

Clodoveu Davis

# Uso de Imagens em GIS

A maior constante no mundo da informática tem sido o ritmo de evolução dos equipamentos. Em um processo contínuo, e que não dá sinais de estar se esgotando, os computadores tornam-se, a um só tempo, mais baratos e velozes. A capacidade disponível de recursos vitais como memória ou disco tem sido igualmente multiplicada continuamente, também sempre com custos menores. Eis alguns números:

- ☐ Em 1977, 1 MB de memória RAM custava cerca de 5.000 dólares, em valores atualizados. Hoje, compramos memória no pipoqueiro da esquina por, no máximo, 10 dólares por MB.
- ☐ A densidade dos circuitos lógicos aumenta aproximadamente 50% ao ano, quadruplicando a cada três anos.
- ☐ A densidade dos circuitos de memória aumenta à razão de 60% ao ano, aproximadamente, quadruplicando em três anos.
- ☐ A densidade de armazenamento magnético tem aumentado por volta de 50% ao ano, quase quadruplicando a cada três anos.
- ☐ A velocidade dos microprocessadores (em especial os de tecnologia RISC) tem dobrado a cada 18 meses.

Este fantástico ritmo de evolução tem provocado conseqüências em todas as áreas de aplicação da informática. No caso do Geoprocessamento, as conseqüências mais visíveis são duas: primeiro, é cada dia mais viável utilizar microcomputadores para gerenciar bases de dados espaciais, de tamanhos cada vez maiores. Os micros estão cada vez mais baratos e, pelo uso intensivo em tarefas rotineiras, são uma plataforma amplamente conhecida e dominada, facilmente integrável ao conjunto dos recursos de informática das organizações. Embora os sistemas operacionais para micros (leia-se Windows 95) ainda não tenham alcançado os níveis de confiabilidade e robustez do Unix, a tendência em direção à migração de plataformas GIS comerciais para micro é muito forte. A segunda grande conseqüência é a viabilização do uso maciço de imagens digitais em GIS, tanto provendo informações complementares de baixo custo para aplicações vetoriais, quanto servindo como base de dados principal. Isso ocorre porque problemas das imagens digitais, como grande consumo de espaço em disco e de tempo de processamento já não assustam tanto. Por outro lado, a aquisição de imagens é uma forma rápida e econômica de obter informações. A combinação desses dois fatores faz do uso intensivo de imagens digitais em Geoprocessamento uma grande tendência. Esta intensificação é decorrência natural de ganhos econômicos e técnicos para as aplicações, viabilizados pela incorporação de recursos básicos de processamento digital de imagens aos GIS vetoriais comerciais, e mesmo pelo surgimento de GIS baseados em imagens, com recursos sofisticados.

Embora o uso de imagens digitais esteja se tornando cada vez mais importante para o GIS, é incomum encontrar pessoas fora da área de sensoriamento remoto com conhecimentos abrangentes a respeito. Para tornar mais compreensível a dimensão e abran-

gência deste movimento em direção ao uso intensivo de imagens em GIS, esse artigo apresenta alguns dos conceitos básicos de processamento digital de imagens.

## O Que é Uma Imagem

Uma *imagem* é definida matematicamente como sendo uma função  $f(x,y)$ , bidimensional, válida em uma certa região. Normalmente, esta região é um subconjunto do plano e a função pode assumir apenas valores reais não-negativos. Esta função representa a energia refletida por objetos, que é capturada através de algum processo físico.

Em uma *imagem digital*, esta função fica limitada a assumir apenas valores inteiros. A região em que a função é definida constitui, em geral, um arranjo (matriz) retangular de pontos. Daí o termo *matricial*, usado em associação a imagens digitais, freqüentemente em contraposição ao termo *vetorial*, que se refere a representações geométricas baseadas em sistemas de coordenadas.

Uma imagem digital é obtida em um processo composto de duas etapas: *amostragem* e *quantização*. Na amostragem, são determinadas as dimensões do arranjo retangular e de suas subdivisões. Na quantização, o conteúdo de cada célula do arranjo é avaliado, determinando-se um valor que represente digitalmente a amostra. Assim, uma imagem digital é um conjunto de amostras, que são obtidas a partir de um processo de captura de alguma grandeza física, quantizadas através de um processo digital. O processo mecânico de obtenção da seqüência de amostras em arranjo retangular é, em geral, uma varredura (por exemplo, da esquerda para a direita segundo as linhas, de cima para baixo segundo as colunas da matriz). Daí o termo *raster* (varredura, em inglês), também utilizado freqüentemente em associação a imagens digitais, por vezes com um certo abuso: a expressão *imagem raster* é, obviamente, uma redundância.

## Pixel

O termo *pixel* (do inglês *picture element*, ou elemento de imagem) é usado para denominar cada um dos pontos ou células que compõem a imagem. Cada pixel é associado a uma amostra e é caracterizado por sua posição na imagem e pelo seu valor. O valor do pixel é normalmente a medida da intensidade de alguma grandeza física, capturada por algum sensor no processo de formação da imagem digital. Por ser digital, este valor é sempre limitado de acordo com a quantidade de níveis de intensidade que podem ser percebidos pelo dispositivo de aquisição de imagens. Esta limitação é normalmente medida em bits por pixel. Os valores mais usuais hoje são 1, 8 e 24 bits por pixel, gerando imagens com até, respectivamente, 2, 256 ou 16 milhões de intensidades diferentes para cada pixel.

Pode-se estabelecer uma relação entre o valor do pixel e uma cor, para fins de visualização. Em geral, adota-se uma escala em que a menor intensidade possível está associada ao preto, e o valor mais alto representável está associado ao branco. Portanto, valores intermediários constituem uma escala de cinza. Imagens com apenas 2 níveis são monocromáticas: apenas preto e branco. Imagens coloridas são obtidas pela associação de cores variadas a cada valor possível de pixel. No caso das imagens de 24 bits por pixel, em geral se associa cada grupo de 8 bits a uma cor primária: vermelho, verde e azul. A combinação resultante é capaz de produzir virtualmente qualquer cor perceptível pelo olho humano.

## Pseudocoloração

O uso de cores em imagens digitais é fundamental para melhorar nossa capacidade de interpretá-las corretamente. Enquanto um observador médio é capaz de distinguir apenas entre 12 a 24 níveis de cinza em uma imagem, o sistema visual humano é capaz de diferenciar milhares de cores. O processo de atribuição de cores convenientemente "falsas" aos pixels de uma imagem, visando favorecer a interpretação visual, é denominado *pseudocoloração* e é intensivamente utilizado em sensoriamento remoto.

## Resolução

A densidade de subdivisões obtida no processo de amostragem constitui uma medida da resolução espacial da imagem. Em geral refere-se ao número de pixels obtidos por unidade de comprimento. Uma medida comumente encontrada em especificações de dispositivos como escaners e impressoras é "pontos por polegada", ou seja, quantos pixels podem ser lidos ou impressos em cada polegada. Em sensoriamento remoto a resolução é expressa referindo-se ao tamanho da região amostrada no terreno. Por exemplo, o satélite Landsat tem sensores capazes de produzir imagens com pixels de 30x30 metros.

## Tamanho e Formatos de Armazenamento

Conhecendo alguns parâmetros básicos da imagem e do processo de obtenção, como resolução espacial e número de bits por pixel, é possível estimar o espaço em disco que será ocupado por ela. Veja dois exemplos:

**Plantas cadastrais em escala 1:1000**, formato A1, nanquim sobre poliéster. A área de interesse de cada planta (retirando as margens, legenda, selo) é um retângulo de 60x50 cm. A rasterização será feita em um escaner com resolução de 200 pontos por polegada, produzindo uma imagem binária, ou seja, com 1 bit por pixel.

*Largura da imagem em pixels:*

$$60\text{cm} = 23,622 \text{ polegadas} \times 200 = 4724 \text{ pixels}$$

*Altura da imagem em pixels:*

$$50\text{cm} = 19,685 \text{ polegadas} \times 200 = 3937 \text{ pixels}$$

*Número total de pixels:*

$$4724 \times 3937 = 18.598.388 \text{ pixels}$$

*Número total de bytes na imagem:*

$$18.598.388 \times 1 \text{ bit por pixel} / 8 \text{ bits/byte} = 2.324.798 \text{ bytes, ou } 2,2\text{MB}$$

**Imagem Landsat** cobrindo uma área de 92x92 Km, com pixels de 30x30 metros, dados de apenas um sensor (8 bits por pixel)

*Largura e altura da imagem em pixels:*

$$92 \text{ Km} / 30 \text{ m} = 3067 \text{ pixels}$$

*Número total de pixels:*

$$3067 \times 3067 = 9.406.489 \text{ pixels}$$

*Número total de bytes na imagem:*

$$9.406.489 \times 8 \text{ bits/pixel} / 8 \text{ bits/byte} = 9.406.489, \text{ ou } 9,0\text{MB}$$

Estes valores poderão variar dependendo do processo de armazenamento da imagem em disco. De acordo com o formato utilizado na gravação, podem ser empregadas técnicas de compactação, podendo gerar grande economia de espaço. Esta compactação será tanto maior quanto mais uniformidade existir na imagem. Imagens provenientes de plantas, tipicamente com grandes áreas em branco e pixels pretos concentrados nas linhas, podem ser compactadas em até 80%, consumindo somente cerca de 400KB em disco. Imagens mais variadas, como as de satélite, ganham tão pouco com a compactação que são em geral armazenadas em formato não-compactado.

Imagens de sensoriamento remoto têm seus próprios padrões de armazenamento, conhecidos e utilizados pelos softwares especializados na área. Os formatos de armazenamento de imagens de uso geral mais utilizados hoje são PCX, TIFF, BMP, GIF e JPEG. Todos podem realizar alguma forma de compactação no armazenamento da imagem. O JPEG, em especial, permite aumentar significativamente o grau de compactação desde que o usuário concorde em permitir alguma perda de qualidade na imagem. O formato TIFF merece atenção. Tem tantas variações (no jargão da área: "sabores") que termina pouco recomendável, pois é difícil garantir a compatibilidade entre diferentes softwares. Neste sentido, meu formato favorito é o PCX, que é estável, tem definição bastante simples, recebe suporte quase universal, oferece um razoável nível de compactação e ainda, em emergências, é facilmente interpretado em um programa C.

## Aplicações

Identificamos agora algumas das áreas de aplicação de imagens digitais em GIS. A lista não é exaustiva. Novas e criativas maneiras de se aproveitar os recursos de processamento digital de imagens em sistemas e aplicações GIS estão surgindo a cada momento.

**Sensoriamento Remoto:** obviamente, esta é uma área predominantemente apoiada em técnicas de processamento digital de imagens. A novidade é a popularização causada pelo avanço nos recursos computacionais. Há cinco anos, uma imagem Landsat de 60MB seria de difícil manipulação em um micro, uma vez que o tamanho de unidade de disco típico para os 286 e 386 da época era 80MB. Hoje, com as unidades de disco de micros comuns de capacidades acima de 1GB, espaço deixou de ser problema. Um único CD-Rom tem capacidade para armazenar dez destas imagens, e pode ser lido usando uma unidade que custa menos de 200 dólares. Naturalmente, os mais sofisticados softwares de sensoriamento remoto, que antes funcionavam apenas em estações de trabalho Risc, hoje estão também disponíveis em micro. Uma nova fronteira em sensoriamento remoto será aberta em breve, quando entrarem em operação os satélites comerciais capazes de resoluções espaciais de 3 metros (em 1998) e 1 metro (em 1999). Toda uma nova gama de aplicações urbanas será iniciada, sem sobresaltos com relação ao equipamento: uma imagem pancromática, com pixels de 1x1 metro, cobrindo 500 Km<sup>2</sup>, ocupará apenas cerca de 500MB em disco – perfeitamente viável para uma RISC, talvez um pouco demais para um micro atual, mas provavelmente ao alcance dos micros de 1999.

**Conversão de dados:** a utilização de imagens de plantas para *heads-up digitizing* é significativamente mais interessante que a digitalização via mesa. O custo para rasterizar uma planta é bas-

mesa. Além disto, a produtividade do operador trabalhando com *heads-up digitizing* é significativamente melhor. Outra alternativa à tradicional digitalização em mesa é a vetorização semi-automática, usando softwares como o Tracer, da Hitachi, ou o GeoVec, da Intergraph.

**Imagens como pano de fundo em bases vetoriais:** muitas vezes, plantas ou documentos antigos contêm informações úteis para o GIS, como codificação de elementos cadastrais, endereços ou parâmetros de projeto. São informações alfanuméricas, freqüentemente contidas apenas nas plantas ou mapas e portanto não armazenadas em nenhum banco de dados convencional, mas que são de grande interesse para as aplicações geográficas. A rasterização de plantas ou mapas e sua apresentação em tela como pano de fundo para bases geográficas vetoriais pode ser uma excelente maneira de trazer estas informações para o GIS, incorporando-as como atributos alfanuméricos de objetos geográficos ou mesmo mantendo-as disponíveis como imagens para consulta.

**Associação de imagens a informações geográficas:** uma das possibilidades técnicas mais atraentes é a associação de imagens reais, por exemplo, cartões postais, a objetos geográficos vetoriais, indicando a localização de pontos turísticos. São cada vez mais viáveis aplicações ousadas usando este tipo de recurso. Um primeiro exemplo poderia ser a rasterização de diagramas isométricos de caixas de manobra em redes de água e sua associação aos elementos de rede lançados em uma base AM/FM. Outro exemplo poderia ser a rasterização de plantas arquitetônicas de grandes edifícios, com associação aos objetos geográficos que os representam no mapa, para referência rápida de serviços de emergência, como Corpo de Bombeiros.

**Fotogrametria:** existe um movimento, iniciado em 1994 nos Estados Unidos, e que está começando a nos atingir, que defende a utilização de ortofotos digitais como pano de fundo de bases vetoriais bastante simplificadas. Grandes reduções de custos são possíveis e reduções maiores ainda no tempo entre a realização de um aerolevanteamento e a disponibilização dos dados para aplicações geográficas. Além disso, o ciclo de atualização é simplificado, pois a substituição integral de um conjunto de ortofotos antigo por um novo não afeta em nada a base vetorial. Por outro lado, a atualização da parte vetorial é mais objetiva, pois todo o esforço pode ser concentrado em uma quantidade menor de classes de informação.

Outra novidade no uso de imagens digitais em fotogrametria é a disponibilidade de equipamentos especiais que permitem visão estereoscópica de um par de imagens projetadas na tela do computador. Este recurso facilita a construção de modelos digitais de terreno e mesmo estéreo-restituições, sem necessidade do equipamento ótico-mecânico tradicional.

## A Resolução Mais Adequada

Cada uma dessas aplicações exige cuidados na escolha dos parâmetros para obtenção e tratamento das imagens. Um parâmetro importante é a determinação da quantidade de níveis de cinza ou cores para a imagem. No entanto, este parâmetro é em geral de determinação simples: 1 bit por pixel para imagens de plantas ou projetos monocromáticos, escala de cinza com 256 níveis para aerofotos ou ortofotos, cores em 8 ou 24 bits por pixel para fotografias ilustrativas. Outro parâmetro é a escolha da resolução espacial. Em particular, a escolha da resolução mais adequada deve ser feita de maneira criteriosa, levando em conta as reais necessidades do projeto. O uso de resoluções altas demais

poderá não trazer benefícios para o trabalho, e sim prejuízo, expresso em termos de maior consumo de disco e maior tempo de acesso à imagem. A escolha de resoluções baixas demais também pode ser danosa, se dificultar a leitura de textos ou a interpretação de símbolos na imagem.

Atente para algumas preocupações básicas e regras práticas quando se especifica a resolução ideal para um trabalho de geração de imagens por meio de scanner.

**Resolução da tela:** caso a imagem esteja sendo gerada para visualização em tela, a resolução serve com referência para a resolução mínima de escaneamento. Ao contrário do que se pensa, a resolução de tela é bastante baixa. Por exemplo, um monitor considerado de alta resolução, capaz de apresentar 1280 x 1024 pixels, com 19 polegadas na diagonal, tem resolução aproximada de 80 pontos por polegada.

**Espessura de linhas:** para evitar que as linhas na imagem fiquem fragmentadas ou interrompidas, é interessante determinar uma resolução tal que as linhas tenham pelo menos 3 pixels de largura. Assim, se o interesse do trabalho está em linhas traçadas com pena 0,4 mm (0,016 polegadas) na planta, a resolução mínima será de  $1/(0,016/3)$ , ou 190 pontos por polegada. Considerando as faixas de resolução comumente suportadas pelos scanners, 200 pontos por polegada é a resolução ideal.

**Tamanho de textos:** para evitar problemas na leitura de textos em tela, convém fazer com que os menores caracteres tenham, no mínimo, 20 pixels de altura. Por exemplo, se os menores caracteres têm 4 mm (0,16 polegadas) de altura, então a resolução mínima será de  $1/(0,16/20)$ , ou 126 pontos por polegada.

**Replotagem:** se existe a intenção de "reconstruir" plantas antigas através da plotagem da imagem da planta, então a resolução mínima a considerar será a mesma resolução do plotter. Desta maneira, poderá ser feito um mapeamento entre cada pixel da imagem e cada pixel no papel. Observe-se que esta regra apenas se aplica a imagens de 1 bit por pixel, uma vez que nenhum plotter hoje consegue a mesma variação de cores que as telas gráficas. Para obter as variações de cor demandadas pelas aplicações, os plotters coloridos são obrigados a simular cores mais "complexas" com o uso de *dithering*, uma técnica que realiza o preenchimento de áreas coloridas com a mistura de pixels das cores básicas suportadas, em geral não mais de oito. À distância, se tem a ilusão de ter conseguido a cor desejada. No entanto, se a técnica for aplicada a regiões muito pequenas, como linhas ou caracteres, o mapeamento de cores se torna muito impreciso, terminando por produzir significativas diferenças cromáticas. O mesmo se aplica a imagens em escala de cinza. Tonalidades variadas de cinza são simuladas pelos plotters fazendo o espalhamento de pontos pretos, em maiores ou menores concentrações.

---

*Colaboração: Clodoveu Davis*  
é engenheiro civil, analista de sistemas, mestre em Ciência da Computação e Assessor de Desenvolvimento e Estudos da Prodabel (Processamento de Dados do Município de Belo Horizonte). É também vice-presidente da RBGeo (Rede Brasil de Geoprocessamento).

Endereço: **GeoPro Informática**  
R. Alagoas, 314/1501 - 30130-160 - Belo Horizonte - MG  
Tel. (031) 978-1422 - Fax 224-0022  
e.mail: clodoveu@unix.horizontes.com.br