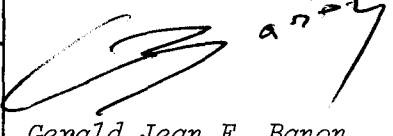




1. Publicação nº <i>INPE-4103-PRE/1035</i>	2. Versão	3. Data <i>Jun 1.987</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DPI</i>	Programa <i>PREPROI</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ANÁLISE MORFOLOGIA</i> <i>IMAGEM</i>			
7. C.D.U.: <i>621.376.5</i>			
8. Título <i>"UM SISTEMA INTERATIVO DE ANÁLISE MORFOLÓGICA DE IMAGENS"</i>		10. Páginas: <i>20</i>	
		11. Última página: <i>20</i>	
9. Autoria <i>Junior Barrera</i> <i>Nelson D. D'Avila Mascarenhas</i> <i>Luciano Vieira Dutra</i> <i>Antonio Miguel Vieira Monteiro</i> <i>Sérgio Rosim</i>		12. Revisada por  <i>Gerald Jean F. Banon</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Dr. Marco Antonio Raupp</i> <i>Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <i>Neste trabalho é apresentado o sistema de análise de imagens microscópicas que está sendo desenvolvida pelo Departamento de Processamento de Imagens (DPI) do INPE. Este sistema conta com recursos lógicos ("software" e "hardware") dedicados à manipulação e extração de informação de imagens microscópicas.</i>			
15. Observações <i>Trabalho a ser submetido ao V Congresso Nacional de Informática, Teleinformática y Telecomunicaciones, a ser realizado de 1 a 15 de junho de 1987, em Buenos Aires, Argentina.</i>			

UM SISTEMA INTERATIVO DE ANÁLISE MORFOLÓGICA DE IMAGENS

J.BARRERA*; N.D.A.MASCARENHAS**; L.V.DUTRA***; A.M.V.MONTEIRO****; S.ROSIM*****

SUMÁRIO

Neste trabalho é apresentado o sistema de análise de imagens microscópicas que está sendo desenvolvida pelo Departamento de Processamento de Imagens (DPI) do INPE. Este sistema conta com recursos lógicos ("software") e físicos ("hardware") dedicados à manipulação e extração de informação de imagens microscópicas.

ABSTRACT

In this paper a microscopic image analysis systems, that is being developed by the Image Processing Department of INPE, is presented. This system has its hardware and software dedicated to the manipulation and the information extraction from microscopic images.

- * Mestrado em Computação Aplicada (INPE), Engenheiro Eletricista (Politécnica, USP, 1983).
- ** Ph.D em Engenharia Elétrica (USC, 1974), Mestre em Engenharia Eletrônica - (ITA, 1969), Engenheiro Eletrônico (ITA, 1966).
- *** Mestre em Computação Aplicada (INPE, 1981), Engenheiro Eletrônico (ITA, 1976).
- **** Mestrado em Computação Aplicada (INPE), Engenheiro Eletricista (UFES, 1984).
- ***** Bacharel em Ciências da Computação (UFSCar, 1980).

INPE- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS
CAIXA POSTAL 515
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.
CEP 12201

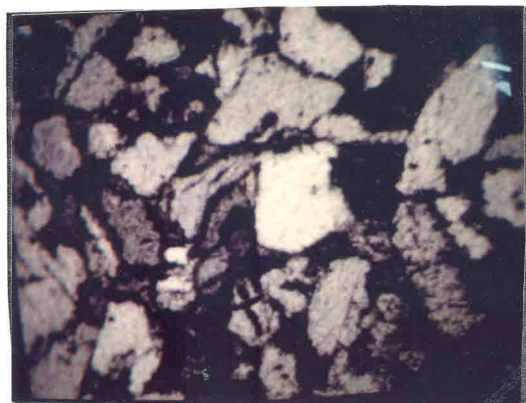


Fig. 1 - Amostra de arenito.

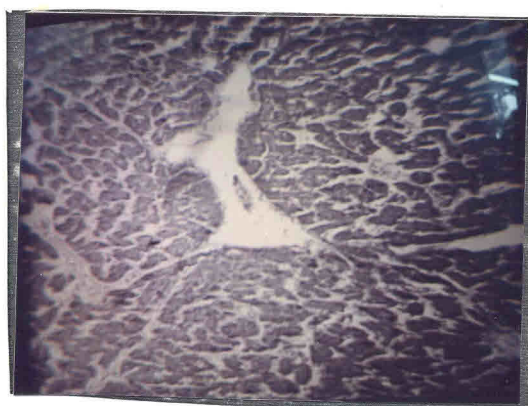


Fig. 2 - Amostra de tecido cardíaco.

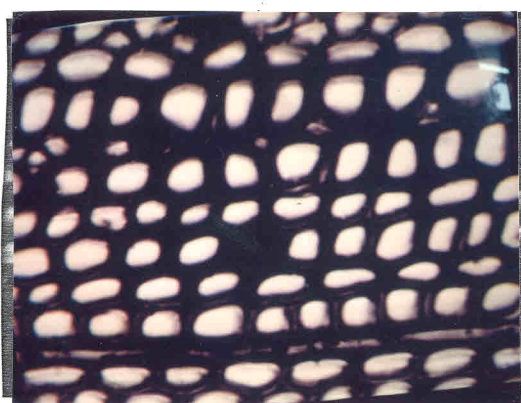


Fig. 3 - Amostra de eucalipto.

3. ANÁLISE AUTOMÁTICA DE MICROIMAGENS

Para introduzir algum nível de automação no processo de análise de imagem é necessário definir procedimentos computacionais que efetuem os três passos identificados na atividade usual dos especialistas.

Na exposição desses procedimentos alguns conceitos primitivos são importantes:

Imagem: grade retangular de pontos (pixels) representada por uma matriz de números inteiros, onde cada elemento da matriz corresponde à intensidade luminosa (nível de cinza) de um ponto.

Histograma de uma imagem: gráfico que indica a frequência de incidência de níveis de cinza na imagem.

Imagem binária: imagem com apenas dois níveis de cinza.

Objeto: imagem binária, cujos "pixels" que tenham valor lógico sejam conectados.

"Pixels" conectados: dois "pixels" são conectados se existe um caminho na imagem ligando-os.

a. Localização de regiões de interesse na cena.

A localização das regiões de interesse pode ser efetuado por um conjunto de técnicas conhecido como segmentação [1].

A segmentação corresponde a uma eliminação de informação irrelevante presente na cena para efeito do estudo que se pretende efetuar. Ela transforma uma imagem em tom de cinza em uma imagem binária.

Um método de segmentação bastante simples é o chamado fatiamento dos níveis de cinza, que associa o nível 255 aos "pixels" que estão entre certos limiares (L_{inf} e L_{sup}) e 0 aos "pixels" que estão fora dessa faixa. A análise do histograma da imagem pode ser útil a escolha dos limiares.

Após a segmentação o processo de eliminação de informação irrelevante prossegue. A imagem segmentada passa por transformações morfológicas que criam "caricaturas", formas que destacam certas características dos objetos, da cena.

A teoria que estuda a aplicação das transformações morfológicas à análise de imagens é a Morfologia Matemática [9,6,7]. Essa teoria modela as imagens por conjuntos pertencentes ao Z^2 (espaço digital) e especifica condições para que transformações aplicadas a esses conjuntos resultem em informações relevantes para a análise de imagens.

As transformações morfológicas mais usuais são erosão e dilatação:

$$\text{Erosão } (\ominus): \quad X \ominus B \triangleq \{ x : Bx \subset X \}$$

$$\text{Dilatação } (\oplus): \quad X \oplus B \triangleq \{ x : Bx \cap X \neq \emptyset \}$$

onde:

X : representa a imagem binária:

$$X \subset \mathbb{Z}^2$$

B : representa uma sonda que percorre a imagem e é conhecido como elemento estruturante:

$$B \subset \mathbb{Z}^2$$

Bx : indica que o elemento estruturante está na posição definida pelo vetor x :

$$x \in \mathbb{Z}^2$$

A erosão (Figura 4) desgasta os objetos maiores e elimina os objetos menores que o elemento estruturante.

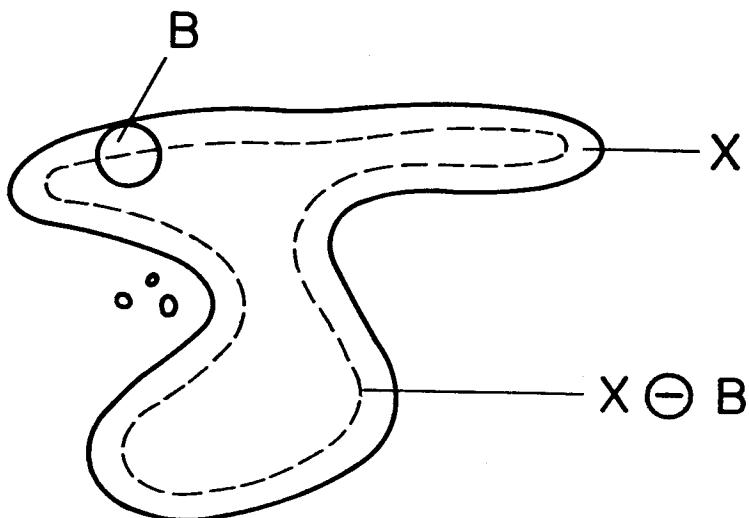


Fig. 4 - Erosão.

A dilatação (Figura 5) preenche os buracos menores que o elemento estruturante e faz com que os objetos maiores cresçam.

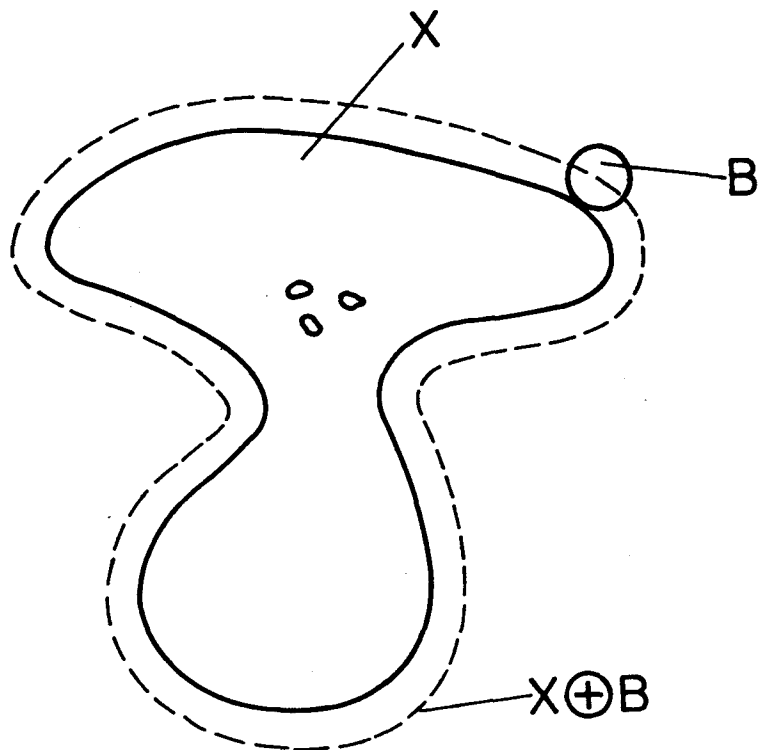


Fig. 5 - Dilatação.

b. Medidas de parâmetros sobre as regiões de interesse.

Uma vez eliminada a informação irrelevante é preciso dotar o sistema de procedimentos que permitam reconhecer que a cena é composta por um conjunto de objetos distintos. As rotinas que realizam esses procedimentos são conhecidas como algoritmos de rotulação, os quais associam um número inteiro (nível de cinza) a cada objeto. A filosofia dessas rotinas é a busca de regiões conectadas [1,4], áreas onde existe pelo menos um caminho que liga dois pontos quaisquer da região.

Após rotular a cena é possível descrevê-la, isto é, realizar medidas sobre os objetos que a compõem.

Alguns parâmetros de interesse são a área (contagem de "pixels" que formam os objetos), o perímetro (contagem de "pixels" que definem o "contorno" dos objetos) e as projeções dos objetos sobre retas (0 , 45 , 90 , 135) [7].

c. Identificação de objetos semelhantes.

Após a descrição dos objetos que compõem a cena é possível identificar classes de objetos semelhantes; para tanto pode-se empregar técnicas de reconhecimento de padrões que se baseiam na ponderação de parâmetros (área, projeções, perímetro) que descrevem os objetos [3]. Por essa técnica podem-se distinguir objetos grandes de pequenos, arredondados de alongados, etc.

Um procedimento bastante elementar de classificação é o chamado método do paralelepípedo, que associa um determinado objeto a uma classe se todos os parâmetros que o descrevem estão dentro das suas faixas permitidas para a classe.

4. APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS COMPUTACIONAIS (EXEMPLO)

A seguir é apresentada uma sequência completa das etapas necessárias para a descrição de uma cena.

Suponha-se que se deseja contar o número de regiões arredondadas, estimar a área de cada região arredondada e eliminar as áreas menores que uma área mínima (A_{min}) na imagem da Figura 6.

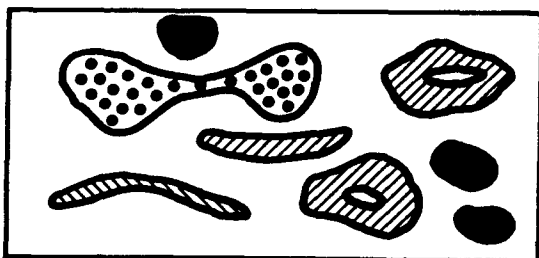


Fig.6 - Exemplo: imagem em tom de cinza.

Para tanto é preciso seguir os procedimentos expostos:

1 - Segmentação.

Distingue os objetos do fundo (Figura 7).

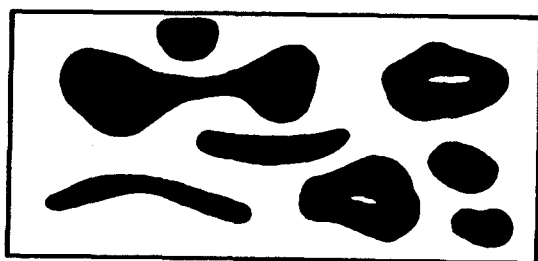


Fig.7 - Exemplo: imagem segmentada.

2 - Transformações Morfológicas.

Elimina as regiões alongadas e isola as regiões arredondadas (Figura 8).

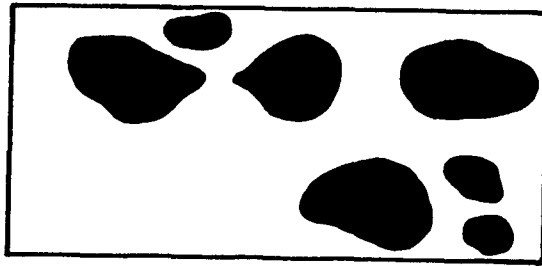


Fig.8 - Exemplo: imagem transformada.

3 - Rotulação.

Identifica as regiões arredondadas e as conta (Figura 9)

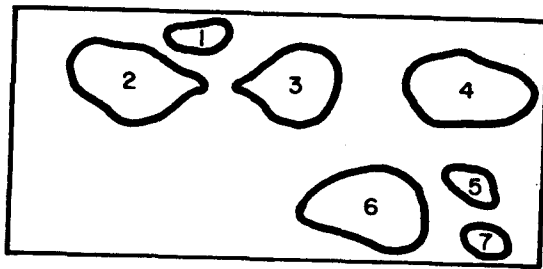


Fig.9- Exemplo: imagem rotulada.

4 - Descrição.

Mede a área dos objetos rotulados (Tabela 1)

5 - Classificação.

Classifica os objetos quanto à área (Tabela 1)

Se $a_i < A_{min}$ então classe = PEQUENO, senão,
classe = GRANDE

OBJETO	AREA	CLASSE
1	a1	PEQUENO
2	a2	GRANDE
3	a3	GRANDE
4	a4	GRANDE
5	a5	PEQUENO
6	a6	GRANDE
7	a7	PEQUENO

Tabela 1 - Exemplo: descrição da cena.

6 - Seleção.

Elimina da cena os objetos pequenos (Figura 10).

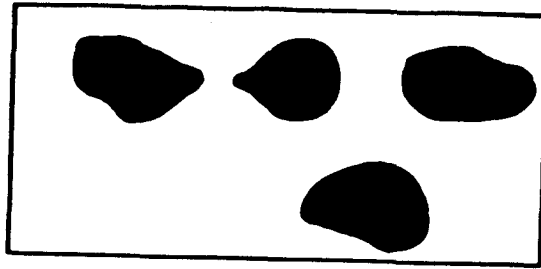


Fig.10 - Exemplo: classe selecionada (GRANDE).

5. SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGEM

O Sistema de Análise de Imagens desenvolvido no INPE (ANIMA) [8] caracteriza-se por ser altamente interativo, sendo uma ferramenta poderosa que deve auxiliar o estudo de cenas microscópicas. Este sistema foi desenvolvido no ambiente SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens), também criado no INPE, que é composto de "hardware" e "software" básicos dedicados ao tratamento de imagens [2,11].

5.1. ARQUITETURA DO "HARDWARE"

O Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) é baseado em um microcomputador do tipo IBM PC compatível.

O que caracteriza esse sistema é a unidade de visualização, composta de um módulo de memória capaz de armazenar até quatro planos de imagem (1024 x 1024 "pixels" de 8 bits) e um monitor de vídeo e ainda um disco rígido (memória de massa) que tem grande capacidade de armazenamento de dados.

Para a aquisição de imagem o sistema conta com câmera de TV acoplada a um microscópio ótico. A imagem captada pela câmera é digitalizada por um conversor (A/D) e carregada na memória de imagem. A informação mantida na memória de imagem pode ser processada e mostrada em monitor de TV, após passar por um conversor (D/A).

Na Figura 11 é apresentado um esquema da arquitetura de "hardware" do SITIM.

ARQUITETURA BÁSICA

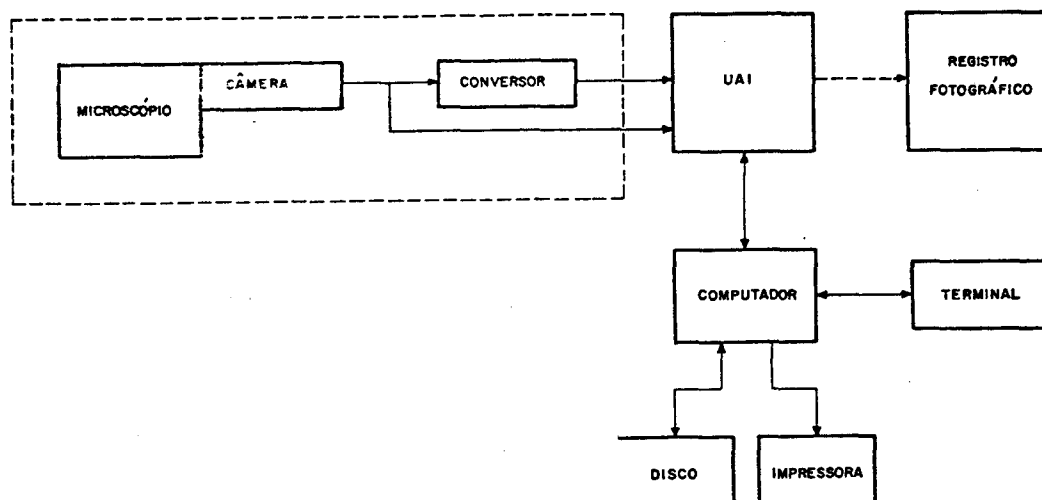


Fig.11 - Arquitetura de "hardware" do SITIM.

5.2. ARQUITETURA DO "SOFTWARE"

Na Figura 12 é apresentada a arquitetura de "software" do ANIMA. Ela é composta basicamente de quatro níveis hierárquicos: "software" básico (bibliotecas do SITIM e do ANIMA), funções de tratamento de imagens e comunicação entre programas aplicativos (rotinas de pré-processamento, segmentação, transformações morfológicas, rotulação, extração de atributos, classificação, seleção, gerente da base de dados), biblioteca de aplicativos (programas executáveis compostos de encadeamento de funções de análise de imagem), gerente (utilitário que permite a organização dos programas aplicativos em cartões). O sistema conta também com uma base de dados que permite a comunicação entre os diversos módulos.

Essa organização do sistema garante a sua flexibilidade e modularidade, pois as funções específicas para a análise de imagens foram mantidas como sub-rotinas que podem ser integradas, conforme a conveniência do processamento que se deseja realizar no nível de hierarquia superior, biblioteca de

REFERÊNCIAS

1. Ballard, D.M. and Brown, C.M. - Computer Vision, Prentice Hall, 1982.
2. Câmara Neto, G. e Souza, R.C.M.
Um sistema para uso geral em processamento de imagens baseado em microcomputador.
INPE, 1985.
3. Duda, R.O. and Hurt, P.E. - Pattern Classification and Science Analysis.
John Wiley, 1973.
4. Dutra, L.V. e Monteiro, A.M.V. - Aplicação das Técnicas de Rotulação de Regiões na Análise Automática de Imagens Microscópicas.
SBA, 1986.
5. Fountain, T.J. - A Survey of Bit-Serial Array Processor Circuits - Computer Structures for Image Processing Academic Press, London, 1983.
6. Guichou, C. e Barrera, J. - Um instrumento de Análise de Imagens por computador: A Morfologia Matemática.
SBC, 1985.
7. Guichou, C.- Análise de Imagens e Morfologia Matemática.
INPE, 1985.
8. Mascarenhas, N.D.A.; Barrera, J; Dutra, L.V.; Monteiro, A.M.V.; Rosim, S. - Microscopia Computadorizada.
SBC, 1986.
9. Serra, J.- Image Analysis and Mathematical Morphology-Academic Press - 1982.
10. Serra, J. - Structures Syntaxiques en Morphologie Mathematique-Premier Colloque Image Traitment, Synthese Technologie e Applications.
Biarritz- Mai 1984.
11. Souza, R.C.M.; Mendes, C.L.; Garrido, J.C.P.; Camara Neto, G. - IV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
Gramado, 1986.
12. Thonnat, M. - Automatic Morphological Description of Galaxies and Classification by an expert system.
INRIA- Rapports de Recherche n. 387.

6. CONCLUSÃO

Foi apresentado um sistema interativo de análise de imagens que deve facilitar a ação dos especialistas que necessitam estudar as cenas microscópicas. A tendência é um sistema como este evoluir em vários aspectos:

- Aumento da potencialidade do sistema pelo enriquecimento do conjunto de ferramentas básicas para análise de imagem que o sistema dispõe.

- Diversificação das aplicações do sistema que passa a atuar sobre outras cenas e não apenas sobre imagens microscópicas. Outras imagens que sejam planas e estáticas, como algumas imagens médicas, de robótica ou de sensoriamento remoto [10].

- Uso de "hardware" especializado, arquiteturas altamente paralelas dedicadas à manipulação de imagens, as quais permitam uma aceleração considerável dos processamentos [5].

- Aumento do grau de automação do processo de análise de imagens pela introdução de técnicas de inteligência artificial. Poder-se-ia, por exemplo, incorporar ao ANIMA um sistema especialista que cruzaria as informações extraídas das imagens com as informações armazenadas em uma base de conhecimento, o que permitiriam uma interpretação automática da cena e não apenas uma simples descrição. Poder-se-ia dizer, por exemplo, que determinada amostra de tecido é indicadora de uma certa patologia. Deste modo o ANIMA evoluiria de um sistema de descrição de imagens para um sistema de compreensão de cenas [12].

5.3. COMUNICAÇÃO COM O USUÁRIO.

Duas perguntas importantes a serem respondidas são:

Qual o perfil de um usuário do ANIMA?

Como se dá a interação ANIMA usuário?

O perfil de um usuário do ANIMA deve se enquadrar em algum dos três casos:

1- Especialista.

Especialista sem conhecimento em processamento de imagens (médico, geólogo, agrônomo, etc.). A sua interação com o sistema se dá através de um cardápio de opções.

2- Especialista treinado.

Especialista com conhecimento de processamento de imagens. Médicos, geólogos, agrônomo, etc. que conhecem a dinâmica do sistema e o objetivo de cada função. Este usuário poderá vir a criar os seus próprios aplicativos.

3- Especialista em Processamento de Imagens:

Poderá se valer da estrutura do sistema para realizar as suas pesquisas. Pode introduzir novas funções em qualquer dos módulos definidos.

A tendência é existir vários conjuntos de aplicativos, cada um deles atendendo a necessidades específicas das várias áreas de interesse (Petrografia, Metalografia, Medicina, Agricultura, etc.) e um conjunto de aplicativos que é um laboratório para a confecção de outros aplicativos. Este laboratório é formado por programas executáveis que acessam individualmente cada uma das funções de tratamento de imagens.

Janela : Min = 24 Delta x = 219
 Delta = 0 Delta y = 333

IND	AREA	PERIMETRO	ALTURA	LARGURA	PROXIM	PROXIM	CLASSE
1							
2							
3	126.	10.	10.	10.	10.	10.	
4	11.670E+3	10.	10.	10.	10.	10.	Grande
5	177.	10.	10.	10.	10.	10.	
6	1222.	10.	10.	10.	10.	10.	
7	16.169E+3	10.	10.	10.	10.	10.	Grande
8	193.	10.	10.	10.	10.	10.	
9	1113.	10.	10.	10.	10.	10.	
10	193.	10.	10.	10.	10.	10.	
11	181.	10.	10.	10.	10.	10.	
12	12.012E+3	10.	10.	10.	10.	10.	Grande
13	184.	10.	10.	10.	10.	10.	
14	2112.	10.	10.	10.	10.	10.	
15	190.	10.	10.	10.	10.	10.	

Aperte (ENTER) para ir ao menu ..

Fig. 17 - Descrição da cena.



Fig. 18 - Objetos selecionados.

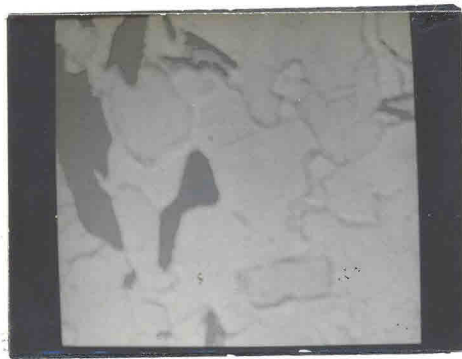


Fig. 14 - Imagem segmentada.

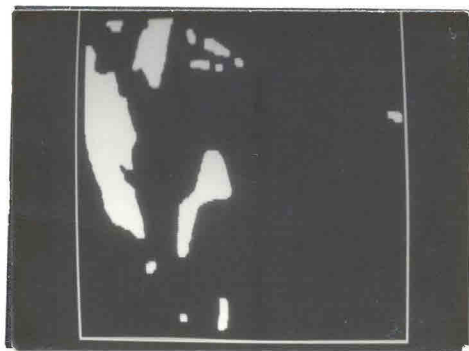


Fig. 15 - Imagem transformada.

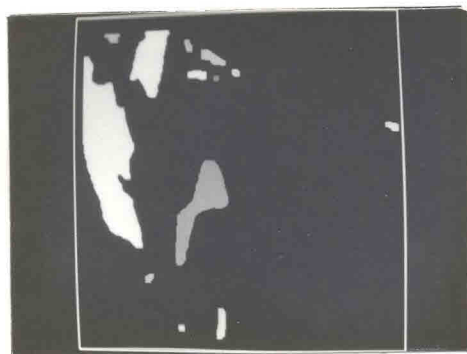


Fig. 16 - Imagem rotulada.

aplicativos. Esta arquitetura permite também que expansões do sistema sejam efetuadas com facilidade pela inclusão de novas funções ou novos programas aplicativos.

O núcleo do sistema é composto de nove módulos básicos:

Aquisição: digitalização de uma imagem microscópica ou acesso ao disco.

Pré-processamento: melhoria da qualidade da imagem adquirida, eliminação de ruído- aumento de contraste, etc.

Segmentação: transformação de uma imagem em tom de cinza em uma imagem binária.

Transformação Morfológica: transformações morfológicas das imagens segmentadas.

Rotulação: identificação das regiões conectadas (objetos).

Extração de Atributos: medidas de parâmetros tomados sobre os objetos presentes na imagem (área, projeções, perímetros).

Reconhecimento de Padrões: ponderação dos parâmetros que representam os objetos a fim de definir classes de objetos semelhantes.

Seleção: identificação de uma determinada classe de objetos na cena pela eliminação dos demais objetos.

Gerente da Base de Dados: rotinas que permitem que os diversos módulos que compõem o sistema conversem entre si. Permite que as diversas rotinas leiam e escrevam valores na base de dados.

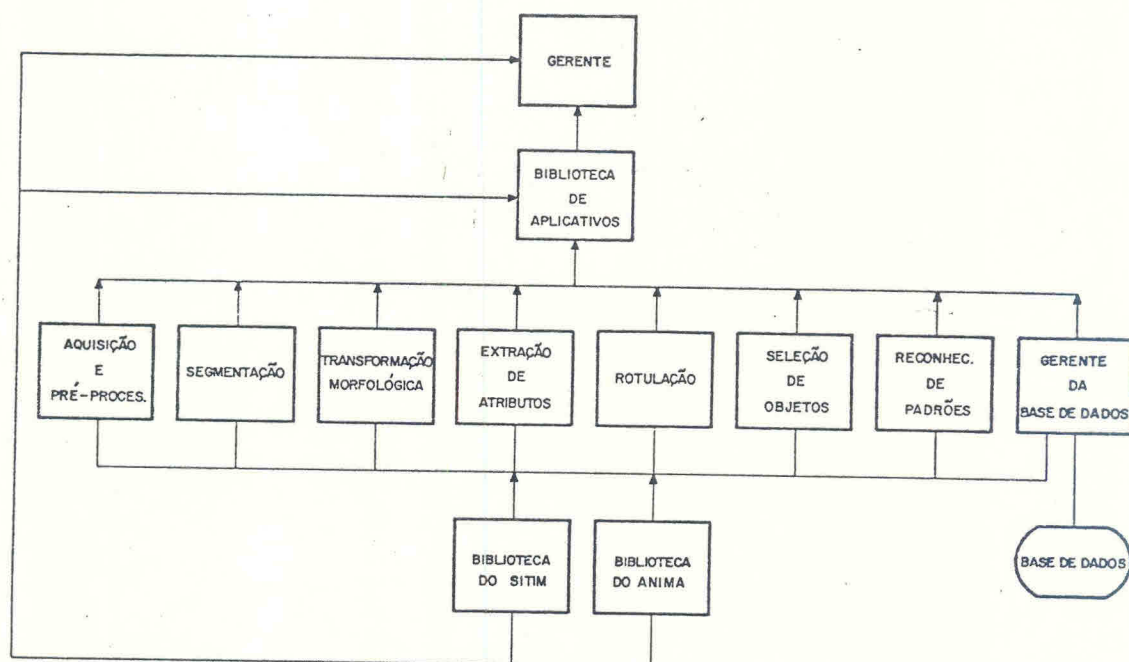


Fig. 12 - Arquitetura do "software".

As Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18 apresentam uma aplicação do ANIMA em uma amostra de rocha (mica):

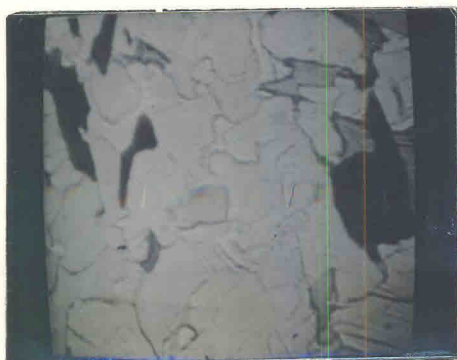


Fig. 13 - Imagem em tom de cinza.