

# EVOLUÇÃO DA FAMÍLIA DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE IMAGENS DO INPE

Ricardo Cartaxo Modesto de Souza  
Celso Luiz Mendes  
Juan Carlos Pinto de Garrido  
Gilberto Câmara Neto

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201, São José dos Campos, SP, Brasil

## RESUMO

O trabalho descreve a evolução prevista, nos próximos anos, para a família de sistemas de tratamento de imagens desenvolvidos no MCT/INPE. Esta família abrange um conjunto de configurações com diferentes relações de custo/desempenho. São apresentadas as características básicas de alguns membros da família, tanto dos sistemas já desenvolvidos (SITIM-110, SITIM-150) como dos que ainda estão em fase de projeto (SITIM-200). São comentados alguns aspectos que irão influenciar os futuros membros da família, tais como arquitetura de microcomputadores, técnicas gráficas, processamento paralelo e implementação de arquiteturas especiais em VLSI. Procura-se com este desenvolvimento acompanhar o estado da arte em termos de evolução tecnológica na área de processamento digital de imagens, visando tornar tais sistemas disponíveis à comunidade nacional, principalmente aos usuários de imagens obtidas por satélites.

## ABSTRACT

This paper describes the proposed evolution, in the next few years, for the family of image processing system under development at MCT/INPE. The family comprises several configurations with various price/performance relations. The basic characteristics of the members of the family are presented; technological trends which will influence future members of the family are discussed, such as VLSI architecture, graphical techniques and parallel processing.

## 1. INTRODUÇÃO

O INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) vem, desde 1975, desenvolvendo esforços na área de Processamento Digital de Imagens. Estes esforços incluem a pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos e algoritmos; entre seus resultados está o lançamento, em 1985, do primeiro sistema brasileiro de processamento de imagens, o SITIM-110. Como continuação dos trabalhos na área, a equipe do INPE pretende desenvolver toda uma família de sistemas, em várias configurações e diferentes relações preço/desempenho.

Os diferentes sistemas e configurações - descritos neste trabalho - visam tornar acessível a uma variada gama de usuários e entidades a tecnologia de processamento digital de imagens.

Como filosofia básica de trabalho, adotou-se o conceito de *família por compatibilidade*: os diferentes membros devem ser capazes de executar as mesmas funções de software, com um mínimo possível de adaptações por parte da equipe envolvida. Todos os sistemas deverão utilizar o mesmo sistema operacional do tipo Unix e a linguagem de programação "C".

Algumas premissas básicas do projeto são:

a) a utilização - ao máximo - de computadores produzidos pela indústria brasileira, no intuito de contribuir para o desenvolvimento da tecnologia nacional na área;

- b) A flexibilidade de configuração, podendo os sistemas operar tanto isolados (*stand-alone*) quanto conectados a outros computadores;
- c) a *facilidade de interação*, pois todo o software é construído de forma a tornar muito fácil sua utilização. Para tal fim, os aplicativos têm ferramentas que auxiliam o usuário, fornecendo, a cada passo, as respostas às perguntas feitas pelo sistema;
- d) a *modularidade* no projeto de software, que permite a programação de novos aplicativos pelo usuário; isto é possível dada a existência de um conjunto básico de rotinas de suporte (*gerente*);
- e) o *aperfeiçoamento tecnológico*, quando as novas versões procuram acompanhar a evolução da área, de forma a garantir a contínua evolução da família SITIM.

## 2. CARACTERÍSTICAS DOS MEMBROS DA FAMÍLIA

### 2.1 - SITIM-110

É o sistema que deu origem a todo o desenvolvimento da família SITIM. Constitui-se de um microcomputador nacional de 16 bits compatível com o IBM-PC/XT e uma unidade de armazenamento e visualização de imagens, desenvolvida originalmente para receber imagens de satélites meteorológicos. A partir de uma modificação feita nesta unidade de imagens, é possível acoplá-la ao

microcomputador e a uma unidade de fita magnética, formando-se então um sistema completo e autônomo para tratamento de imagens.

A unidade de imagens é composta por quatro planos, sendo cada um deles de 512 linhas x 512 pixels, com 8 bits/pixel. Os três primeiros canais são normalmente associados às cores vermelho, verde e azul, respectivamente, no monitor de imagens, sendo o quarto canal reservado para informações gráficas (temas).

Outro componente do sistema é o conjunto de programas disponíveis, o qual pode ser dividido em dois grandes grupos, que são descritos a seguir.

No primeiro grupo estão o sistema operacional do microcomputador e todos os seus utilitários, ou seja, todos os programas que irão permitir a operação do equipamento. Este grupo é fornecido pelo próprio fabricante do microcomputador. Como característica principal, vale ser dito que o sistema operacional em questão é do "Unix", o qual vem tendendo a tornar-se um padrão internacional para máquinas de médio porte.

No segundo grande grupo de programas estão incluídas as funções aplicativos; existe um pacote básico voltado para a área de sensoriamento remoto, com funções de realce, classificação, rotação espectral, registro, etc. O pacote contém inclusive o conjunto de rotinas básicas já desenvolvidas, as quais podem ser usadas para se criar novas funções em outras áreas de aplicação. Este grupo de funções foi desenvolvido no INPE, utilizando-se linguagem de programação de alto nível (Linguagem "C").

O INPE dispõe atualmente de quatro sistemas SITIM-110 já instalados, sendo três deles em São José dos Campos (Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais, Departamento de Meteorologia e Laboratório de Sensores) e um quarto em Campina Grande (Laboratório Regional de Sensoriamento Remoto). Estão previstas para julho/86 as instalações de sistemas deste tipo na FUNCEME (Fortaleza-CE) e na SUDAM (Belém-PA).

## 2.2 - SITIM-150

Este sistema representa a primeira evolução da família: utiliza o mesmo tipo de microcomputador, porém com uma nova unidade de armazenamento e visualização de imagens, composta de até quatro planos de 1024 linhas x 1024 colunas, com opção de 4 ou 8 bits/pixel; desta área da memória de imagens, apresenta-se no monitor uma região correspondente a 512 linhas x 512 pixels.

Graças às inovações tecnológicas em termos de componentes eletrônicos, foi possível acrescentar a esta unidade de visualização uma série de recursos não existentes no modelo anterior, tais como: capacidade de zoom por hardware da imagem apresentada em fatores de 1 a 16, capacidade de vóo, tabelas de cores para transformação das imagens mostradas na tela e capacidade de adquirir em tempo real imagens geradas por uma câmera de TV.

Uma característica importante é a modularidade do sistema, já que ele pode ser utilizado em várias configurações, desde um mínimo de um

canal de 1024 x 1024 x 4 bits (uma única placa de circuito impresso incorporada ao microcomputador) até um máximo de quatro canais de 1024 x 1024 x 8 bits (módulo externo, com fonte de alimentação própria). Desta forma, espera-se atender a uma ampla variedade de aplicações, tanto na área de sensoriamento remoto e meteorologia como no tratamento de imagens médicas (ultra-som, raios-x), análise de imagens microscópicas (citologia, petrografia), etc.

Opcionalmente, pode ser incorporado ao sistema um módulo de processamento rápido, destinado a acelerar as tarefas que envolvam grande quantidade de cálculos. Este módulo tem como núcleo um processador digital de sinais capaz de realizar operações de multiplicação de números inteiros em 200ns, além de possuir todas as flexibilidades de um microcomputador convencional em termos de programação.

O pacote de funções aplicativos disponíveis é basicamente o mesmo do primeiro modelo, adaptado para a nova unidade de visualização, podendo-se acrescentar um sistema geográfico de informações (Erthal, 1984), que está em fase final de desenvolvimento.

O sistema SITIM-150 encontra-se atualmente em fim de integração, devendo num curto prazo ser repassado para industrialização. Pode-se prever que ele terá uma faixa de preços variável, em função da configuração, mas de tal modo que com quatro canais de imagem o preço final seja da mesma ordem que o SITIM-110, tendo um desempenho superior, como será mostrado adiante.

## 2.3 - SITIM-200

O sistema SITIM-200 deve marcar uma nova geração dentro da família SITIM, estando atualmente em fase de projeto. Será utilizado um microcomputador de 16 bits avançado, com maior velocidade e maior poder computacional. Também será utilizada uma nova unidade de armazenamento e visualização de imagens, baseada num controlador gráfico de última geração, capaz de realizar inclusive traçados automáticos de figuras na tela, preenchimento de áreas, etc.

Devido à utilização de um microcomputador mais poderoso, deverá ser possível a utilização de discos de maior capacidade, podendo-se então armazenar áreas de imagem maiores que nos modelos anteriores. Também será possível utilizar o módulo de processamento rápido.

Este novo microcomputador também terá um sistema operacional do tipo Unix, o que possibilitará o aproveitamento de todo o software desenvolvido até aqui, fazendo também com que haja um impacto mínimo na operação do equipamento para usuários já treinados nos sistemas 110 e 150.

A previsão de funcionamento do primeiro protótipo é para maio/1987, devendo já estar repassado para industrialização até o fim de 1987.

## 2.4 - SITIM-300

Deverá ser composto pelo mesmo microcomputador e mesma unidade de visualização do SITIM-200, acrescido de um módulo especial de processa-

mento paralelo, no qual será feito o processamento das imagens propriamente dito. Este módulo especial deverá ter uma arquitetura do tipo sistólica, isto é, na forma de uma matriz de processadores básicos, onde cada processador básico é responsável pelo processamento de um pixel da imagem. As dimensões desta matriz irão depender fortemente dos componentes disponíveis no mercado na época do projeto, mas mesmo que sejam menores que a imagem a ser tratada, esta poderá ser dividida em blocos, e cada bloco ser processado sucessivamente.

Devido à nova arquitetura do sistema de processamento, pode-se prever que todo o conjunto de aplicativos terá que ser reescrito, visando acomodá-lo à operação em paralelo de uma forma eficiente.

No presente as atividades relativas a este modelo resumem-se ao estudo da arquitetura para ela a ser utilizada, com suas possíveis implementações nos algoritmos e vice-versa. Em 1987 deverá ser gerada a especificação do sistema e iniciado o seu projeto, com a conclusão prevista para 1988.

## 2.5 - ESTIMATIVA DE EVOLUÇÃO

A seguir são mostradas resumidamente na Tabela 1 as características de cada um dos sistemas componentes da família SITIM, com o objetivo de se tentar quantificar relações de custo e desempenho entre os mesmos. Tais relações, contudo, são apenas estimadas, já que os sistemas 200 e 300 ainda estão em fase inicial de desenvolvimento. As curvas comparativas são também mostradas em seguida (Figura 1); para se obter tais curvas, foi arbitrariamente suposto que o desempenho tenha como fatores determinantes a velocidade de processamento (30%), o tamanho da memória de imagens (25%), a capacidade de armazenamento em disco (25%), capacidade de "ZOOM" e "vôo" no visualizador (10%) e existência de tabelas de mapeamento de cores (10%); os fatores comparativos estão na Tabela 2.

TABELA 1  
CARACTERÍSTICAS DA FAMÍLIA SITIM

MODELO	CPU	MEMÓRIA DA IMAGEM	CAPACIDADE DISCO	ZOOM e VÔO	TAB. CORES
110	8088	4 x 512 x 512	60 MB	Não	Não
150	8088 + D.S.P.	1/2 x 1024 x 1024 até 4x1024x1024	60 MB	Sim	Sim
200	80286	4x2048x1024	300 MB	Sim	Sim
300	80286 + Matriz PR.	4x2048x1024	300 MB	Sim	Sim

TABELA 2  
ÍNDICES DE DESEMPENHO DA FAMÍLIA SITIM

MODELO	CPU *	MEMÓRIA DE IMAGEM	CAPACID. DISCO	ZOOM e VÔO	TAB. CORES	TOTAL
110	1	1	1	0	0	0.8
150	1 até 4.5	0.5 até 4	1	1	1	0.875 até 2.80
200	2 até 4.5	8	5	1	1	4.05 até 4.80
300	14	8	5	1	1	7.65

\* Supondo-se como operação típica uma soma de dois valores de 16 bits.

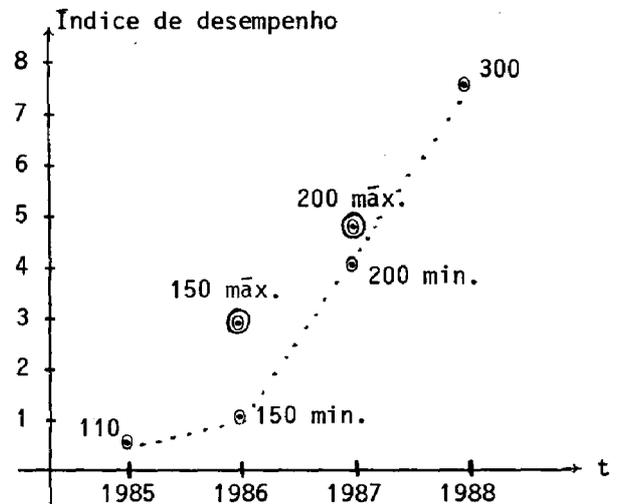


Fig. 1 - Curva de desempenho da família SITIM.

## 3. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS

A evolução dos microcomputadores verificada no início da década de 80 permitiu que sistemas de processamento de imagens, anteriormente baseados em minicomputadores, tivessem seu custo bastante reduzido, aumentando sua disseminação na comunidade. Uma tendência atual é a substituição de uma rede de sistemas pequenos conectados a um sistema de grande porte, que supre a deficiência dos microcomputadores em termos de armazenamento de imagens e poder computacional exigidos pela crescente demanda dos usuários e pela própria evolução dos sistemas imageadores.

Como imagens geralmente têm uma grande quantidade de dados, o problema de armazenamento e poder computacional tende a ser resolvido com o desenvolvimento da tecnologia de discos óticos e processadores rápidos especializados em processamento de imagens. Discos óticos digitais se mostram extremamente úteis para a montagem de arquivos de imagens pela garantia da integridade dos dados armazenados, característica

essencial - por exemplo - para um sistema de armazenamento e comunicação de imagens (Picture Archiving and Communication Systems PACS). Este sistema de aplicação na medicina, constitui-se num grande banco de dados onde imagens (raios-x, ultra-som, gamagrafia, etc.) são armazenadas e facilmente recuperáveis pelos usuários munidos de terminais especiais. Processadores especiais, baseados em componentes de altíssima integração (Very Large Scale Integration - VLSI), e arquiteturas paralelas, começam a sair dos centros de pesquisa para o setor industrial, já sendo oferecidos como equipamentos periféricos dos microcomputadores mais utilizados a nível internacional. Este fato torna viável a idéia de sistemas de processamento de imagens de baixo custo e de alto desempenho.

O desenvolvimento tecnológico na área de equipamentos e componentes exige e acarreta no desenvolvimento de aplicações, aí compreendidos tanto o software básico (línguas) quanto modelos e algoritmos para a manipulação e extração de informações de imagens. Grande ênfase vem sendo dada a reconstituição tridimensional de imagens com aplicações em sensoriamento remoto utilizando a visada lateral do satélite SPOT; em visão computacional para sistemas automáticos de guiagem; em medicina na área de tomografia. Outra área bastante estudada refere-se à compressão de imagens, onde técnicas de inteligência artificial são usadas para a extração de informações não diretamente presentes nas imagens, por exemplo a identificação automática de deficiência cardíaca pela análise de uma sequência de imagens de um coração.

#### 4. CONCLUSÕES

O processamento de imagens demonstrou uma tecnologia emergente com aplicações em diversas áreas da atividade humana, tais como o entretenimento, propaganda, controle de qualidade industrial, observação da terra e do corpo humano. O desenvolvimento, pelo INPE, de sistemas de tratamento de imagens deverá acarretar na disseminação desta tecnologia por todo o país, possibilitando a utilização de técnicas até aqui não disponíveis.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ERTHAL, G.J.; OLIVEIRA, M.O.B.; CÂMARA-NETO, G. SOUZA; R.C.M. (INPE) Um sistema geográfico de informação para uso com imagens de satélite. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Rio de Janeiro, nov. 1984.

DIGITAL DESIGN, March 1986.

ELECTRONIC DESIGN, October 15, 1984.

IEEE COMPUTER, January 1983.

SCIENCES ET TECHNIQUES n° 25, Avril 1986.