neste estudo, desenvolver algoritmos para segmentação automática de imagens digitais de cerâmicas nucleares, obtidas por microscopia ótica clássica, visando-se sua caracterização. O problema da segmentação automática de imagens de cerâmicas é complexo e requer o desenvolvimento de algoritmos sofisticados para detecção das bordas dos grãos. Este tema foi motivo da tese de doutorado de Marcos, realizada em conjunto com o Groupe ESIEE Paris. Realçamos que esta linha de pesquisa gerou um algoritmo muito eficiente para segmentação de imagens, trazendo assim valor agregado ao analisador desenvolvido em conjunto com o CDTN.

4.3 Principais Etapas Realizadas

Elaboração do modelo de análise de imagens microscópicas, estudo e implementação de algoritmos topológicos para segmentação de imagens. Desenvolvimento de novo algoritmo, depuração, testes e aplicação em imagens reais.

4.4 Resultados Obtidos

No caso da análise de imagens microscópicas, conseguimos o desenvolvimento de um novo método de segmentação baseado em atributos da imagem. O método inspira-se no algoritmo watershed não-hierárquico (seguindo a linha de pesquisa da Escola de Minas de Paris), tem seu background teórico na Topologia Digital e na Morfologia Matemática, podendo ser visto como um método de crescimento de regiões por simulação de inundação. A imagem em tons de cinza é tratada como um relevo inundado a partir de seus mínimos locais, que são progressivamente detectados e agrupados, à medida que a inundação acontece. O agrupamento das bacias de captação d'água é guiado por seus parâmetros geométricos como profundidade, área e/ou volume.

Esta solução suprime a super-segmentação característica da tradicional transformação watershed, permitindo a segmentação direta da imagem original sem necessidade de uma etapa de pré-processamento. Devido à detecção automática de todos os mínimos locais, não há necessidade da etapa de extração de marcadores, geralmente requerida por outros métodos de simulação de inundação.

Maiores detalhes e ilustrações podem ser encontrados nas publicações listadas na Seção 4.4.2 (cópias dos artigos encontram-se anexadas ao relatório). Também, encontra-se, em anexo, um CD-ROM gravado com cópia da tese de doutorado do aluno Marcos Carneiro, assim como com diversos exemplos de aplicações do novo algoritmo desenvolvido.

Ainda nesta linha de pesquisa, foi desenvolvida uma metodologia baseada na Morfologia Matemática para remoção de máculas em amostras de cerâmicas e óxidos, apresentando bons resultados.

4.4.1 Formação de Recursos Humanos

Conseguimos com esta linha de pesquisa a formação de nosso primeiro doutor em CC, na área de PDI, Marcos Carneiro de Andrade, que consideramos um fato importantíssimo para o projeto. Tivemos a co-orientação do prof. Gilles Bertrand, ESIEE, que veio a BH para participar da banca de avaliação. Além disto, tivemos a formação de uma mestranda.

1. Marcos Carneiro de Andrade, Um Método Topológico de Segmentação de Imagens por Atributos. Tese de Doutorado, UFMG, 1998.
2. Wanessa Nascimento Matta, Metodologia para Detecção de Máculas em Micrografias Utilizando Morfologia Matemática. Dissertação de Mestrado, 1998.

4.4.2 Publicações Geradas

As publicações listadas a seguir representam bem os resultados alcançados com esta linha de pesquisa. O artigo da revista Materials Research descreve bem o novo algoritmo desenvolvido, além de ilustrar seu desempenho em segmentar diversos tipos de imagens. Já o trabalho da aluna Wanessa, além de ter sido aceito em congressos importantes da área, foi também selecionado para participar do ACM 1998 Student Research Contest - Graduate Division.

1. De Andrade, M.C., Bertrand, G. & Araújo, A. de A. An attribute based image segmentation method, Materials Research, Brazil, vol. 2, no. 3, ISSN no. 1516 1439, 1999, pp 145-151.
2. Matta, W.N. & Araújo, A. de A. Straight-line removal in boron carbide microscopic images, Proceedings of the 1998 International Symposium on Computer Graphics,

Image Processing, and Vision - SIBGRAPI, IEEE Computer Society Press, Rio de Janeiro-RJ, Brazil, ISBN no. 0 8186 9215 4, 1998, pp 462-467.

3. Matta, W.N. , De Andrade, M.C. (D), Araújo, A. de A. & Bertrand, G. Segmentation of boron carbide microscopic images which present twins, Proceedings of the 9th. European Signal Processing Conference - EUSIPCO, Island of Rhodes, Greece. In: Theodoridis, S., Pitas, I., Stouratis, A. & Kalouptsidis, N. (Editors), Signal Processing IX: Theories and Applications, EURASIP, ISBN no. 960 7620 09 7, vol. IV, 1998, pp 2505-2508.
4. Matta, W.N. , De Andrade, M.C. (D), Araújo, A. de A. & Bertrand, G. Segmentation of boron carbide microscopic images which present twins, Proceedings of the 29th. ACM-SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Atlanta-GA, USA, ACM Press, 1998, pp 387. (This work was selected to participate of the ACM 1998 Student Research Contest - Graduate Division)

5. Linha de Pesquisa em Segmentação e Análise de Imagens de Satélite

5.1 Equipe

- Prof. Dr. Arnaldo de Albuquerque Araújo - UFMG/DCC, Coordenador
- Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr. - UFOP e CETEC/MG, pesquisador
- Renato Moreira Hadad - doutorando em CC/UFMG, pesquisador do CETEC/MG
- Marcelo Bernardes Vieira - mestrando em CC/UFMG

5.2 Motivação

Esta linha de pesquisa estende trabalhos desenvolvidos no NPDI na área de segmentação e análise de imagens de sensoriamento remoto. Propusemos a implementação de diversos algoritmos de segmentação, e sua comparação quando utilizados em sensoriamento remoto, particularmente para detecção de fraturas geológicas e formas circulares. Foram usadas imagens do satélite de sensoriamento remoto LANDSAT (sensores MSS e TM).

5.3 Principais Etapas Realizadas

Desenvolvimento de toolbox para sensoriamento remoto (imagens de satélite e aéreas) e toolbox para segmentação de imagens. Desenvolvimento da aplicação em geologia (detecção de fraturas e sua quantização), testes e aplicação em imagens reais. Desenvolvimento de metodologia para detecção de padrões em imagens de satélite – formas circulares tipo crateras formadas por atividade vulcânica ou impacto de corpos celestes, testes e aplicação em imagens reais.

5.4 Resultados Obtidos

Na aplicação em geologia (detecção de fraturas e sua quantização), desenvolvemos uma metodologia para vetorização de lineamentos representativos de estruturas rúpteis em imagens de cartas para sua análise de tendência. Com o uso de técnicas de PDI e métodos estatísticos de regressão, propusemos uma alternativa ao processo clássico de análise de tendência no que diz respeito à medição de atributos dos lineamentos e a sua representação matemática. Apresentamos os problemas, os conceitos e as soluções pertinentes à aquisição dos atributos, incluindo um método de vetorização dos lineamentos. Para a análise de tendência, usamos a modelagem matemática dos dados obtidos com a aplicação de uma função de regressão polinomial. Soluções para representar graficamente a tendência de uma topologia a partir de um polinômio também foram apresentadas. Um estudo comparativo entre o resultado obtido pela metodologia proposta e pelo processo clássico de análise de tendência sobre uma mesma região foi realizado, mostrando-se ser favorável à utilização da metodologia proposta.

No caso da aplicação para detecção de padrões em imagens de satélite – formas circulares tipo crateras formadas por atividade vulcânica ou impacto de corpos celestes, foi desenvolvida uma metodologia consistindo de 4 etapas: pré-processamento, detecção dos padrões, reconhecimento dos padrões e identificação dos alvos.

Para o reconhecimento dos padrões, foi usada a Transformada de Hough, por apresentar bons resultados de reconhecimento neste tipo de imagens que apresentam ruídos, deformações, etc., sendo ainda robusta a problemas de oclusão e descontinuidades de bordas. Houve contribuição original nas duas últimas etapas onde heurísticas e modificações em algoritmos foram necessárias para se conseguir atingir os objetivos. A metodologia foi aplicada em imagens do satélite LANDSAT 5 de tamanho 6000X6000 pixels, que tiveram de ser divididas em mosaicos de tamanho 1500X1500 pixels, devido a limitações impostas pelos acumuladores da Transformada de Hough. Este problema foi resolvido com sucesso, sendo outra contribuição deste trabalho.

Maiores detalhes e ilustrações podem ser encontrados nas publicações listadas na Seção 5.4.2 (cópias dos artigos encontram-se anexadas ao relatório). Também, encontra-se, em anexo, um CD-ROM gravado com cópia da tese de doutorado do aluno Renato Hadad, assim como com diversos exemplos de aplicações da metodologia desenvolvida.

5.4.1 Formação de Recursos Humanos

Conseguimos com esta linha de pesquisa a formação de nosso segundo doutor em CC, na área de PDI, Renato Moreira Hadad, que consideramos outro fato importantíssimo para o projeto. Tivemos a co-orientação do prof. Paulo Martins na tese de Renato, assim como na dissertação de mestrado do aluno Marcelo Bernardes.

1. Renato Moreira Hadad, Detecção de Padrões em Imagens de Sensoriamento Remoto - Formas Circulares. Tese de Doutorado, UFMG, 2000.
2. Marcelo Bernardes Vieira, Vetorização e Análise de Tendência de Cartas de Lineamentos Geológicos. Dissertação de Mestrado, UFMG, 1998.

5.4.2 Publicações Geradas

As publicações listadas a seguir representam bem os resultados alcançados com esta linha de pesquisa. O primeiro artigo ilustra bem a metodologia desenvolvida na tese de Renato, enquanto o segundo artigo demonstra a toolbox de segmentação de imagens sendo utilizada numa aplicação das belas artes. Já as duas últimas publicações descrevem o trabalho da dissertação de Marcelo Bernardes.

1. Araújo, A. de A., Hadad, R.M. (D) & Martins Jr., P. Identification of Patterns in Satellite Imagery - Circular Forms, 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, pp 25-34.
2. Araújo, A. de A., Hadad, R.M. & Coelho, B.V. Enhancement of sketch contours on paintings infrared photographs: a comparison, Proceedings of the 9th. European Signal Processing Conference - EUSIPCO, Island of Rhodes, Greece. In: Theodoridis, S., Pitas, I., Stouratis, A. & Kalouptsidis, N. (Editors), Signal Processing IX: Theories and Applications, EURASIP, ISBN no. 960 7620 07 0, vol. II, 1998, pp 853-856.
3. 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, Proceedings of the 13th. International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, ERIM/NASA, Vancouver-BC, Canada, ISSN no. 1067 0106, vol. II, 1999, pp 273-280.
4. 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, Proceedings of the 1st. International Symposium on Sustainable Ecosystem Management, Chambéry, France, 1999, pp 391-395.

6. Alguns Comentários

Nosso projeto foi desenvolvido em cooperação com o Groupe ESIEE Paris, o CDTN/CNEN e o CETEC/MG. Através de nosso acordo de cooperação internacional CAPES/COFECUB, foram realizadas várias missões de trabalho que muito contribuíram para manter o projeto em constante atualização.

As missões de trabalho brasileiras junto ao Groupe ESIEE Paris permitiram também diversos contatos na região parisiense, destacando-se visitas às instituições ENSMP/CMM e ENSEA/ETIS. Os profs. Sylvie Philipp e Jean-Pierre Cocquerez da ENSEA foram nossos invited speakers para o SIBGRAPI 98.

Recebemos as visitas de pós-doutorado (3 meses), com financiamento do COFECUB, dos profs. Mohamed Akil (julho a outubro 1999) e Laurent Perroton (maio a julho 2000), Groupe ESIEE Paris.

As missões de trabalho francesas envolveram também a apresentação de mini-cursos de 6h-aulas, além de seminários abertos à comunidade científica, sendo apresentados na UFMG e na UNICAMP.

A formação de nosso primeiro doutor em CC, na área de PDI, Marcos Carneiro de Andrade, foi fato importante para o projeto, tendo recebido a co-orientação do prof. Gilles Bertrand, ESIEE. O prof. Bertrand veio a BH para participar da banca de avaliação.

A formação de dois doutores e quatro mestres em CC/PDI representa fato importante e gratificante para nosso projeto. Esta atividade de orientação de alunos gerou uma produção bibliográfica considerável em congressos importantes nacionais e internacionais, além de algumas em periódicos.

As máquinas e equipamentos do NPDI estavam em péssima situação. A aprovação pela FAPEMIG deste auxílio pesquisa conseguiu reverter a situação. Conseguimos atualizar nossas máquinas, monitores de vídeo e periféricos para PDI (kits DVD, quickcams, scanner, jet printer, frame grabber para seqüências de imagens, gravador CD-ROM, zip drivers).

Comemorando os 10 anos do NPDI, realizamos o I Workshop em Tratamento de Imagens, em 16 de junho de 2000. Foram 16 palestras, envolvendo convidados externos e nossos alunos. O evento foi aberto à comunidade e recebemos cerca de 60 participantes.

7. Agradecimentos

Registramos aqui fortemente nossos agradecimentos à FAPEMIG pela concessão deste auxílio pesquisa que muito nos incentivou a manter grande atividade de orientação de alunos, a níveis de pós-graduação e graduação, de cooperação com outros grupos de pesquisa e de divulgação de nossos resultados.