

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Slides preparados com base nos materiais do Prof. Bruno Travençolo e Prof. Fabio Faria

Processamento Digital de Imagens

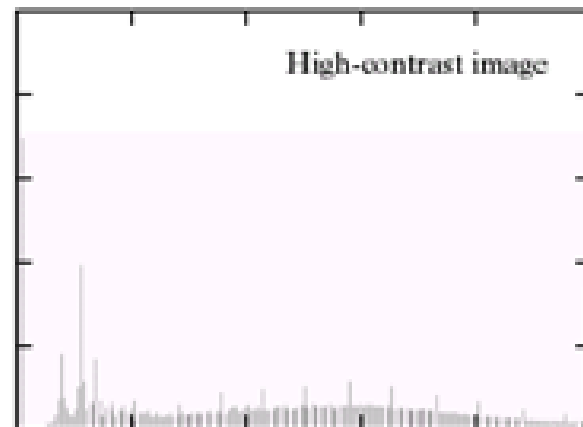
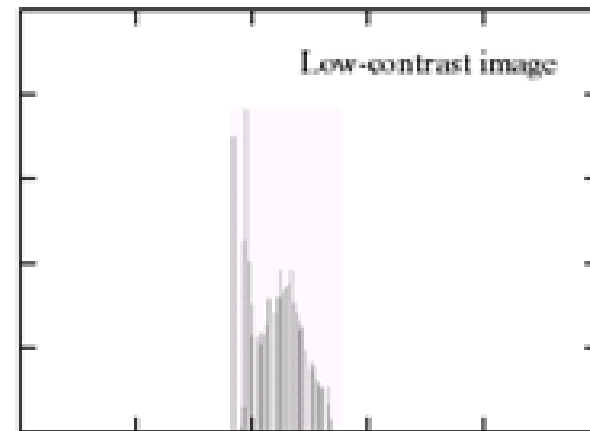
- Motivado por duas principais aplicações:
 - ▣ Melhorar a informação da imagem para interpretação humana
 - ▣ Processamento de cenas para percepção de máquinas (Visão Computacional)
- Armazenamento e transmissão eficientes

Processamento Digital de Imagens

- Emprega métodos capazes de melhorar a informação pictorial para interpretação e análises humanas
- Aplicações típicas:
 - ▣ Realce do conteúdo da imagem
 - ▣ Aumento de contraste
 - ▣ Correção de imagens borradas
 - ▣ Correção de iluminação
 - ▣ Eliminação de ruídos
 - ▣ Pseudo-coloração

Processamento Digital de Imagens

□ Processamento de histogramas



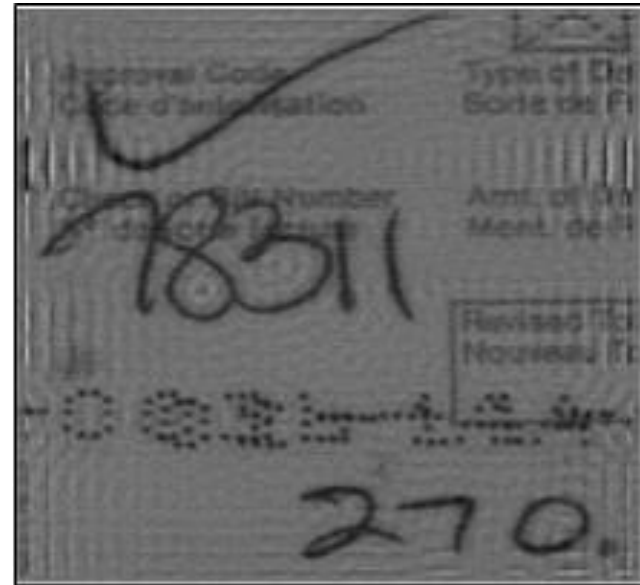
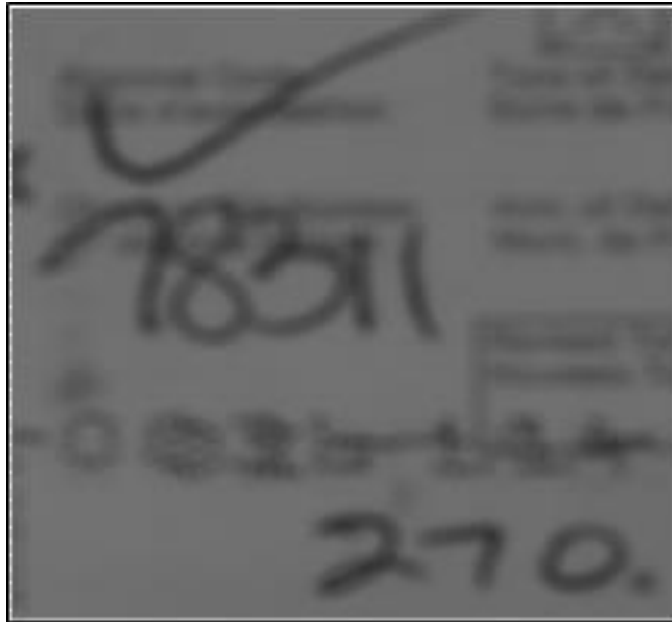
Processamento Digital de Imagens

□ Expansão de contraste



Processamento Digital de Imagens

□ Correção de foco



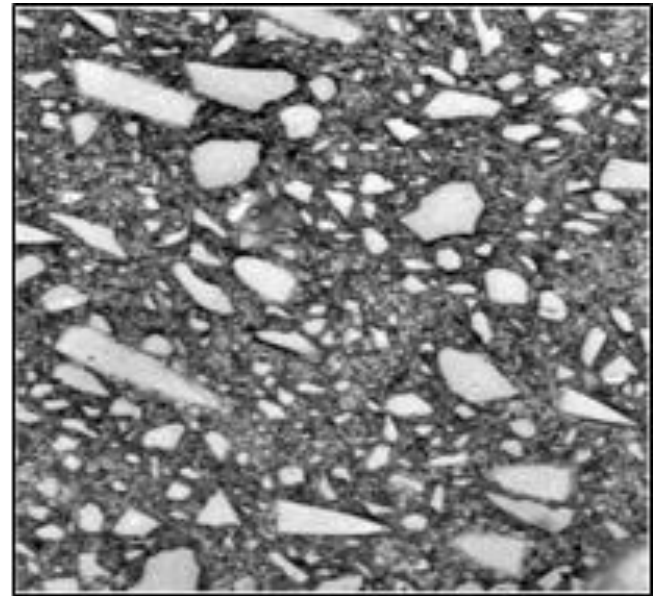
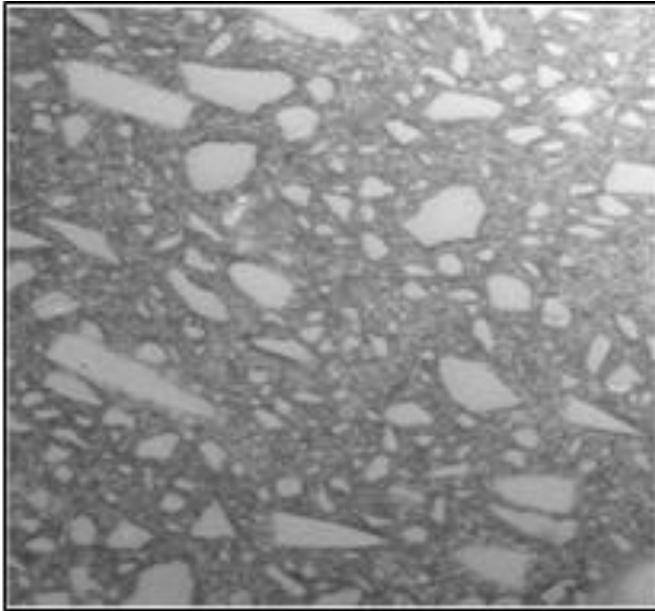
Processamento Digital de Imagens

□ Correção de movimento



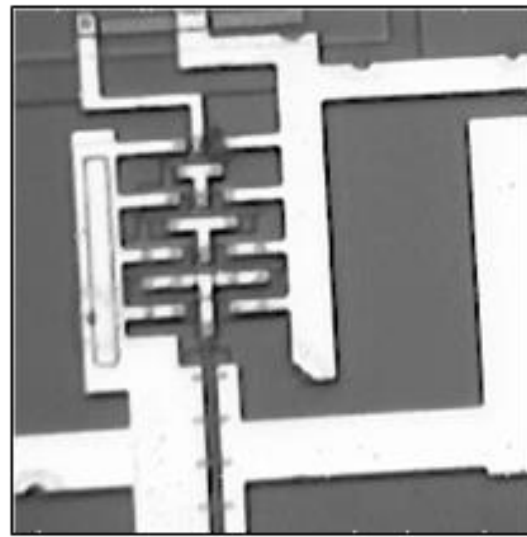
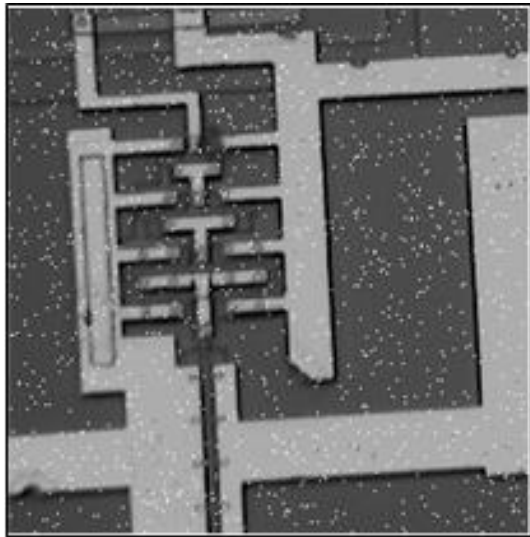
Processamento Digital de Imagens

□ Correção de iluminação irregular



Processamento Digital de Imagens

□ Eliminação de Ruídos



Processamento Digital de Imagens

- Eliminação de Ruídos: filtros de média
 - ▣ Nota-se que neste caso não é o melhor filtro



Processamento Digital de Imagens

□ Realce

▣ Uso do Filtro Laplaciano



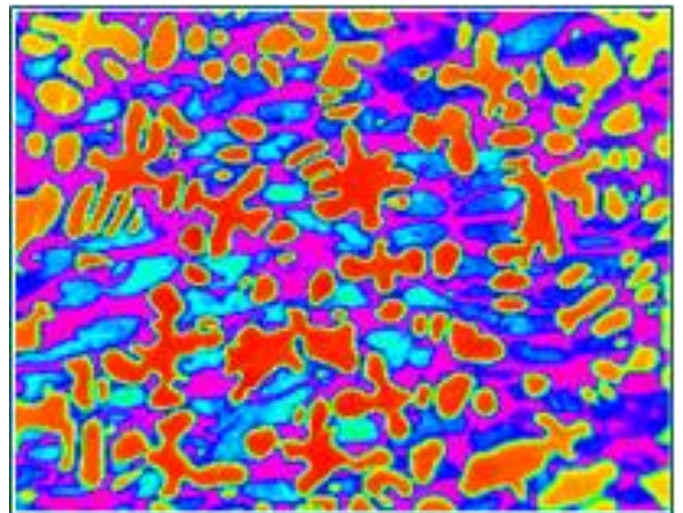
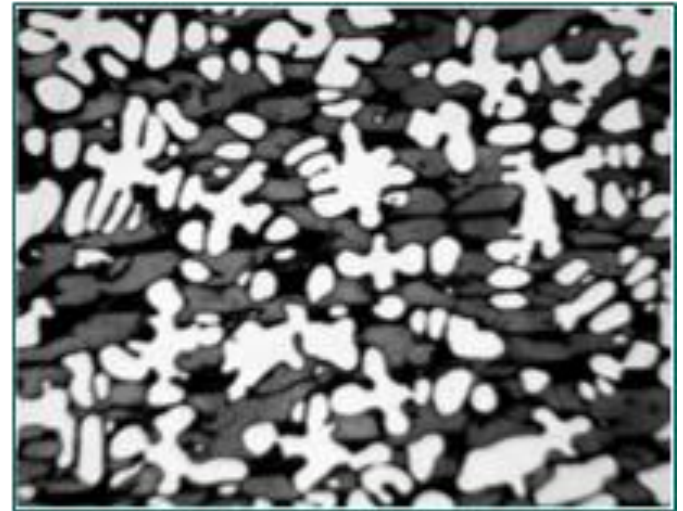
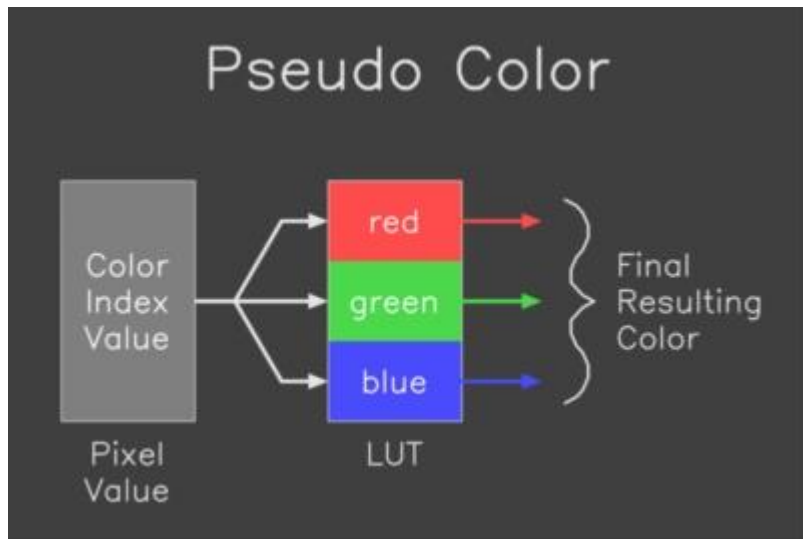
Processamento Digital de Imagens

□ Eliminação de ruídos periódicos



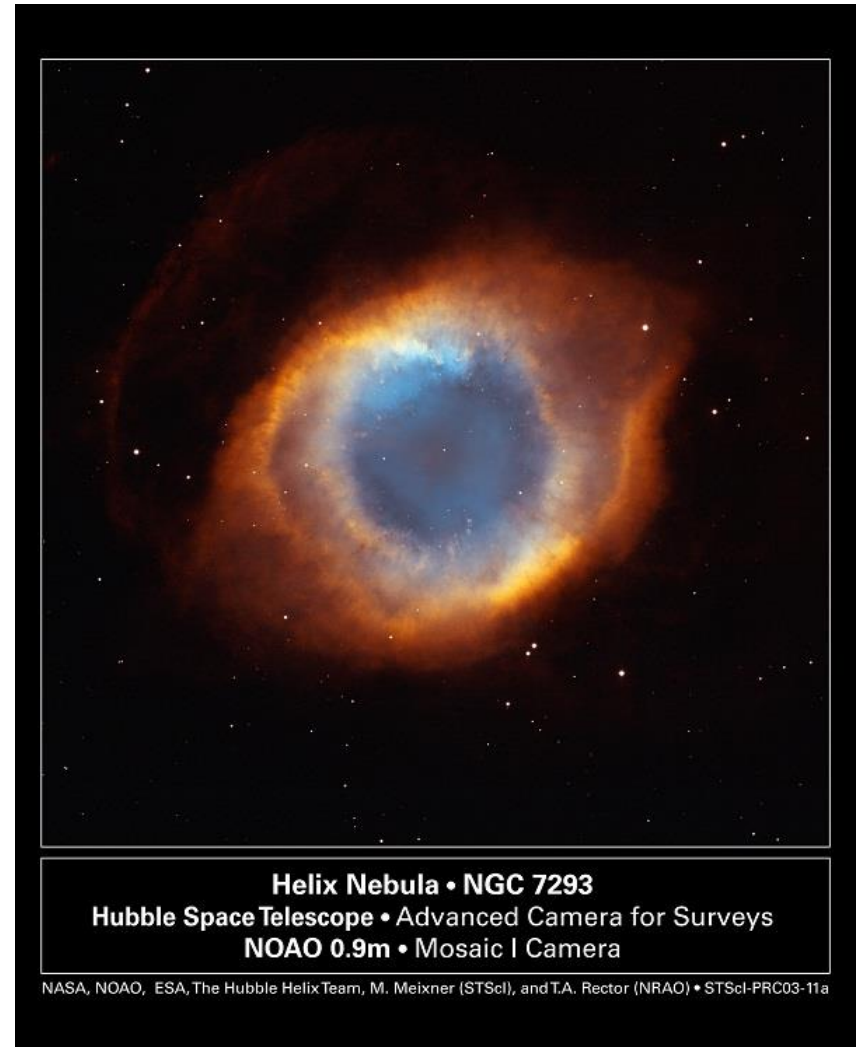
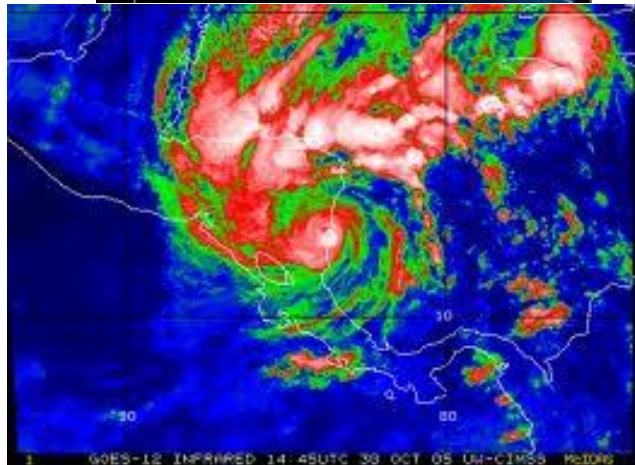
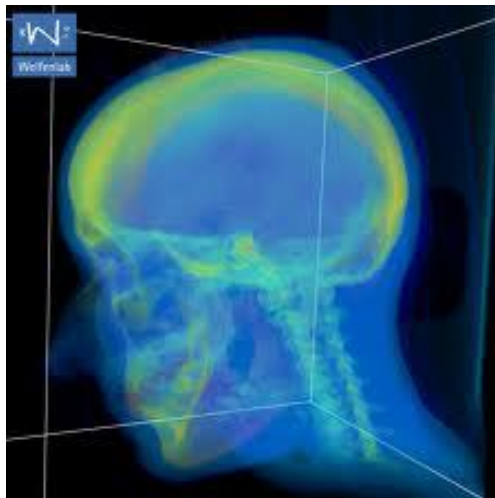
Processamento Digital de Imagens

□ Pseudo-coloração

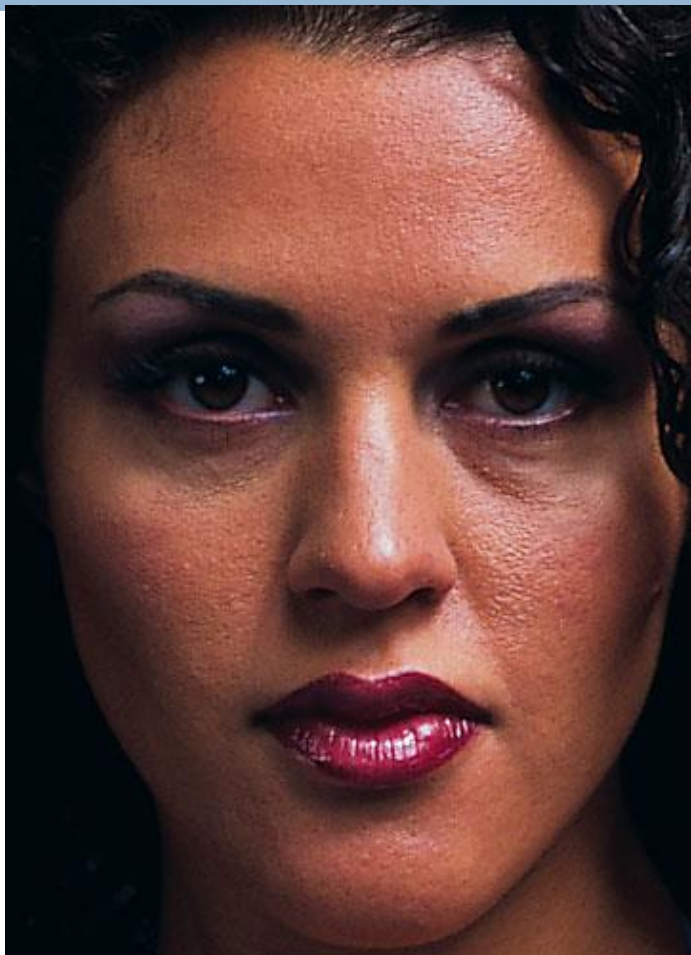


Processamento Digital de Imagens

□ Pseudo-coloração



Aplicações: Retoque digital





Visão Computacional

Visão Computacional

- A visão computacional procura auxiliar a resolução de problemas altamente complexos, buscando **imitar a cognição humana e a habilidade do ser humano em tomar decisões** de acordo com as informações contidas na imagem.

Visão Computacional

- A visão está diretamente relacionada com a Inteligência!



Visão Computacional

- Um dos maiores desafios científicos do homem contemporâneo
- Está muito distante de ser solucionado
- Um dos melhores exemplos da multidisciplinaridade da ciência

Visão Computacional

- Interesse na extração de informações quantitativas da imagem com o objetivo de classificação de padrões e recuperação de imagens por conteúdo.
- Extração de características
 - ▣ Automática
 - ▣ Semiautomática

Visão Computacional

□ Tipos de características

- Cor: produz uma assinatura de cor para a imagem ou para uma região
 - média de cor, histograma, etc.
- Forma: descreve a forma de um objeto
 - compacidade, índice de convexidade, perímetro, etc.
- Textura: produz uma caracterização matemática de um padrão que se repete na imagem
 - entropia, contraste, transformada de Wavelet ou Fourier, etc.

Aplicações

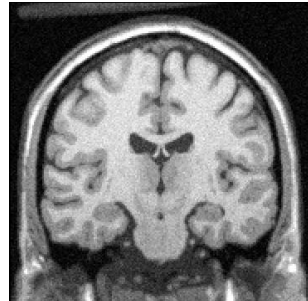
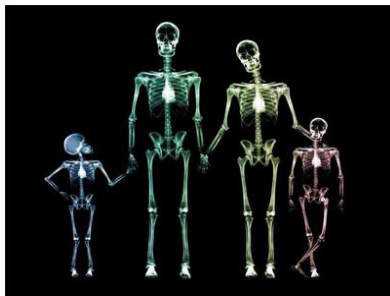
- O crescente avanço da tecnologia digital, associado ao desenvolvimento de novos algoritmos, tem permitido um número de aplicações cada vez maior.

Aplicações

- Exemplos de domínios de conhecimento que envolvem a utilização de técnicas de processamento de imagens para resolver problemas:
 - ▣ medicina
 - ▣ microscopia
 - ▣ biologia
 - ▣ automação industrial
 - ▣ sensoriamento remoto
 - ▣ astronomia
 - ▣ área militar
 - ▣ segurança e vigilância
 - ▣ computação forense
 - ▣ arqueologia
 - ▣ artes
 - ▣ recuperação de imagens por conteúdo

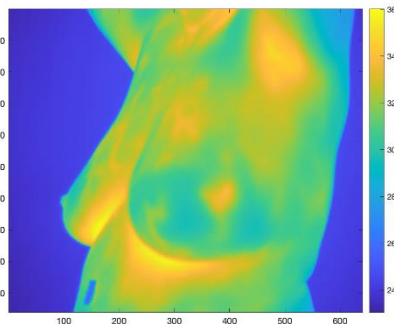
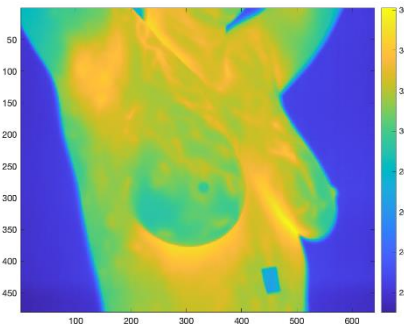
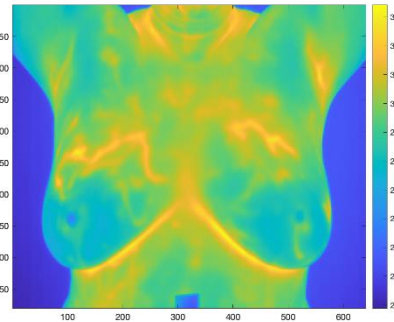
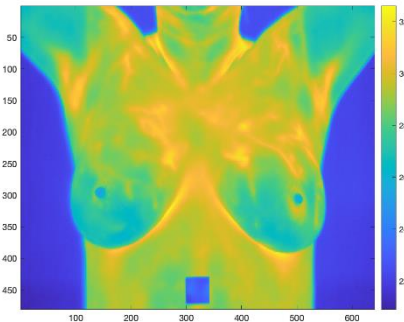
Medicina

- Diagnósticos médicos podem ser auxiliados com o uso de imagens capturadas por raios X, tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassonografia.
- Vários campos da medicina têm se beneficiado com o aprimoramento de diagnósticos por meio de imagens, em particular, a oncologia, a cardiologia e a ortopedia.
- A análise e a interpretação dessas imagens facilitam, por exemplo, a identificação de lesões ou regiões atingidas por câncer, permitindo aos médicos maior precisão e rapidez nos diagnósticos, bem como melhor planejamento dos tratamentos e das cirurgias.



Medicina

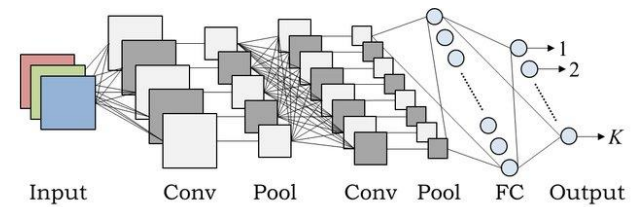
□ Detecção de câncer de mama



Health

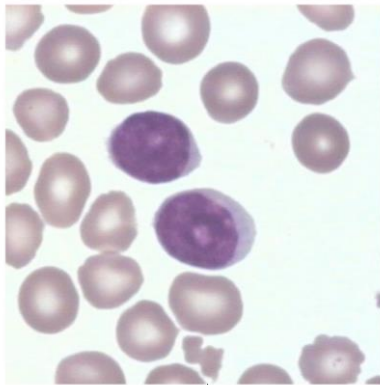
Sick

Classifier

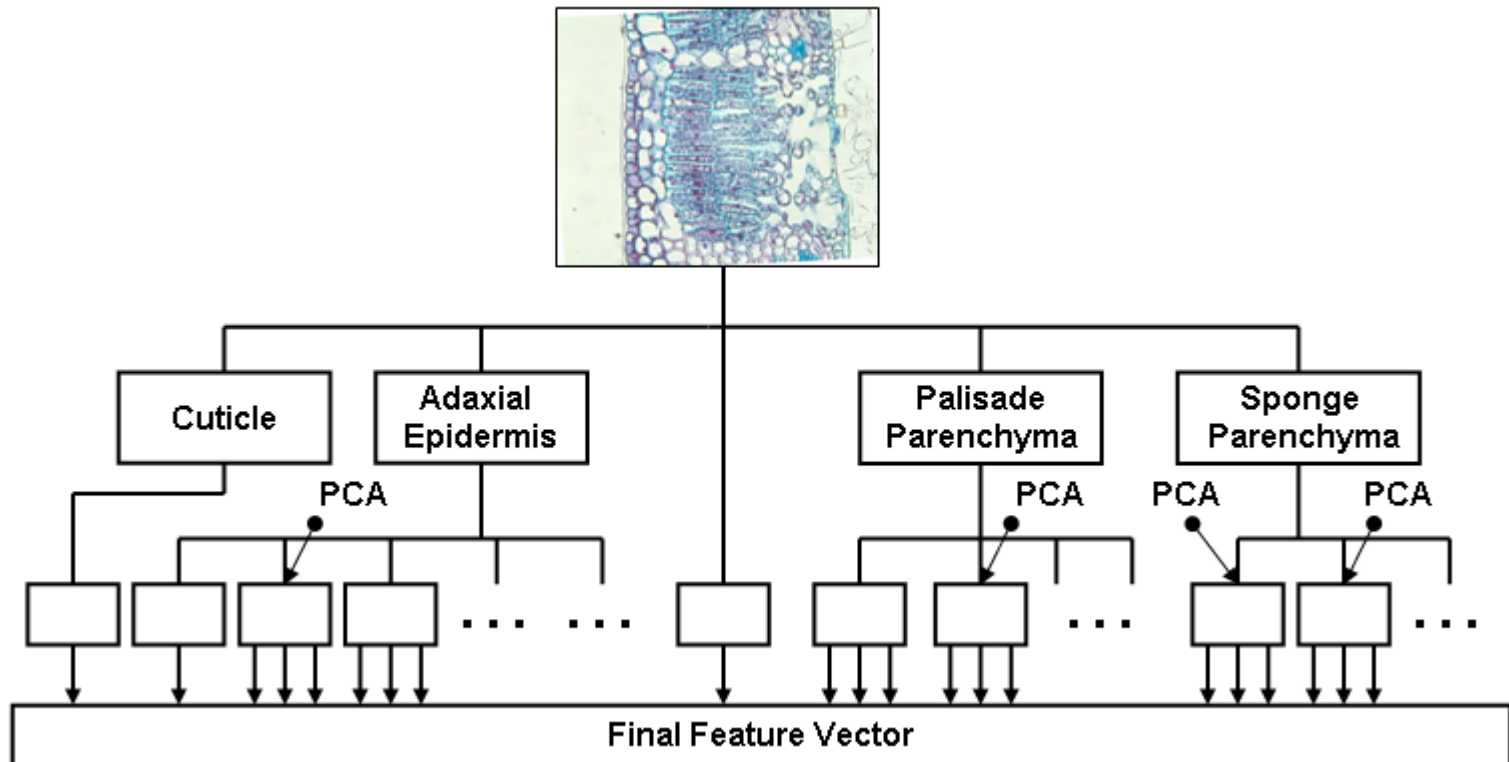


Microscopia

- A análise de imagens capturadas por meio de microscópios ópticos ou eletrônicos beneficia áreas que variam desde a biologia até a metalurgia.

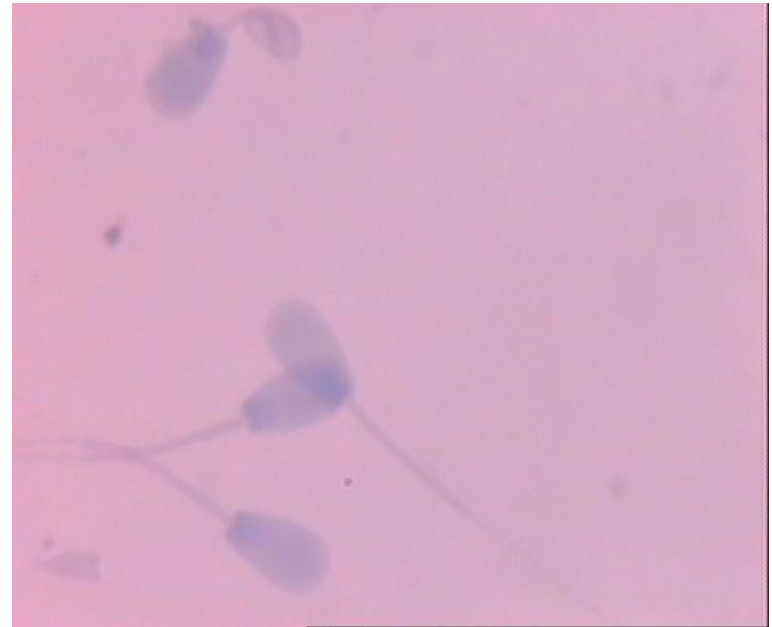


- Caracterização das estruturas internas de uma folha



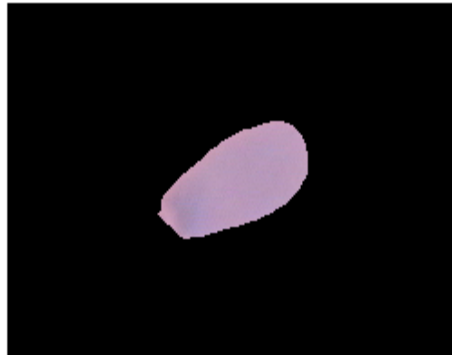
Microscopia

- Desenvolvimento de rotinas computacionais para caracterização morfológica de espermatozoides de touro

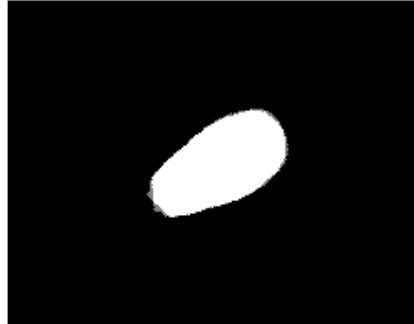


Microscopia

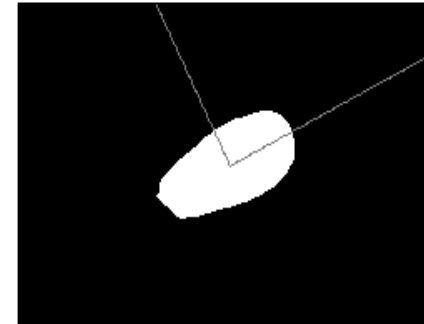
ID: 3.000000



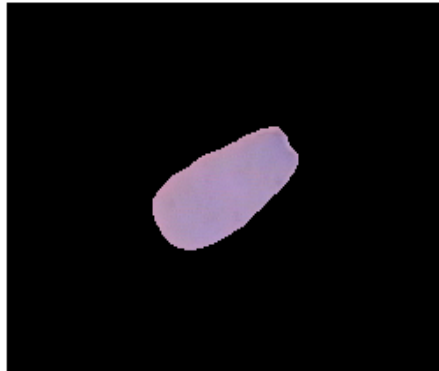
Area: 3068.000000
Perimeter: 226.693434
Elongation: 0.239683
Symmetry: 0.952653



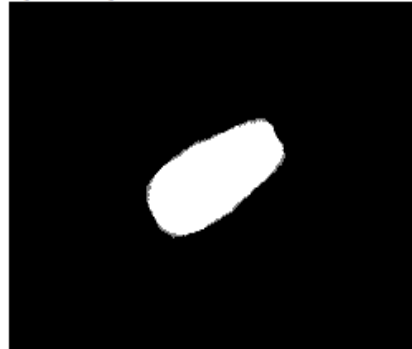
Texture: 2.405300
Entropy: 3.148661
PCA length: 88.000000
PCA width: 44.000000



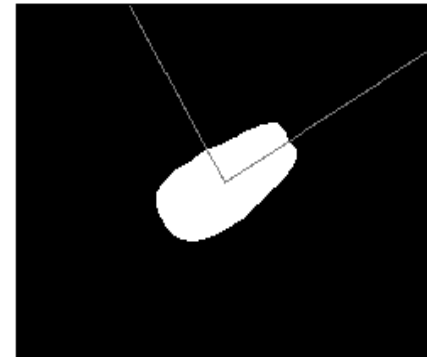
ID: 1.000000



Area: 3136.000000
Perimeter: 230.835570
Elongation: 0.223558
Symmetry: 0.938561

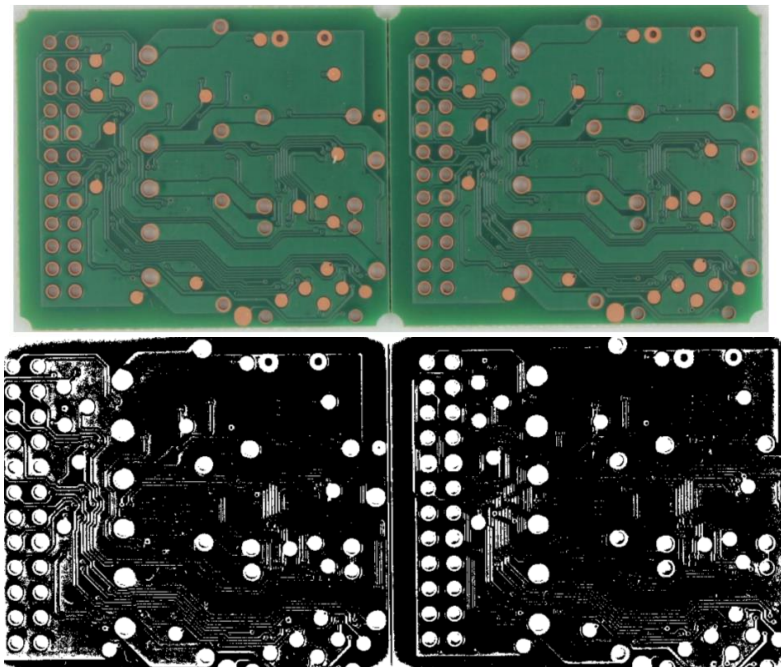


Texture: 2.606121
Entropy: 3.339279
PCA length: 43.500000
PCA width: 87.000000



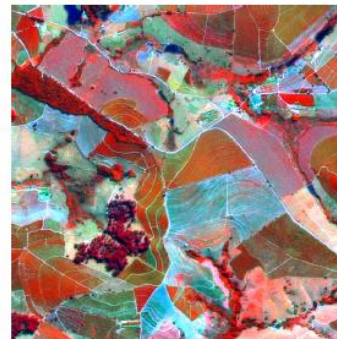
Automação industrial

- Na automação industrial, montagem e inspeção de produtos, visão robótica e controle de qualidade podem ser realizados a partir de técnicas de processamento e análise de imagens.



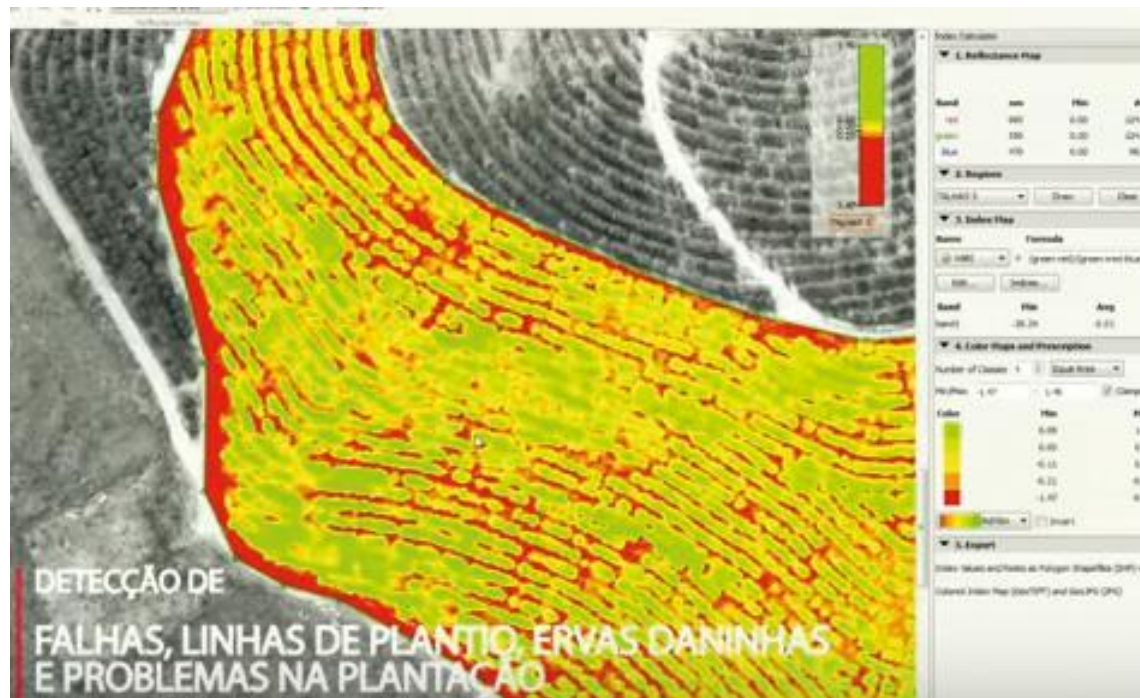
Sensoriamento remoto

- A análise de fotografia áreas ou imagens de satélite permite uma melhor compreensão da superfície terrestre, auxiliando tarefas como:
 - ▣ acompanhamento de áreas urbanas.
 - ▣ previsão de fenômenos como terremotos, erupção de vulcões, inundações e furacões.
 - ▣ Monitoramento de áreas atingidas por erosão.
 - ▣ determinação de áreas de desmatamento.
 - ▣ extração de feições cartográficas (por exemplo, estradas, rios, edificações, divisa de culturas).



Sensoriamento remoto

- Agricultura de precisão: detecção de falhas em linhas de plantio e ervas daninhas em plantações



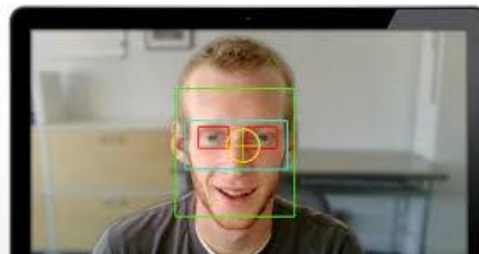
Área militar

- As técnicas de processamento e análise de imagens possuem inúmeras aplicações na área militar:
 - ▣ identificação de alvos em imagens de satélite.
 - ▣ rastreamento de alvos para lançamento de mísseis.
 - ▣ navegação de veículos autônomos.
 - ▣ detecção de obstáculos no trajeto de robôs.



Segurança e Vigilância

- A identificação de impressões digitais é uma atividade que possibilita a recuperação de uma impressão digital em um banco de imagens.
- A identificação de faces permite a distinção de indivíduos a partir de imagens ou sequências de vídeo.
- O reconhecimento de assinaturas possibilita a verificação da autenticidade de assinaturas em cheques e outros documentos.
- O reconhecimento automático de placas de veículo visa dotar uma máquina com a capacidade de localizar e interpretar o conteúdo da placa de um veículo



Segurança e Vigilância



Computação forense

- Métodos científicos para preservação, coleta, validação, identificação, análise, interpretação, documentação e apresentação de evidências derivadas de meios digitais com validade probatória em juízo para facilitar a reconstrução de eventos, normalmente de natureza criminal

Computação forense

- ❑ Análise de dados (documentos, imagens, vídeos):
 - ❑ atribuição de origem.
 - ❑ Verificação de autenticidade ou adulterações.
 - ❑ reconstrução de eventos de manipulação.



Arqueologia e arte

- Muitas atividades têm sido beneficiadas com o uso de técnicas de processamento e análise de imagens, por exemplo:
 - ▣ restauração de artefatos raros.
 - ▣ pinturas e documentos antigos.
 - ▣ criação de museus virtuais.



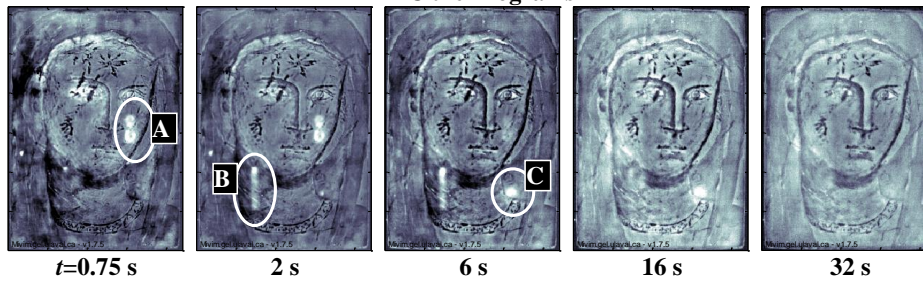
Arqueologia e arte



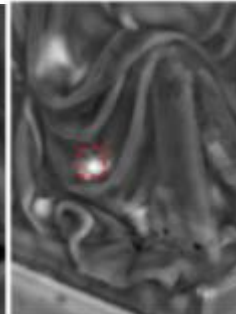
Raw thermograms



DAC thermograms



Arqueologia e arte



Arqueologia e arte

06/23/14

Sensors Unlimited 320M SWIR Camera reveals second painting by Picasso



Scientists and art experts have found a hidden painting beneath one of Pablo Picasso's first masterpieces, "The Blue Room," using advances in infrared imagery to reveal a bow-tied man with his face resting on his hand. Now the question that conservators at The Phillips Collection in Washington hope to answer is simply: Who is he?

It's a mystery that's fueling new research about the 1901 painting created early in Picasso's career while he was working in Paris at the start of his distinctive blue period of melancholy subjects.

Curators and conservators revealed their findings for the first time to The Associated Press last week. Over the past five years, experts from The Phillips Collection, National Gallery of Art, Cornell University and Delaware's Winterthur Museum have developed a clearer image of the mystery picture under the surface. It's a portrait of an unknown man painted in a vertical composition by one of the 20th century's great artists.



"It's really one of those moments that really makes what you do special," said Patricia Favre, the



Recuperação de Imagens por Conteúdo

- A recuperação de imagens por conteúdo também tem grande utilidade na identificação e na seleção de dados em bases gráficas e de vídeos, eliminando determinadas restrições encontradas em sistemas de busca em bases textuais.

Recuperação de Imagens por Conteúdo

- Consulta:

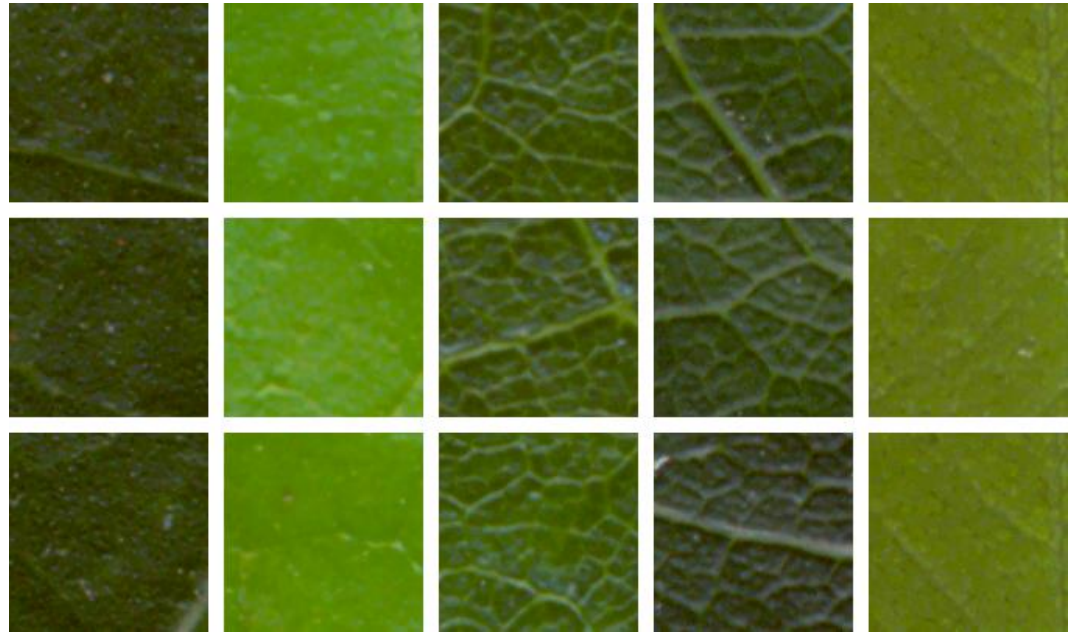


- Resultados:



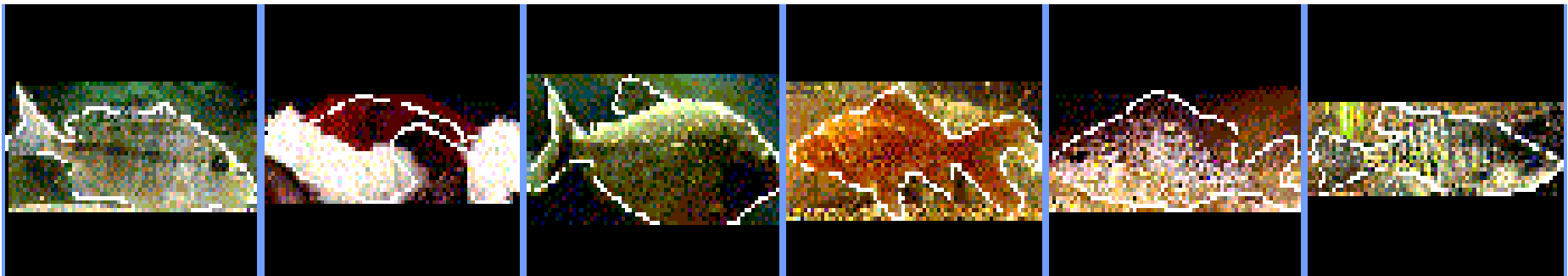
Outras aplicações

- Reconhecimento e análise de plantas for meio da forma e textura



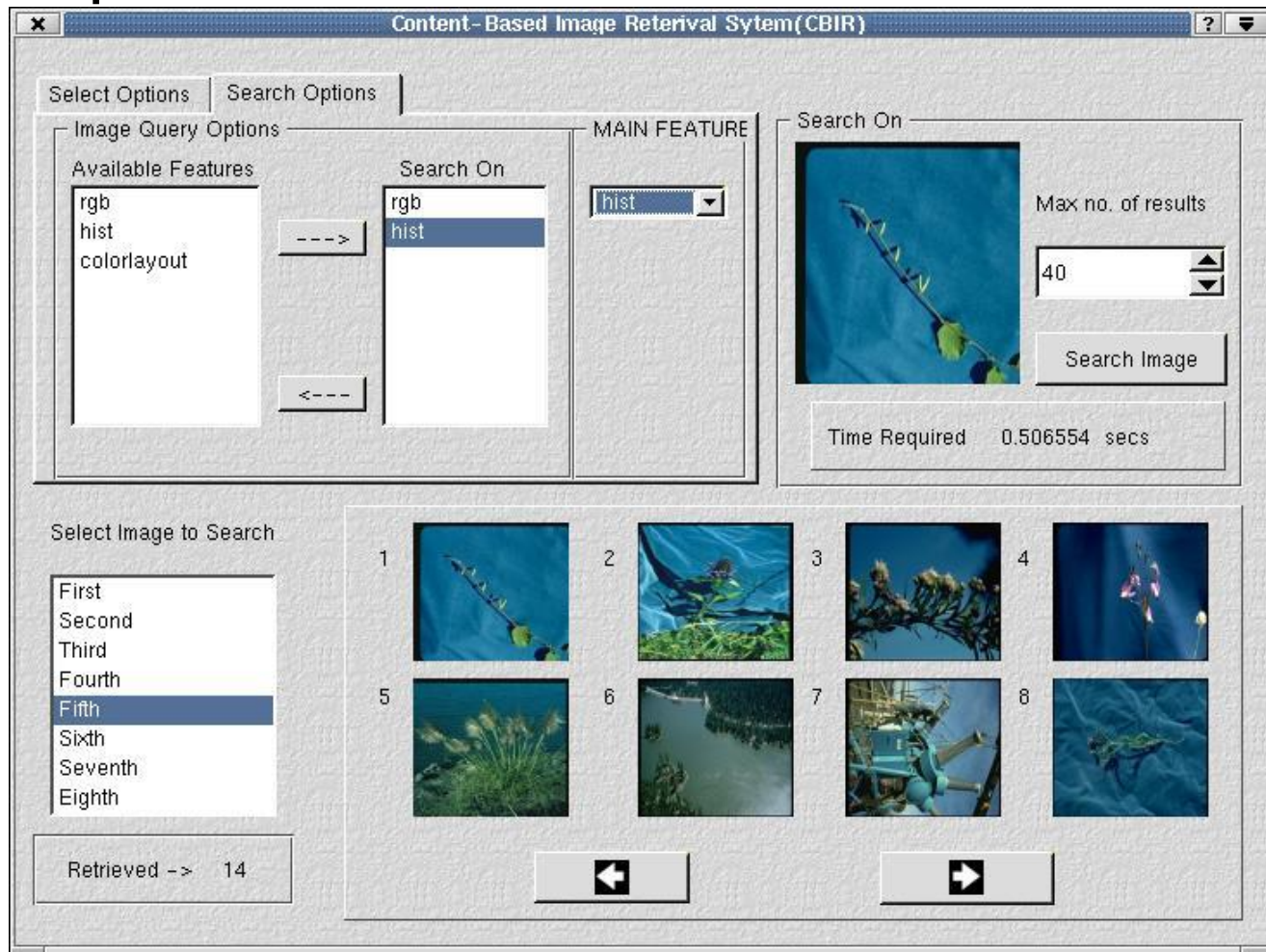
Aplicações

- Busca por objetos que possuem formato semelhante



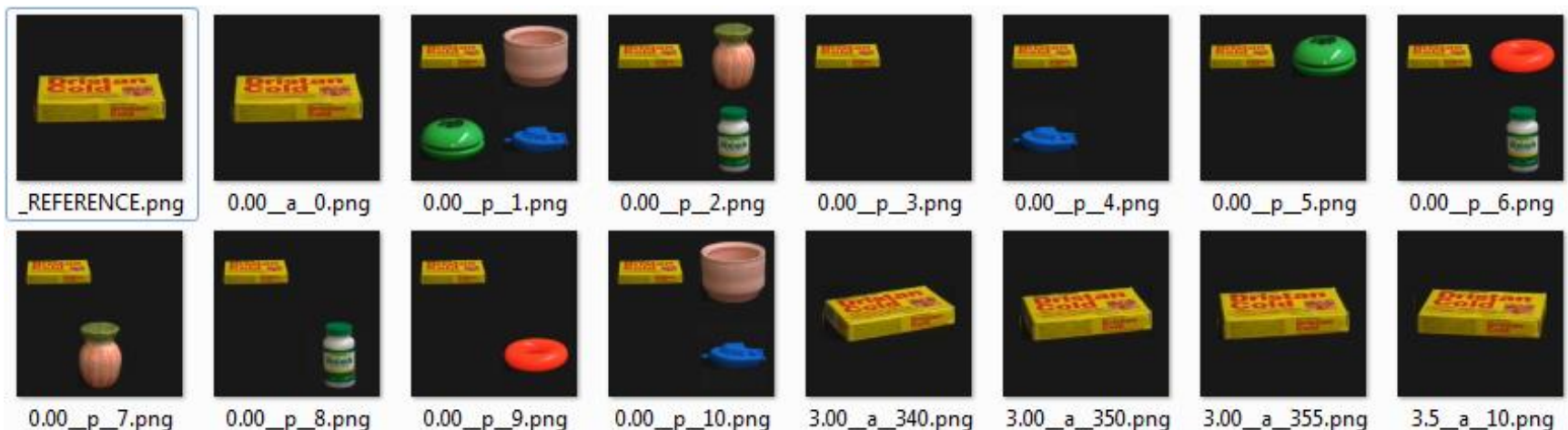
Aplicações

□ Busca por cor semelhante



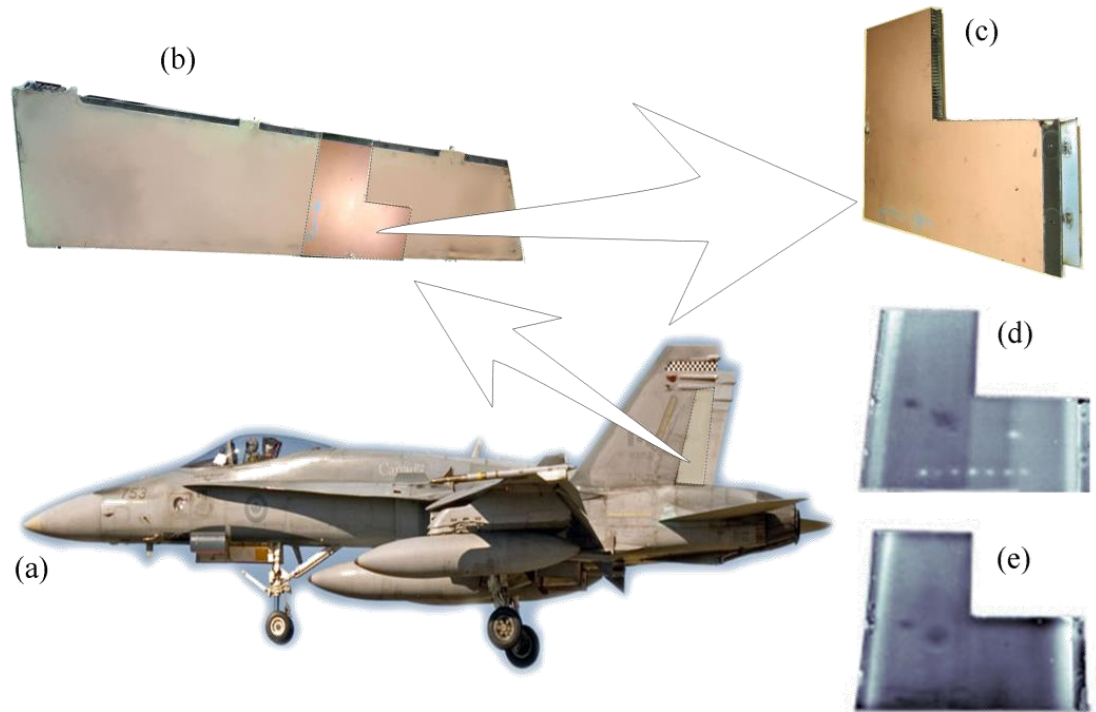
Aplicações

- Busca parcial de imagens
 - ▣ Neste projeto exploramos o uso de grafos para buscar imagens que contenham uma imagem dada como referência



Aplicações

□ Termografia infravermelha



Processamento Digital de Imagens

- Compressão de imagens
 - ▣ Imagens normalmente contêm redundâncias que podem ser exploradas para obter a compressão de imagens



Processamento Digital de Imagens

□ Compressão de imagens



Imagem original -
257 KB



Compressão mínima
(jpeg) – 105 KB



Compressão máxima
(jpeg) – 16 KB

Processamento Digital de Imagens

- Compressão de imagens



Um pouco de história

- Uma das primeiras aplicações de técnicas de PDI para interpretação humana: imagens digitalizada para jornal transmitidas por cabos submarinos entre Londres e Nova York usando *Bartlane cable picture transmission*.
- Desenvolvida no início do século 20, esta tecnologia de transmissão reduziu o tempo de transporte de uma semana para menos de 3hs.
- Problemas iniciais quanto a qualidade das imagens estava relacionadas com a seleção dos procedimentos de impressão e distribuição dos níveis de cinza (a reprodução das imagens era feita em uma impressora de telégrafo simulando *halftone*)

Um pouco de história



FIGURE 1.1 A digital picture produced in 1921 from a coded tape by a telegraph printer with special type faces. (McFarlane.[†])

Um pouco de história

- O método de impressão usando impressoras de telégrafo foi abandonado em 1921, tendo sido substituído por reprodução fotográfica das fitas perfuradas do terminal de telégrafo. Houve uma melhora evidente quanto à resolução e distribuição dos níveis de cinza (5 níveis de cinza).



FIGURE 1.2 A digital picture made in 1922 from a tape punched after the signals had crossed the Atlantic twice. (McFarlane.)

Um pouco de história

- A capacidade do *Batlane system* foi aumentada para 15 níveis de brilho em 1929.
- ▣ Imagens passaram a ser obtidas por um sistema de revelação de filme via feixes de luz que eram modulados pela fita (tape) da imagem codificada.
- ▣ Novos métodos de processamento para melhorar imagens digitais (transmitidas) continuaram até a década de 60.



FIGURE 1.3
Unretouched
cable picture of
Generals Pershing
and Foch,
transmitted in
1929 from
London to New
York by 15-tone
equipment.
(McFarlane.)

Um pouco de história

- A ida ao homem a lua e computadores com capacidades cada vez maiores revelaram o potencial do conceito de processamento de imagens.
- ▣ Trabalhos usando técnicas computacionais para melhorar imagens obtidas por sondas espaciais começaram no *Jet Propulsion Lab.* (Pasadena, CA) em 1964 quando imagens da lua foram transmitidas pela Ranger7. (correções das distorções da imagem devido a câmara de TV a bordo)

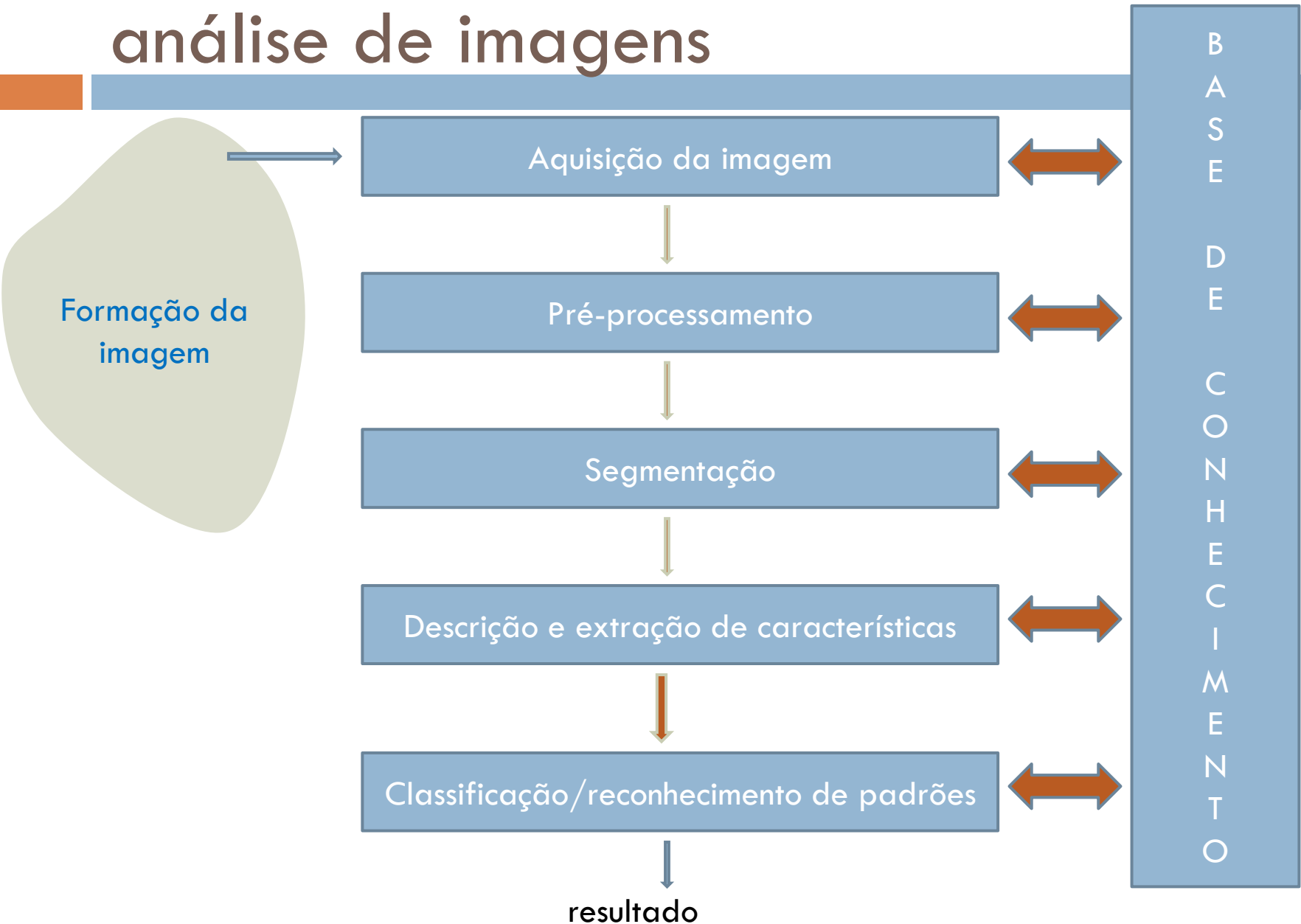


FIGURE 1.4 The first picture of the moon by a U.S. spacecraft. *Ranger 7* took this image on July 31, 1964 at 9 : 09 A.M. EDT, about 17 minutes before impacting the lunar surface. (Courtesy of NASA.)

Um pouco de história

- De 1964 até hoje, a área de processamento digital de imagens tem crescido muito.
- Além das aplicações no programa espacial, técnicas de processamento digital de imagens têm sido usadas para uma grande variedade de aplicações
 - ▣ medicina, biologia, sensoriamento remoto, astronomia, geologia, aplicações militares, aplicações industriais entre outras

Passos para o processamento e análise de imagens



Domínio do Problema e Base de Conhecimento

- Um sistema de processamento digital de imagens é constituído por um conjunto de etapas capazes de produzir um resultado a partir do *domínio do problema*.
- O conhecimento sobre o domínio do problema está codificado em um sistema de processamento de imagens na forma de uma *base de conhecimento*. A base de conhecimento é dependente da aplicação, cujo tamanho e complexidade podem variar significativamente. A base de conhecimento pode ser utilizada para guiar a comunicação entre os módulos de processamento a fim de executar uma determinada tarefa.

Aquisição

- A etapa de *aquisição* é responsável pela **captura** da imagem por meio de um **dispositivo** ou **sensor** e pela sua conversão em uma representação adequada para o processamento digital subsequente.
- Os principais dispositivos para aquisição de imagens são **câmeras de vídeo, tomógrafos médicos, satélites** e **scanners**.
- Dentre os aspectos envolvidos nesta etapa estão a **escolha do tipo de sensor**, as **condições de iluminação da cena**, a **resolução** e o número de **níveis de cinza** ou **cores da imagem** digitalizada.

Pré-Processamento

- A imagem digital resultante do processo de aquisição pode **apresentar imperfeições ou degradações** decorrentes, por exemplo, das condições de iluminação ou características dos dispositivos.
- A etapa de *pré-processamento* **visa melhorar a qualidade da imagem** por meio da aplicação de técnicas para **atenuação de ruído, correção de contraste ou brilho** e **suavização** de determinadas propriedades da imagem.

Segmentação

- A etapa de *segmentação* realiza a **extração e identificação de áreas de interesse** contidas na imagem.
- Esta etapa é geralmente baseada na **detecção de descontinuidades** (bordas) ou de **similaridades** (regiões) na imagem.

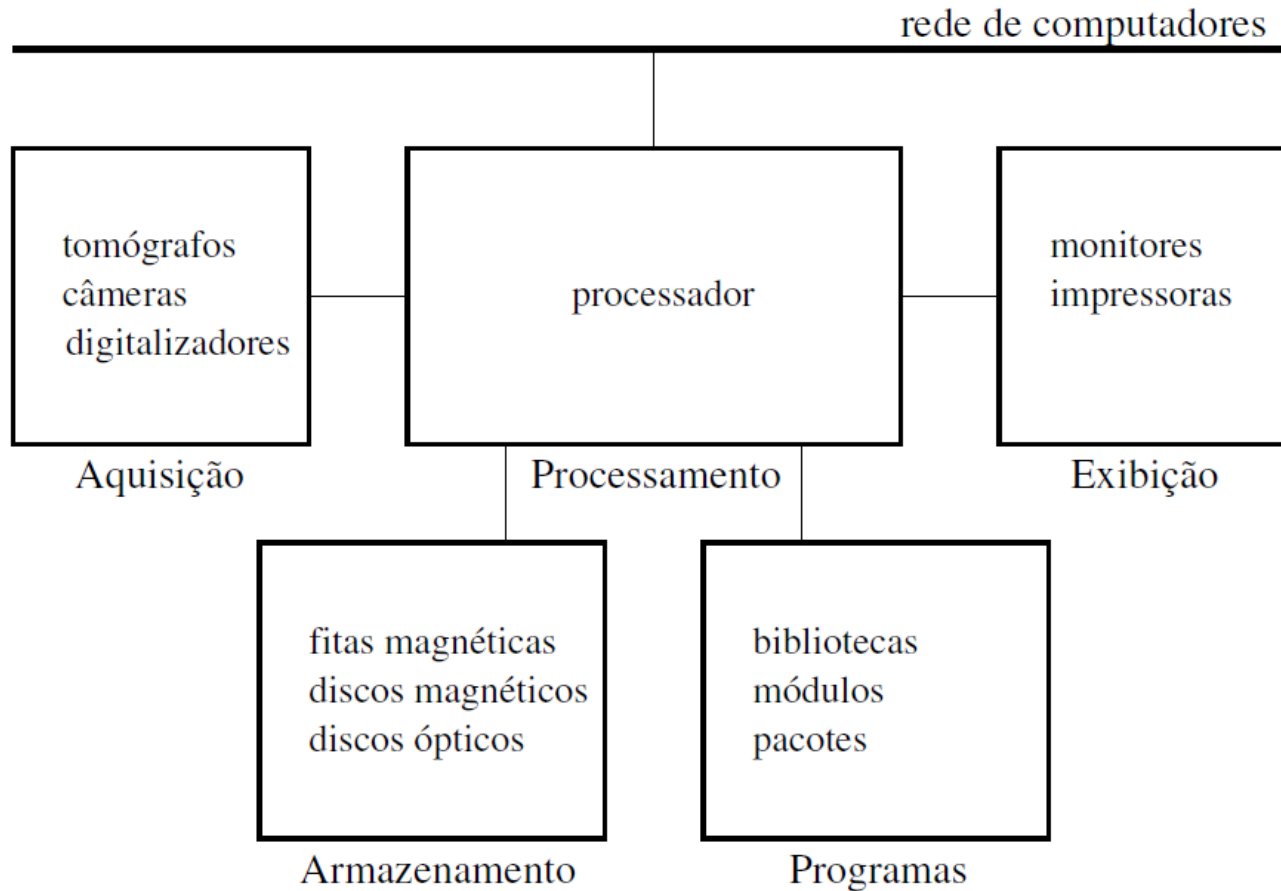
Representação e Descrição

- Estruturas adequadas de *representação* devem ser utilizadas para **armazenar** e **manipular** os objetos de interesse extraídos da imagem.
- O processo de *descrição* **visa à extração de características ou propriedades** que possam ser utilizadas na discriminação entre classes de objetos. Essas características são, em geral, descritas por **atributos numéricos** que formam um **vetor de características**.

Reconhecimento ou Classificação

- *Reconhecimento* ou *classificação* é o processo que atribui um **identificador** ou **rótulo** aos objetos da imagem, baseado nas características providas pelos seus **descritores**.
- O processo de *interpretação* consiste em **atribuir um significado** ao conjunto de **objetos** reconhecidos.
- A forma dos contornos de células sanguíneas, por exemplo, pode auxiliar o diagnóstico de anemias por meio da contagem automática das células em uma amostra de sangue.

Componentes de um Sistema de Processamento de Imagens



Dispositivos de Entrada e Saída

- Esses dispositivos podem ser utilizados para **aquisição, armazenamento, processamento, transmissão e exibição de imagens**.
- Os parâmetros de funcionalidade e desempenho dos dispositivos são dependentes, em grande parte, das áreas que os utilizam.

Dispositivos para aquisição

- Na etapa de aquisição, **dispositivos sensíveis** a uma certa banda do espectro eletromagnético, tais como raios X ou raios infravermelhos, **produzem** um sinal elétrico de saída proporcional ao nível de energia detectado.
- Esse **sinal elétrico é convertido** em informação digital, tornando possível **sua interpretação por meio de computadores**.
- Dentre os diversos tipos de dispositivos existentes, os mais comuns são câmeras de vídeo, tomógrafos médicos, digitalizadores (*scanners*) e satélites.
- Os dispositivos de aquisição podem apresentar características bem diferentes em termos de resolução espacial, velocidade de operação, precisão e custo.

Dispositivos para armazenamento

- Imagens e vídeos requerem alta capacidade de armazenamento.

Exemplos:

- a) Uma imagem colorida de 1024×1024 pixels, cada pixel representado por 24 bits, requer para seu armazenamento sem compressão.
- b) Um vídeo com duração de 1 minuto, formado por imagens de 512×512 pixels, exibidas a uma taxa de 30 imagens por segundo (fps), cada pixel representado por 24 bits, requer aproximadamente para seu armazenamento.

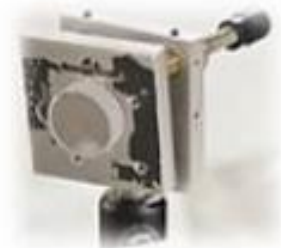
Dispositivos para armazenamento

- Imagens e vídeos requerem alta capacidade de armazenamento.

Exemplos:

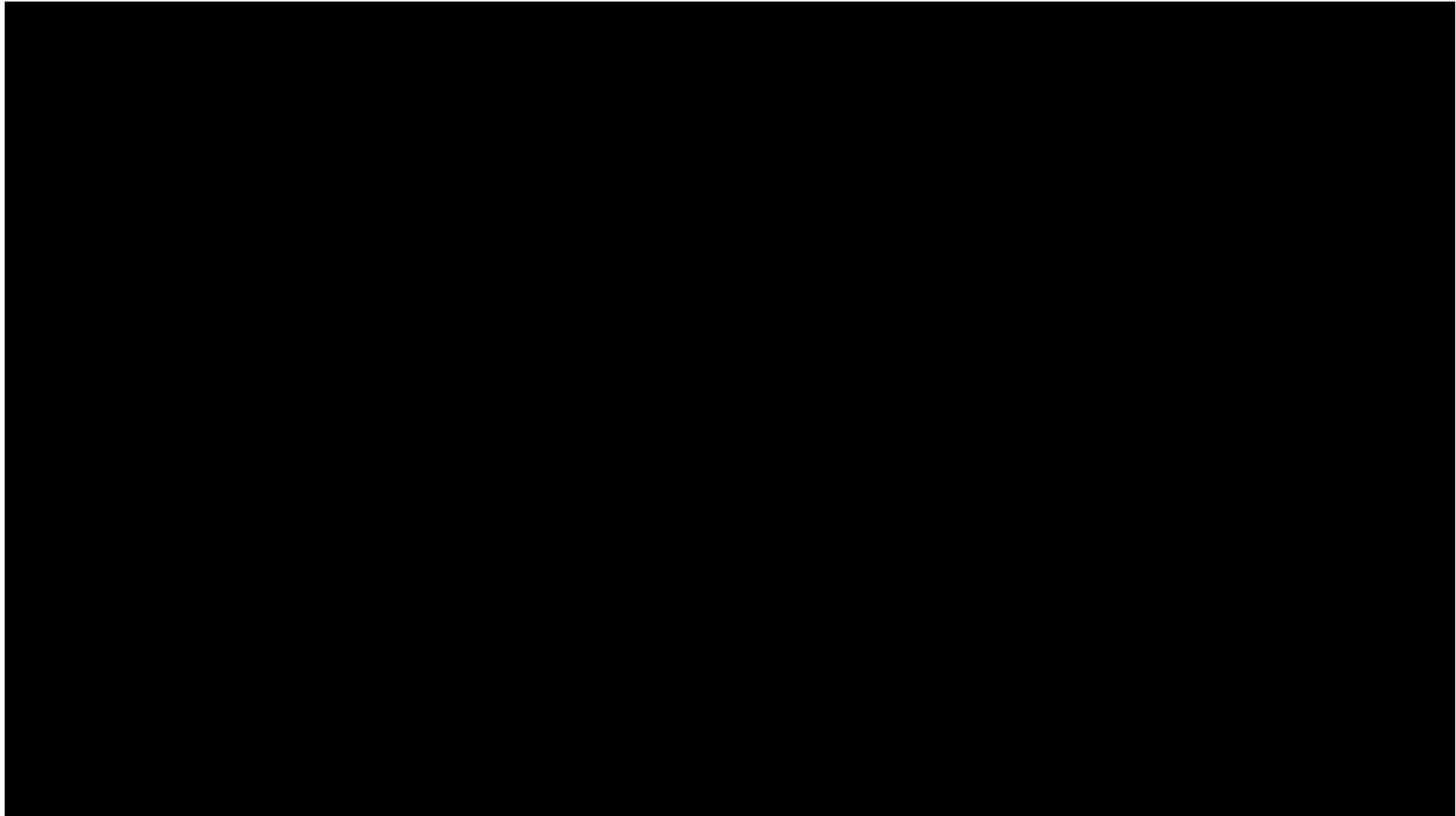
- a) Uma imagem colorida de 1024×1024 pixels, cada pixel representado por 24 bits, requer 3 Mbytes para seu armazenamento sem compressão.
- b) Um vídeo com duração de 1 minuto, formado por imagens de 512×512 pixels, exibidas a uma taxa de 30 imagens por segundo (fps), cada pixel representado por 24 bits, requer aproximadamente 1.4 Gbytes para seu armazenamento.

Vídeo na Velocidade da Luz: Um Trilhão de Quadros por Segundo



O vídeo mostra um aparato desenvolvido para capturar 1 trilhão de quadros por segundo, permitindo desenvolvimento de filmagens em câmera lenta de eventos ocorrendo até na velocidade da luz. Numa aplicação industrial, o aparato pode ser utilizado para detectar defeitos em materiais, utilizando o sistema da mesma forma que um ultrassom, mas utilizando luz como base, analisando a forma como ela se espalha através do material ou da estrutura.

Vídeo na Velocidade da Luz: Um Trilhão de Quadros por Segundo



Dispositivos para armazenamento

- Um modo de prover o armazenamento temporário é por meio da **memória principal** do computador.
- Outra opção é o uso de **placas gráficas** especializadas (*frame buffers*) que armazenam uma ou mais imagens, permitindo alta velocidade de acesso (por exemplo, 30 imagens/segundo).
- **Discos magnéticos** são outra forma de armazenamento, podendo atingir dezenas de Gbytes de armazenamento.



Dispositivos para armazenamento

- O armazenamento de imagens também pode ser caracterizado por **grandes volumes de informações**, entretanto, **sem** a necessidade de **acesso frequente**.
- **Fitas magnéticas** de alta densidade e **discos ópticos** são meios comuns de armazenamento nessas situações. **IBM+Fujifilm lançam fita magnética de 220TB (April/2015).**
- **Técnicas de compressão** de imagens podem reduzir significativamente a quantidade de informações a ser armazenada.



Dispositivos para Transmissão

- A transmissão de imagens digitais entre sistemas de computadores locais ou remotos pode ser realizada por meio de protocolos de comunicação existentes nas redes de computadores disponíveis.
- A transmissão de imagens a **longas distâncias** ainda é **um desafio** em virtude da grande quantidade de dados contidos em uma imagem, especialmente quando os canais de comunicação possuem **baixa velocidade e banda passante estreita**.

Exemplo:

Suponha uma linha telefônica com taxa de transmissão igual a 9600 bits/segundo. Aproximadamente seriam necessários para a transmissão de uma imagem com dimensões 1024×1024 pixels, 8 bits para cada pixel.

Dispositivos para Transmissão

- A transmissão de imagens digitais entre sistemas de computadores locais ou remotos pode ser realizada por meio de protocolos de comunicação existentes nas redes de computadores disponíveis.
- A transmissão de imagens a **longas distâncias** ainda é **um desafio** em virtude da grande quantidade de dados contidos em uma imagem, especialmente quando os canais de comunicação possuem **baixa velocidade e banda passante estreita**.

Exemplo:

Suponha uma linha telefônica com taxa de transmissão igual a 9600 bits/segundo. Aproximadamente 15 minutos seriam necessários para a transmissão de uma imagem com dimensões 1024×1024 pixels, 8 bits para cada pixel.

Dispositivos para Transmissão

- Ligações sem fio utilizando estações intermediárias, tais como **satélites**, são mais rápidas, porém, consideravelmente **mais caras**.
- **Técnicas de compressão** de imagens podem ser utilizadas para reduzir a quantidade de informações a ser transmitida de um ponto a outro.

Dispositivos para Exibição

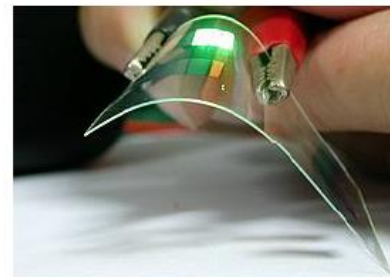
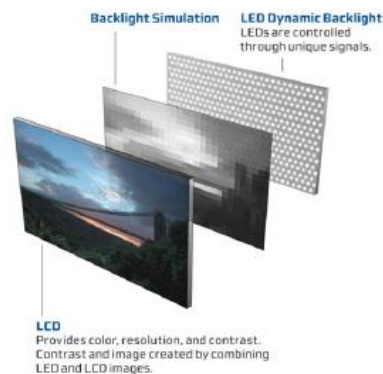
- O **monitor de vídeo** é o principal dispositivo de saída utilizado em sistemas de processamento de imagens.
- Nos monitores de tubos de raios catódicos (CRT), a tela do monitor, composta por camadas de fósforo, é atingida por feixes de elétrons controlados por um sistema que percorre toda a extensão da tela, tanto no sentido horizontal quanto vertical. Um ponto de luz é gerado quando o elétron atinge o fósforo. Esse processo de geração da imagem ponto a ponto é conhecido como varredura.

Dispositivos para Exibição

- Outras tecnologias têm sido desenvolvidas para melhorar a qualidade das imagens exibidas pelos dispositivos de vídeo, dentre elas estão os monitores de **crystal líquido** (LCD) e de **plasma**.
- Nos **monitores de crystal líquido**, a imagem é formada pela polarização de pequenas células de crystal líquido colocadas entre duas camadas de vidro. As principais vantagens desses monitores em relação ao monitores de tubos são o baixo consumo de energia, menor volume ocupado e baixa ou nenhuma emissão de radiação nociva.
- Nos **monitores de plasma**, a imagem é gerada por meio de eletrodos carregados entre painéis de crystal, que originam pequenas explosões de gás xenônio que, por sua vez, interagem com luz ultravioleta para excitar uma fina camada de fósforo. A imagem da tela de plasma apresenta alta nitidez e não possui problemas de distorção nas extremidades da tela.

Dispositivos para Exibição

- Nos monitores de LED (*light-emitting diode*), a imagem é gerada por um LCD convencional "iluminada por trás" por LEDs (diodos de emissão de luz). Mais nitidez e menos energia que LCD tradicional.
- As OLED (*organic light-emitting diode*) é um painel flexível feito de materiais orgânicos que, quando estimulados por corrente elétrica, pode exibir quaisquer cores primária. Mais *flat* e economia de energia que LED.



Dispositivos para Exibição

- Além dos monitores de vídeo, há diversas formas de exibição de imagens em papel.
- A reprodução fotográfica possui alta qualidade.
- Outra possibilidade é o uso de papel **sensível à temperatura**, muito difundido em equipamentos de fax.
- A utilização de **impressoras térmicas** coloridas tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. Essas impressoras baseiam-se na deposição de cera colorida sobre um papel especial para produzir a impressão.
- Outros tipos incluem as **impressoras laser** e de **jato de tinta** para exibir as imagens em papel.

Unidade de processamento

- A unidade de processamento pode variar conforme o nível de desempenho requerido pela aplicação.
- Determinadas tarefas podem demandar alto poder de processamento, por exemplo, o reconhecimento de objetos em tempo real. Entretanto, muitos sistemas de processamento de imagens podem ser atualmente executados em microcomputadores convencionais.
- Os programas para processamento de imagens consistem em rotinas ou módulos específicos para realizar uma determinada tarefa.
- Bibliotecas podem ser integradas em códigos desenvolvidos por usuários ou em pacotes sofisticados de processamento de imagens.

Algumas Ferramentas / Bibliotecas

- Photoshop / Gimp
- Matlab / Scilab / Octave
- ImageJ
- OpenCV
- Imagemagick
- Python / Tensorflow / Pytorch

Livro Texto

- R.G. GONZALEZ, R.E. WOODS. Digital Image Processing Prentice-Hall, 2007.
- E sua tradução: Processamento Digital de Imagens, 3ª edição, Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods

