

## **IMAGENS COM ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL: NOVAS PERPECTIVAS PARA O SENSORIAMENTO REMOTO**

**Eduardo da Silva Pinheiro**

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.

[eduardo@ltd.inpe.br](mailto:eduardo@ltd.inpe.br)

Recebido 13 de outubro de 2002; revisado 24 de janeiro de 2003; aceito 25 de fevereiro de 2003

**RESUMO** - As imagens orbitais com alta resolução espacial trouxeram inovações para as pesquisas em Sensoriamento Remoto. O uso desses dados permite realizar mapeamentos e monitoramentos detalhados de alvos na superfície terrestre. A presente contribuição descreve as principais características dos satélites IKONOS II e QUICKBIRD, apresenta métodos para a correção geométrica de suas imagens. Finalmente, descreve a classificação orientada ao objeto, sugerida pela literatura especializada como alternativa para a extração de informações das imagens com alta resolução espacial.

**Palavras-Chave:** sensoriamento remoto, alta resolução espacial, correção geométrica, classificação orientada ao objeto.

**ABSTRACT** - The use of data from high-resolution sensors provides a new contribution in remote sensing studies such as detailed mapping and monitoring over earth surface targets. This study describes the main characteristics of IKONOS II and QUICKBIRD satellite and show methods of geometric correction of their data. Finally, it describes the object oriented image analyses suggested by the specialized literature as an alternative for the extraction of information from high spatial resolution imagery.

**Keywords:** remote sensing, hight resolution spacial, geometric correction, object oriented image analyses.

## **INTRODUÇÃO**

Em 1972 quando foi lançado o sensor multiespectral MSS a bordo do satélite LANDSAT, as imagens produzidas com resolução espacial de 80m causaram grande impacto nas pesquisas em Sensoriamento Remoto - SR (Tanaka e Sugimura, 2001). Agora, 31 anos mais tarde, as imagens adquiridas pelos sensores a bordo dos satélites IKONOS II e QUICKBIRD representam uma realidade impensável na época do projeto de construção do MSS.

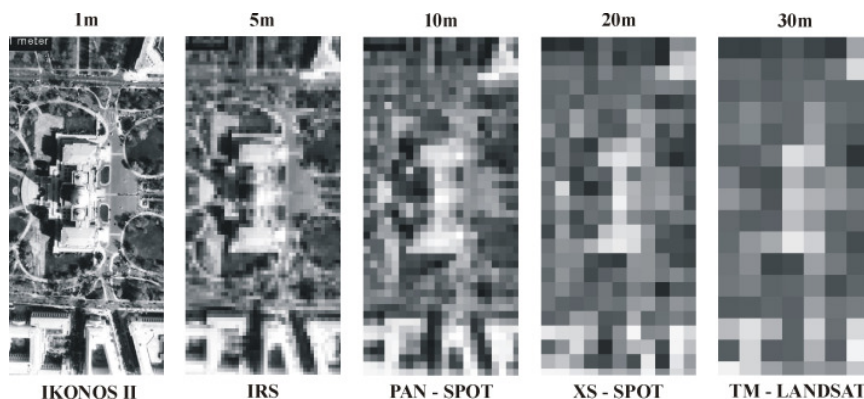
Nos últimos anos, houve uma grande inovação nas imagens orbitais para uso comercial. A partir do desenvolvimento de satélites com sensores de alta resolução espacial surgiram novos paradigmas na área do SR. Diversas questões foram estabelecidas, entre as principais, destacam-se: Qual o nível de detalhe pode-se chegar, com as imagens de alta resolução? Qual a exatidão cartográfica possível com essas imagens? Como realizar a classificação digital nas imagens?

Este trabalho procura contribuir com as pesquisas em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. Desta forma, descreve as principais características dos satélites IKONOS II e QUICKBIRD, e apresenta algumas metodologias para processar os seus dados, conforme a literatura especializada.

## **NOVOS SATÉLITES**

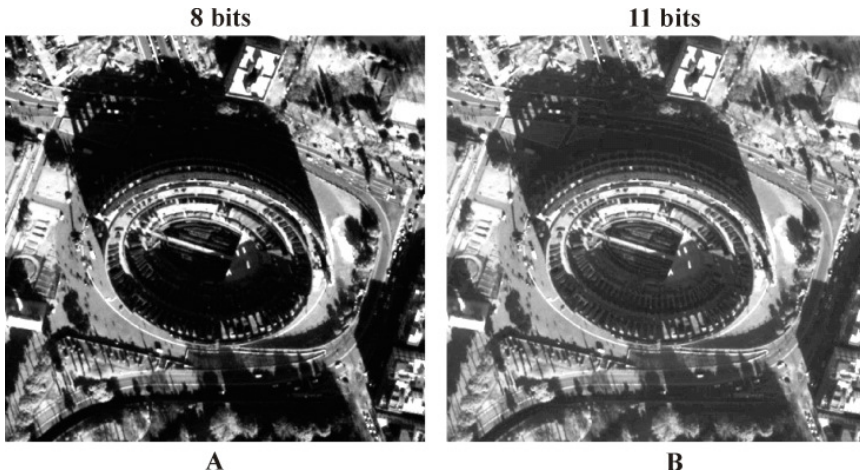
As imagens IKONOS II e QUICKBIRD permitem confeccionar produtos cartográficos em escalas grandes. As imagens possuem um grande potencial para a cartografia, mapeamentos florestais, agricultura, planejamento urbano, entre outras aplicações.

A capacidade de discernir objetos na superfície terrestre é limitada pela resolução espacial do sistema imageador. Por exemplo, na **Figura 1**, na imagem IKONOS II é possível identificar um prédio, enquanto na imagem TM/LANDSAT verifica-se apenas um aglomerado de *pixels*.



**Figura 1** - Comparação entre a resolução espacial de diferentes sistemas sensores. Imagens do Capitólio, Washington, EUA.

A resolução radiométrica dos sensores a bordo dos satélites IKONOS-II e QUICKBIRD é de 11 bits (2048 níveis de cinza) o que permite a melhoria da interpretação das imagens. As imagens com 11 bits possibilitam obter informações adicionais, se comparado com aquelas de 8 bits (256 níveis de cinza). As imagens do IKONOS II e do QUICKBIRD podem ser entregues ao usuário com 8 ou 16 bits (Space Imaging, 2003; DigitalGlobe, 2003). Na **Figura 2**, em “A” as sombras dificultam a interpretação dos alvos, enquanto em “B” é possível identificar esses alvos.



**Figura 2.** Imagens com 8 bits e 11 bits.

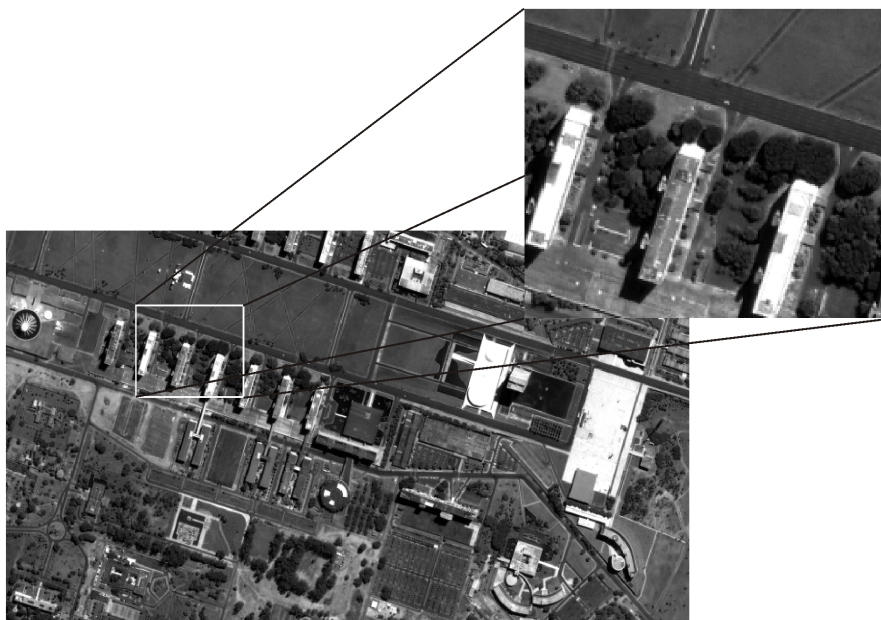
## O SATÉLITE IKONOS II

O IKONOS II foi lançado em setembro de 1999, com sensores de alta resolução espacial. Um exemplo de uma imagem Pancromática do satélite pode ser visto na **Figura 3**. As principais características do IKONOS II estão contidas na **Tabela 1**.

Os dados coletados pelo IKONOS II são enviados para as seguintes estações terrestres: *Shadnagar* localizada na Índia, *Dubai* nos Emirados Árabes Unidos, *Neustrelitz* na Alemanha, *Chung-Li* em Taiwan, *Oklahoma* nos EUA. A Space Imaging, empresa norte-americana responsável pelo IKONOS II, fornece ao usuário as imagens na forma Pancromática (PAN), Multiespectral (MS) ou, ainda Color, uma combinação denominada “*Pan-sharpened*” (fusão da PAN

com a MS, resolução espacial de 1m). As imagens são comercializadas com distintos níveis de correção geométrica (**Tabela 2**), além de alguns formatos serem fornecidos com um Modelo Digital de Elevação (MDE).

Segundo Lillesand e Kieffer (2000) os sensores do IKONOS II possuem a capacidade de coletar dados em ângulos acima de 45°. Isso proporciona não apenas a oportunidade de uma cobertura freqüente do terreno, mas também a aquisição de imagens com estereoscopia.



**Figura 3** - Imagem PAN IKONOS II, Esplanada dos Ministérios Brasília/DF

**Tabela 1** - Especificações técnicas do IKONOS II.

Altitude da órbita	681km
Órbita	98,1° Sol-síncrona
Sentido da órbita	Descendente 10:30 a.m.
Duração da órbita	98 min.
Tempo de Revisita	1 – 3 dias (dependendo da latitude)
Largura da faixa imageada	11,3km ( <i>nadir</i> )
	13,8km (26° <i>off-nadir</i> )
Resolução Espacial	0,82m ( <i>nadir</i> ) Pancromática
	3,20m ( <i>nadir</i> ) Multiespectral
	1m (26° <i>off-nadir</i> ) Pancromática
	4m (26° <i>off-nadir</i> ) Multiespectral
Bandas espectrais	Pancromático: 0,45 – 0,90 $\mu\text{m}$
	Azul: 0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$
	Verde: 0,51 – 0,60 $\mu\text{m}$
	Vermelho: 0,63 – 0,70 $\mu\text{m}$
	Infra vermelho próximo: 0,76 – 0,85 $\mu\text{m}$
Resolução radiométrica	11 bits (2048 níveis de cinza)

Fonte: Adaptada de Space Imaging (2003).

**Tabela 2** - Produtos do satélite IKONOS II.

	CE <sup>1</sup> 90%	RMS <sup>2</sup>	Descrição
<b>Geo</b>	15,0m*	x	Apenas georeferenciado (Datum e Projeção).
<b>Reference</b>	25,0m	11,8m	Para receber a imagem com as distorções corrigidas é necessário fornecer pontos de controle e um MDE.
<b>Pro</b>	10,2m	4,8m	Maior exatidão sem o auxílio de pontos de controle.
<b>Precision</b>	4,1m	1,9m	Gerado com auxílio de pontos de controle e MDE, a partir de pares estereoscópicos.
<b>PrecisionPlus</b>	2,0m	0,9m	Gerado com auxílio de pontos de controle e MDE, a partir de pares estereoscópicos. Resolução espacial de 1m.
<b>Stereo</b>	25,0m	x	Produto gerado a partir de pares estereoscópicos sem pontos de controle.
<b>Precision Stereo</b>	4,0m	x	Produto gerado a partir de pares estereoscópicos com pontos de controle.

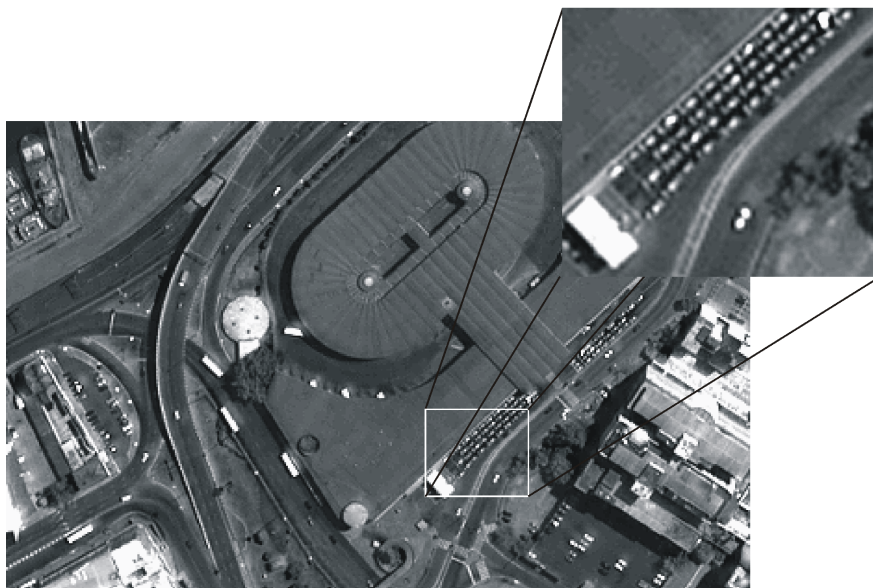
<sup>1</sup> CE 90% – Erro Circular com 90% de confiança; <sup>2</sup> RMS – Erro Médio Quadrado (*Root Mean*

*Square*). \* Excluídos os efeitos do relevo. x – Padrão de exatidão cartográfica dos EUA. Fonte:

Adaptada de Space Imaging (2003).

## O SATÉLITE QUICKBIRD

Em dezembro de 2000 a empresa norte-americana DigitalGlobe, responsável pelo programa do QUICKBIRD, obteve a licença da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) para operar um sistema com alta resolução espacial. O QUICKBIRD foi lançado em órbita em outubro de 2001. O sensor do satélite possui a mais alta resolução espacial para plataformas orbitais de uso comercial atualmente disponível. A **Figura 4** ilustra um exemplo de uma imagem PAN QUICKBIRD. A **Tabela 3** apresenta as especificações técnicas desse satélite.



**Figura 4** - Imagem PAN QUICKBIRD, Rodoviária de Porto Alegre/RS.

**Tabela 3** - Especificações técnicas do QUICKBIRD.

Altitude da órbita	450km
Órbita	97,2° Sol-síncroma
Sentido da órbita	Descendente 10:30 a.m.
Duração da órbita	93,5min.
Tempo de Revisita	1 – 3,5 dias (dependendo da latitude)
Largura da faixa imageada	16,5km ( <i>nadir</i> )
	20,8km ( <i>off-nadir</i> )
Resolução Espacial (Nominal)	0,61m ( <i>nadir</i> ) Pancromática
	2,44m ( <i>nadir</i> ) Multiespectral
	0,72m (25° <i>off-nadir</i> ) Pancromática
	2,88m (25° <i>off-nadir</i> ) Multiespectral
Resolução Espectral	Pancromático: 0,45 – 0,90 $\mu\text{m}$
	Azul: 0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$
	Verde: 0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$
	Vermelho: 0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$
Resolução Espectral	Infravermelho próximo 0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	11 bits (2048 níveis de cinza)

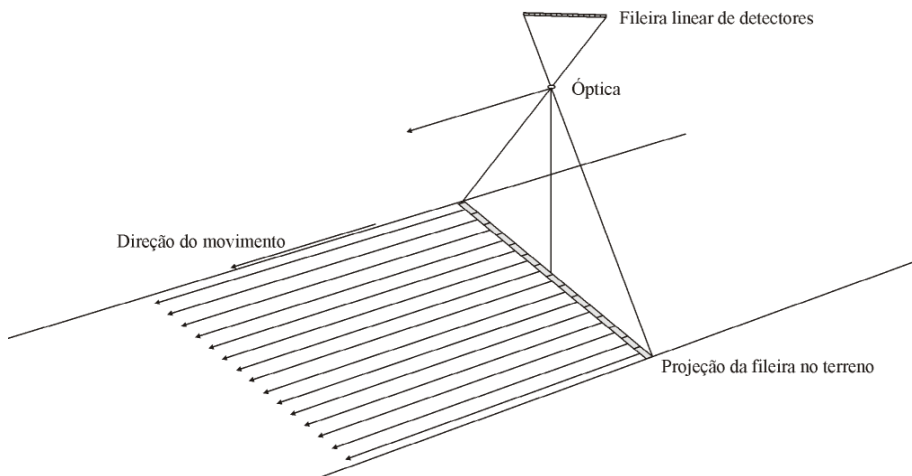
Fonte: Adaptada DigitalGlobe (2003a).

O QUICKBIRD possui sensores do tipo CCD (*Charge Coupled Device*), que realizam varredura eletrônica em fileira linear (*pushbroom linear array*) flexíveis para visadas *off-nadir* até 30°, ao longo do terreno (*along-track*) imageado (Petrie, 2002). A visada *off-nadir* permite a cobertura mais freqüente do terreno e que sejam adquiridas imagens com estereoscopia.

Em 1986 o satélite SPOT foi uma das primeiras plataformas espaciais a utilizar sensores do tipo CCD *pushbroom*. Outros satélites também utilizam este sistema de imageamento, p. ex., o IKONOS II, o CBERS, o EROS-1A, etc. No sensor de varredura eletrônica, todos os detectores da barra do CCD são amostrados simultaneamente para uma mesma linha (Schowengerdt, 1997). A



**Figura 5** apresenta um modelo conceitual do funcionamento deste tipo de imageador.



**Figura 5** - Sensor imageador *pushbroom*. (Adaptada de Schowengerdt, 1997).

Os dados coletados pelo QUICKBIRD são captados por duas estações em Terra, *Fairbanks* localizada no Alasca, EUA e em *Tromsø* situada ao norte da Noruega. A partir dessas estações, os dados são enviados para o centro de processamento da DigitalGlobe, com sede em Longmont, no Colorado, EUA. A empresa disponibiliza as imagens no modo PAN e MS e a “*Pan-sharpened*” (resolução espacial de 0,70m). A descrição dos produtos comercializados está contida na **Tabela 4**.

Em conjunto aos produtos QUICKBIRD são disponibilizados os arquivos contendo os Dados de Suporte à Imagem (*Image Support Data - ISD*). Os ISD

possuem as informações necessárias para a correção geométrica das imagens (DigitalGlobe, 2003a).

**Tabela 4** - Produtos do satélite QUICKBIRD.

	CE <sup>1</sup> 90 %	RMS <sup>2</sup>	Descrição
<b>Basic</b>	23,0m*	14m*	Com correção radiométrica e relativa dos detectores, geometria interna do sensor. Possui o menor processamento.
<b>Standard</b>	23,0m*	14m*	Disponibilizada com uma Projeção Cartográfica e Datum.
<b>Orthorectified</b>	12,7m	7,7m	Imagem ortorretificada.
<b>RPC**</b>			
<b>Orthorectified</b>	10,2m	6,2m	Imagem ortorretificada.
<b>Efemérides</b>			
<b>Basic Stereo</b>	23m	14m	Imagem adquirida 30° <i>off-nadir</i> , possui 90° de recobrimento.

\* Excluindo a geometria de visada e a distorção do relevo. \*\* RPC – Coeficientes Racionais Polinomiais (*Rational Polynomial Coefficients*)

Fonte: Adaptada de DigitalGlobe (2003a) e DigitalGlobe (2003b).

## CORREÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

A avaliação da geometria de uma imagem é expressa através das geometrias interna e externa. A geometria interna indica o grau de similaridade entre a imagem e o terreno nela representado. A geometria externa estabelece a exatidão das coordenadas da imagem em relação a um determinado referencial. A correção geométrica objetiva modelar os efeitos provocados pelas diversas fontes de distorções introduzidas no momento de aquisição da imagem (Ford e Zanelli, 1985).

As imagens de satélite podem apresentar uma série de distorções espaciais, além de não conter a exatidão cartográfica no posicionamento dos objetos nelas representados. Estas distorções estão associadas ao modelo orbital do satélite, plataforma, propriedades do sensor, rotação e curvatura da Terra, além dos efeitos topográficos (Schowengerdt, 1997). As distorções oriundas da topografia da área imageada, normalmente, geram grandes erros em mapas (Ford e Zanelli, 1985).

As distorções geométricas podem ser eliminadas e/ou reduzidas, por meio de modelos de correção geométrica. A correção geométrica das imagens é necessária para realizar medições sobre as mesmas, além de integrá-las com outros dados. Toutin e Cheng (2002) descrevem três modelos para a correção geométrica de dados de alta resolução espacial: Modelo Polinomial, Modelo Função Racional e Modelo Rigoroso.

O Modelo Polinomial é o mais simples, pois não considera a elevação do terreno, as informações sobre a posição do satélite ou do sensor. Este modelo, quando utilizado para dados de alta resolução espacial, fica limitado a pequenas áreas planas (Toutin e Cheng, 2000). O Modelo Polinomial, normalmente, é utilizado para registrar imagens TM/LANDSAT.

Segundo Tao e Hu (2001) para corrigir as distorções da imagem o Modelo Função Racional (RFM) utiliza pontos de controle, um MDE e os Coeficientes Racionais Polinomiais (RPC). Os RPC são calculados a partir dos dados da câmera do sensor e da órbita do satélite (Gerlach, 2002). De acordo com Toutin e Cheng (2002) para o RFM não são necessárias informações do sensor e do satélite, mas é preciso uma razoável quantidade de pontos de controle que não

eliminam completamente as distorções. Em conjunto com as imagens do IKONOS II e do QUICKBIRD são disponibilizados os RPC (necessários para a correção geométrica das imagens).

O Modelo Rigoroso leva em consideração as informações do satélite e do sensor, reflete a realidade física da geometria de visada e corrige as distorções da plataforma (Toutin e Cheng, 2000). Este método para correção geométrica de imagens é considerado o mais preciso, muitas vezes com uma fração de um *pixel* (OpenGIS Consortium, 1999).

No processo de correção geométrica das imagens há 4 elementos principais que influenciam na qualidade final do produto: i) modelo aplicado na correção; ii) qualidade, quantidade e distribuição dos pontos de controle; iii) relevo da área de estudo; iv) qualidade do MDE utilizado (Pinheiro, 2003).

### **CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA AO OBJETO**

Entre as principais aplicações das imagens de SR, destacam-se a análise e o mapeamento temático do uso e cobertura da Terra (Lillesand e Kiefer, 2000). Os *pixels* que compõem uma imagem representam os diferentes alvos terrestres que possuem comportamento específico ao longo do espectro eletromagnético.

A classificação digital de imagens representa o agrupamento e rotulação de *pixels* com características similares. Normalmente, a tomada de decisão sobre quais *pixels* devem ser rotulados e agrupados é realizada por métodos estatísticos (Schowengerdt, 1997; Lillesand e Kiefer, 2000). A classificação de imagens pode ser realizada “*pixel a pixel*” ou através de “regiões” (segmentação). Nessas

duas formas, há três métodos para classificação de imagens (Lillesand e Kiefer, 2000):

- Não-supervisionada, quando o usuário não possui conhecimento prévio das classes temáticas presentes na imagem, deixando que o algoritmo as defina;
  - Supervisionada o usuário orienta a busca das classes temáticas através da aquisição de amostras;
  - Híbrida, utiliza em conjunto, as duas abordagens citadas anteriormente.
- Outro método híbrido é a classificação da imagem por um determinado algoritmo e, posteriormente, o usuário realiza as correções de possíveis erros que ocorrem durante a classificação (Moreira, 2001).

A segmentação é um processo realizado antes da classificação, com o objetivo de dividir a imagem em regiões homogêneas, para solucionar problemas de subjetividade em classificações supervisionadas. O processo consiste em separar os atributos espectrais da imagem em regiões homogêneas, isto é, os *pixels* com características similares (forma, textura, área, parâmetros espectrais) são associados (Moreira, 2001).

A análise estatística de cada *pixel* individual, de uma imagem com alta resolução espacial, não é o método mais adequado para representar a paisagem, bem como os fenômenos ecológicos. Outros parâmetros devem ser considerados na extração de informações, como: textura, distância, localização e conceitos de vizinhança. Nesse sentido, a classificação por regiões e a segmentação da imagem são soluções importantes no processo de classificação (Blaschke e Strobl, 2001; Hoffmann e Vegt, 2001).

Para Blaschke e Strobl (2001) os novos sistemas sensores orbitais, como o IKONOS-II e o QUICKBIRD, exigiram novos métodos para a extração de informações das respectivas imagens. Hoffmann e Vejt (2001) sugerem a classificação orientada ao objeto como uma solução para classificar imagens com alta resolução.

Ao contrário dos métodos tradicionais para a classificação digital de imagens, na classificação orientada ao objeto, a análise é realizada sobre objetos ou segmentos na imagem e não apenas sobre *pixels*. Na imagem um objeto representa uma entidade que pode ser individualizada, tem atributos próprios e as mesmas propriedades da classe que lhe deu origem (*Definiens*, 2002). Entre os motivos para se adotar a classificação de imagem orientada ao objeto podem ser citados (Gonçalves *et al.*, 2001):

- o processamento de imagens aproxima-se mais dos processos cognitivos humanos que as análises baseadas em *pixel*;
- é mais fácil incorporar informação de contexto com significado numa abordagem orientada ao objeto do que numa abordagem apenas ao nível do *pixel*.

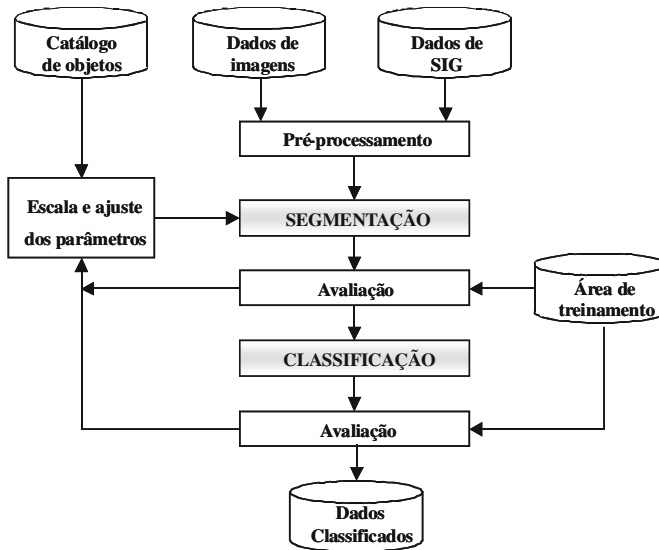
Atualmente, o aplicativo *eCognition Object-Oriented Image Analysis* tornou-se uma ferramenta importante para a classificação de imagens de SR. Este aplicativo é empregado, p.ex., para processar imagens de satélites com alta resolução espacial como o IKONOS-II e QUICKBIRD, bem como dados dos satélites LANDSAT, SPOT, fotografias aéreas, dados de radar, câmeras a laser, etc (Hoffmann e Vejt, 2001; Bauer e Steinnocher, 2001; Hofmann, 2001;

Blaschke e Strobl, 2001; Schwarz, *et al.*, 2002). A classificação da imagem realizada no *eCognition* considera, além do nível de cinza, a forma, a textura e funções de SIG (tamanhos de bordas de objetos, as suas relações topológicas entre si, distâncias ao próximo elemento da mesma classe e/ou de uma outra classe), contribui para o estreitamento do uso de SIG com imagens adquiridas por SR (Hofmann, 2001).

Segundo Schwarz *et al.*, (2002) o modelo de classificação da imagem orientado ao objeto (**Figura 6**) no *eCognition* pode ser resumido como segue:

- as imagens são segmentadas em diferentes níveis com distintos detalhes;
- a hierarquia de classe e a descrição da classificação são definidas;
- a imagem é classificada com base na hierarquia da classificação;
- sobre a imagem segmentada é realizada a classificação;
- a exatidão temática da classificação é analisada.

Segundo Hoffmann (2000) o *eCognition* baseia-se na Aproximação da Evolução da Rede Fractal (*Fractal Net Evolution Approach*), adotando uma rede semântica para otimizar os objetos segmentados. Conforme Antunes (2003) uma rede semântica representa uma estrutura lógica que relaciona os objetos ou classes de acordo com os seus significados e relações. As redes semânticas são consideradas uma das primeiras formas de representação do conhecimento em inteligência artificial.



**Figura 6** - Análise de dados de SR baseada em regiões. (Adaptada de Schiewe e Tufte, 2002).

O *eCognition* utiliza a Segmentação Multi-resolução, um novo conceito que realiza a fusão de regiões (*region-merging*) que funciona da base para cima (*bottom-up*), onde os setores da imagem são agrupados par a par. Inicialmente, um *pixel* individual é sinônimo de um objeto da imagem ou de uma região. Nos passos seguintes, pequenos objetos da imagem são agregados gerando outros maiores. Em cada passo o par adjacente do objeto da imagem é fundido segundo um patamar de crescimento definido para a heterogeneidade. O processo ocorre segundo um critério de homogeneidade, descrevendo a semelhança dos objetos vizinhos (Hofmann, 2001).



A decisão de agrupar um *pixel*, ou não, será tomada por meio do Grau de Homogeneidade (GH). Os *pixels* (ou objetos) são associados se o GH calculado for inferior ao Parâmetro Escalar (Fonseca, 2002). O Parâmetro Escalar determina a máxima heterogeneidade dos objetos e influência o tamanho desses (*Definiens*, 2002). O uso de Parâmetros Escalar diferentes determina distintos níveis de segmentação, cujos objetos de um nível superior são subdivididos em objetos de um nível inferior, ou objetos de um nível inferior são associados em objetos do nível superior.

Segundo *Definiens* (2002) as diferentes formas de segmentação no *eCognition* podem ser utilizadas para construir uma rede hierárquica de objetos na imagem, os quais podem representar, simultaneamente, imagens com diferentes resoluções espaciais. Conforme Hofmann (2001) os objetos na imagem são estruturados em rede e deste modo cada objeto “conhece” os seus vizinhos e subobjetos (**Figura 7**).

A rede hierárquica de classes representa a base do conhecimento para que cada classe, definida através de funções e propriedades dos objetos, seja associada a atributos do “mundo real” (*Definiens*, 2002).

O processamento de imagem orientado ao objeto baseia-se em sistema de classificadores *fuzzy*. A lógica *fuzzy* é uma aproximação matemática para quantificar declarações incertas. Para Burrough e McDonnell (1998) essa lógica é indicada sempre que for necessário trabalhar com ambigüidade e abstração em modelos matemáticos ou conceituais nos quais, por distintas razões não há ou não se podem definir limites rígidos entre classes.



**Figura 7** - Rede hierárquica de objetos (Adaptada de *Definiens*, 2002).

Para realizar a classificação da imagem o *eCognition* possui os seguintes classificadores: Vizinho mais Próximo (*Nearest Neighbor*), Funções *Fuzzy* de Pertinência (*Fuzzy Membership Functions*) e a Manual.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens com alta resolução permitem uma análise mais detalhada, tanto para estudos de áreas com sensibilidade ambiental, como para monitorar e planejar cidades.

A correção geométrica das imagens é um processo essencial para obter informações com maior exatidão. Para correção das distorções nas imagens com alta resolução recomenda-se que sejam utilizados o Modelo Função Racional ou o Modelo Rigoroso.

No Brasil, poucas pesquisas avaliaram o método de classificação de imagens orientado ao objeto. Neste sentido, é importante analisar a funcionalidade desse método para a realidade das paisagens brasileiras.

Espera-se que pesquisas sejam realizadas para ampliar o conhecimento de novas metodologias para processar as imagens orbitais com alta resolução espacial. Desta forma, “desmistificar” estes dados para que eles possam ser utilizados por pesquisadores, governantes, planejadores, etc.

### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado do autor, no INPE com bolsa de estudos da CAPES. O autor agradece ao Dr. Hermann Johann Heidrich Kux pela tradução da literatura em Alemão. As imagens utilizadas neste texto foram disponibilizadas pela empresa INTERSAT.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANTUNES, A. F. B. (2003). Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial. 147 p. Tese (Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- BAUER, T.; STEINNOCHER, K. (2001). Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique. *Journal for Spatial Information and Decision Making*. n. 6/01, pp. 24 - 27.
- BLASCHKE, T.; STROBL, J. (2001). What’s wrong with pixels? Some recent developments interfacing Remote Sensing and GIS. *Journal for Spatial Information and Decision Making*. n. 6/01, p. 12-17.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, Oxford University Press. 333 p.
- DEFINIENS IMAGING. (2000) User Guide. eCognition , 468 p. Disponível em: <<http://www.definiens-imaging.com/down/ecognition>>. Acessado em: 10 mar. 2002.

- DIGITALGLOBE. (2003 a). QUICKBIRD Imagery Products – Products Guide. 54 p.  
Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acessado em: 9 abr. 2003.
- DIGITALGLOBE. (2003 b). QUICKBIRD Basic Stereo Pair - Product Guide.  
Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acessado em: 13 junh. 2003.
- FONSECA, A. M. (2002). Classificação da ocupação do solo urbano, utilizando Funções de Pertença, sobre uma imagem IKONOS da cidade de Lisboa. In: Conferência Nacional de Cartografia e Geodésia. Série Comunicação. Lisboa. 11 p.
- FORD, G.E.; ZANELLI, C. I. (1985). Analysis and quantification of errors in the geometric correction of satellite images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. v. 51, n.11. p. 1725-1734.
- GERLACH, F. (2002). Understanding Rational Polynomial Coefficients and image Geometric Models. Disponível em: <<http://www.imagingnotes.com>>. Acessado em: 25 jan.
- GONÇALVES, L. FONSECA, A.M.; CAETANO, M. (2001). Exploração de imagens de alta resolução do satélite IKONOS. In: VI Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica (ESIG 2001). Série Comunicação. Lisboa, 22 p.
- HOFFMANN, A. Neue Ansätze zur Auswertung und Klassifizierung von sehr hochauflösenden Daten: Methoden der Segmentierung, der hierarchischen Klassifizierung und der per-Parcel-Methode mit Daten der Digitalen Kamera HRSC-A und ihre Anwendbarkeit für die Aktualisierung topographischer Karten. Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt, Dissertation im Fach Geographie. 2000. 200 p.
- HOFFMANN, A; VEGT, J.W.V. New Sensor systems and new Classification Methods: Laser-and Digital Camera-data meet object-oriented strategies.

- Journal for Spatial Information and Decision Making, n. 6/01. p. 18-23, June 2001.
- HOFMANN, P. (2001). Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. Journal for Spatial Information and Decision Making. n. 6/01. p. 26 – 33.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. (2000). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc. 4<sup>th</sup> ed. 721 p.
- MOREIRA, M. A. (2001). Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. São José dos Campos: INPE, 250 p.
- OPENGIS CONSORTIUM – OGC. (1999). The OpenGIS™ Abstract Specification – Topic 7: The Earth Imagery Case. version 4. Disponível em: <<http://www.opengis.org/public/abstract/99-107.pdf>>. Acessado em: 7 agos. 2002.
- PETRIE, G. (2002) Optical imagery from airborne & spaceborne platforms, comparisons of resolution, coverage & geometry for a given ground pixel size. Disponível em: <<http://www.geoinformatic.com>> Acessado em: 2 jul. 2002.
- PINHEIRO, E. S. (2003). Imagens QUICKBIRD aplicadas à análise geográfica de um setor da Mata Atlântica: Projeto PRÓ-MATA. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos. 178p.
- SCHIEWE, J.; TUFTE, L. (2002). Integrative Auswertung von GIS – und Fernerkundung. In: Blaschke, Th. (ed.). Fernerkundung und GIS – Neue Sensoren – innovative Methoden, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, p. 42 – 52.
- SCHOWENGERDT, R. A. (1997). Remote Sensing: Models and methods for image processing academic press. New York. 2<sup>a</sup> ed. 522 p.

- SCHWARZ, M; STEINMEIER, C.; WASER, L. (2002). Detection of storm losses in alpine forest areas by different methodic approaches using high-resolution satellite data. Disponível em: <<http://www.definiens-imaging.com/down/ecognition>>. Acessado em: 6 jan. 2002.
- SPACE IMAGING. (2003). IKONOS imagery products and product guide. 2003. 24 p. Disponível em: <<http://www.spaceimaging.com>>. Acessado em: 8 jul. 2003.
- TANAKA, S; SUGIMURA, T. (2001). A new frontier of remote sensing from IKONOS images. *International Journal of Remote Sensing*, v. 22, n.1, p. 1 – 5.
- TAO, V.; Y, HU. (2001). A Comprehensive study of the Rational Function Model for photogrammetric processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.67, n. 12 p. 1347 – 1357.
- TOUTIN, TH.; CHENG, P. (2002). QUICKBIRD – A Milestone for high resolution mapping. *Earth Observation Magazine*, v. 11, n. 4. p. 14 –18.
- TOUTIN, TH.; CHENG, P. (2000). Demystification of IKONOS. *Earth Observation Magazine*, v. 9, n. 7, p 17-21.