

# VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota

Sexta Reunion Nacional  
SELPER-Mexico

*Latinoamérica Evaluada desde el Espacio*  
Puerto Vallarta, México

Memorias

Noviembre, 1995

**TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS APLICADAS À  
CARACTERIZAÇÃO DE CLASSES DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL EM  
REGIÃO DE CLIMA TEMPERADO ÚMIDO**

Carolina del Carmen Saiz  
Mário Valério Filho  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Avda. dos Astronautas 1758 - Cx. Postal 515 - (12.200)  
São José dos Campos - SP - Brasil  
Tel.: +55-123-256491 - Fax.: +55-123-256000  
E-mail: carolina@ltid.inpe.br

**RESUMO**

Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica através da utilização de técnicas de processamento de imagens digitais ("Transformação IHS" e "Segmentação"), para caracterizar o uso do solo e a cobertura vegetal, na região de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Dados TM/LANDSAT em formato digital foram processados digitalmente para a passagem de 10-01-94, através do Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM/INPE). Na composição colorida 4R5G3B, foi realizado o cálculo de parâmetros estatísticos, e equalizadas as médias da distribuição de níveis radiométricos de cada banda, em relação à da banda 5 (valores de níveis de cinza mais elevados). Uma vez equalizadas as médias, foi aplicada sobre a imagem a transformação IHS, e, na imagem transformada, foram testados três tratamentos: 1) aplicação de ampliação linear de contraste na banda "I", aumento de +32 no valor de *offset* na "S", deixando sem realce a "H"; 2) rotação de -60° no eixo de matiz na "H", e aplicação dos mesmos tratamentos nas bandas "I" e "S"; 3) rotação de +60° no valor de matiz na "H", e aplicação dos citados tratamentos nas demais. Posteriormente, foi realizada a segmentação, mediante o algoritmo "Crescimento de regiões", implementado no Sistema de Tratamento de Informações Georreferenciadas (SPRING/INPE), sendo testados vários limiares de área e de similaridade. A análise e interpretação dos produtos digitais gerados, permitiu concluir que a transformação IHS nos tratamentos 1 e 2, assim como a utilização dos valores de 8 para limiar de similaridade, e 10 para limiar de área, permitiram obter os produtos mais informativos, como subsídio à caracterização do uso do solo e cobertura vegetal na área de estudo.

**1. INTRODUÇÃO**

O sensoriamento remoto integrado à tecnologia de sistemas de informação geográfica, tem-se convertido em uma ferramenta de grande utilidade para a realização de pesquisas relacionadas com o monitoramento de recursos naturais. O tratamento de imagens digitais possibilita a manipulação de dados provenientes de produtos de sensoriamento remoto, para melhorar a qualidade visual das imagens e realizar análise das mesmas, com o intuito de extrair informações específicas.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a utilidade da aplicação das técnicas de processamento digital de imagens de satélite, especificamente as de *realce por Transformação Intensity, Hue, Saturation (IHS)* e de *segmentação*, como subsídio à interpretação visual de imagens, com o intuito de contribuir à caracterização do uso do solo e cobertura vegetal na área de Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina. A área de estudo compreende uma

## 2. ANTECEDENTES

Haydn *et al.* (1982), salientam a importância da disponibilidade de uma imagem orbital que possibilite ao fotointérprete a extração de informações específicas em forma clara e nítida, não somente baseado na análise das características espectrais, mas também em aspectos como textura, padrão, tamanho ou contexto. Para facilitar este tipo de análise, as imagens geradas pelos sensores remotos, baseadas nas cores primárias vermelho (R), verde (G) e azul (B), podem também ser representadas mediante três atributos percentualmente independentes: intensidade (*Intensity*, I), matiz (*Hue*, H) e saturação (*Saturation*, S), (Dutra e Meneses, 1987). Isso significa uma vantagem, já que os referidos atributos podem ser analisados e, em geral, manipulados em forma independente. Assim, no sistema IHS, "*Intensidade*" é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, sendo portanto responsável pela sensação de brilho dessa energia incidente sobre o olho humano. "*Matiz*" de um dado objeto, é a medida do comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo portanto a cor do objeto. "*Saturação*", ou "pureza", expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida; um valor alto de saturação vai resultar em uma cor espectralmente pura, no entanto um valor baixo, vai significar uma cor altamente influenciada pelo branco. Ambos espaços, IHS e RGB, são representados em forma gráfica mediante sistemas de coordenadas cilíndricas polares e cartesianas, respectivamente, como é mostrado na Figura 2. Esta técnica foi utilizada em diversos trabalhos, como os realizados por Dutra e Meneses (1987), Pinto (1991), Donzeli *et al.* (1992) e Watrin (1994).

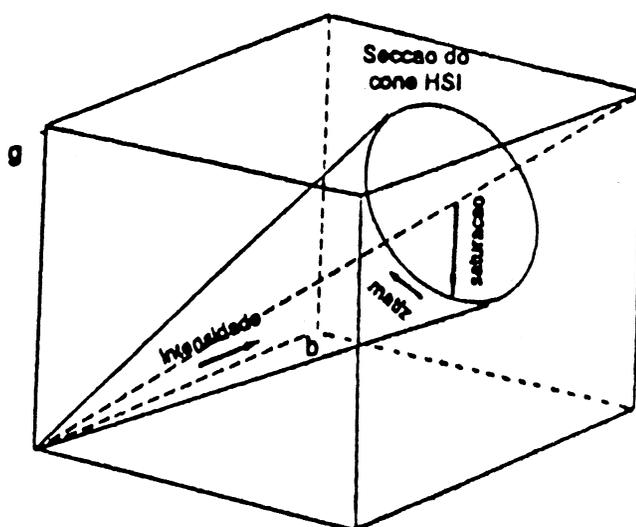


Fig. 2. Representação gráfica dos espaços RGB e IHS.

Entende-se por segmentação de uma imagem, a extração ou identificação dos objetos simples que correspondem, em geral, a linhas ou regiões (grupos de pontos conectados). A detecção das regiões pode ser feita de duas formas: através do agrupamento de pontos vizinhos com características semelhantes, ou através da determinação da fronteira (borda) da região (Mascarenhas e Velasco, 1989). As linhas podem corresponder a feições lineares como rios

superfície aproximada de 120 km<sup>2</sup>, entre as latitudes S 37° 26' 42" e S 37° 20' 14", e entre as longitudes W 59° 09' 55" e W 59° 03' 04". Está representada na carta topográfica produzida pelo Instituto Geográfico Militar Argentino: IGM/3760-29-4 - "Sierras del Tandil" - E=1:50000, (Figura 1). Consiste numa área serrana com uma altitude que oscila entre aproximadamente 200m e 500m sobre o nível do mar, de clima temperado úmido (segundo classificação de Köppen, corresponde ao tipo *Cfa*). A atividade econômica predominante é a agrícola-ganadera.

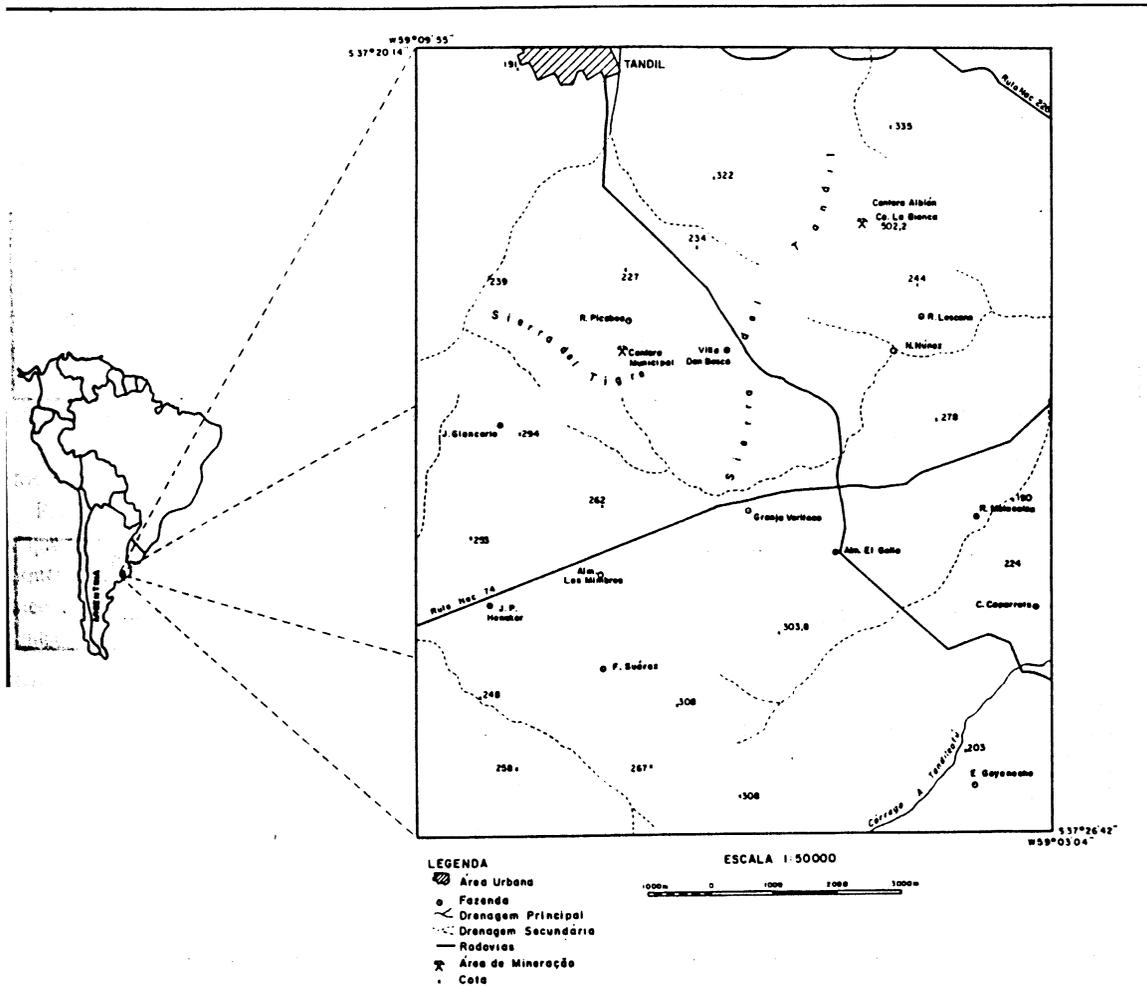


Fig. 1. Localização da área de estudo

ou estradas, no entanto as "regiões" podem corresponder a feições bidimensionais como plantações, áreas urbanas ou corpos d'água (Fonseca et al., 1990). Em geral os métodos de segmentação, têm permitido a obtenção de resultados satisfatórios no sentido de melhorar a exatidão de classificações realizadas a partir de produtos de sensoriamento remoto. Um exemplo é o trabalho de Ait Belaid *et al.* (1992), realizado sobre imagens SPOT, em duas áreas agrícolas localizadas no Marrocos e Canadá, caracterizadas por uma divisão intensiva da terra. Os resultados obtidos revelaram uma exatidão da classificação pós-segmentação de quase 90%, sendo 20% a mais da obtida sem ter-se submetido previamente a imagem à segmentação. Os autores acreditam que o principal motivo desse incremento pode ser atribuído ao uso de segmentos significativos bem precisos, ao efeito do agrupamento de pixels em unidades homogêneas, e à introdução de informação cartográfica.

### 3. DADOS

#### 3.1.- Materiais e equipamentos

##### Materiais

Imagem de satélite TM-LANDSAT5:

TM/LANDSAT Órbita/ponto	Data	Quadrante	Bandas	Qualidade de gravação		
				Ef.(%)*	ABCD*	Vis.*
- 225/86	10-01-94	B	2-3-4-5-7	10	0 0 0 0	7

\*Ef: cobertura efetiva  
 ABCD: quadrantes da imagem "full frame"  
 Vis.: visibilidade

Material cartográfico:

Cartografia	Identificação	Nome	Escala
- Carta topográfica	IGM/3760-29-2	"Sierras del Tandil"	1:50000

##### Equipamentos

- Sistemas de tratamento de imagens: SITIM/INPE e SPRING/INPE.
- Sistema projetor-amplificador de escala PROCOM-2.
- Câmara fotográfica profissional.

#### 3.2.- Metodologia

Foi realizado o tratamento da imagem digital, como auxílio à posterior interpretação visual. Foram utilizadas duas imagens em formato digital TM/LANDSAT, correspondentes à data 10-01-94.

De acordo com a metodologia aplicada por Watrin (1994), mediante a utilização do Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM/INPE) e a partir da composição original 4R5G3B da imagem, foi realizado um cálculo de parâmetros estatísticos (nas três bandas), e equalizadas as médias das distribuições de níveis radiométricos dos pixels das mesmas, em relação à media da banda 5 (a mais alta). Sobre essa imagem resultante da equalização, foi aplicada a transformação IHS, e, sobre a imagem resultante desta transformação, foram testados três procedimentos: no primeiro, foi aplicada uma ampliação linear de contraste na banda "I", e um aumento de *offset* num valor de +32 na banda "S", deixando sem realce a banda "H". No segundo, foi aplicada uma rotação de -60° no eixo de matiz na banda "H", e aplicados os

mesmos tratamentos nas outras duas bandas. No terceiro, foi praticada uma rotação de +60° no valor de matiz na banda "H", e realizados os citados tratamentos nas outras duas bandas.

Em ambiente SPRING/INPE, os dados TM-LANDSAT foram submetidos à aplicação de técnicas de processamento de imagens digitais, começando pelo registro "imagem x imagem" da imagem citada, com referência a uma passagem mais antiga (de 06-02-92, que por sua vez tinha sido submetida a correção geométrica com a base cartográfica). O georreferenciamento foi baseado em pares de pontos de controle tomados na referência e na imagem a ajustar, sendo que o mesmo é condição essencial para aplicar a segmentação. Foi realizada a segmentação nas duas imagens, mediante a aplicação do algoritmo "Crescimento de regiões", implementado no Sistema de Tratamento de Informações Georreferenciadas (SPRING/INPE). Foram testados vários limiares de área e de similaridade.

Assim, foram selecionados os produtos na forma de composições coloridas, e confeccionadas reproduções fotográficas em slides coloridos, os quais foram submetidos à análise e interpretação visual com o auxílio do sistema projetor-amplificador PROCOM-2, para a caracterização das classes de uso e cobertura vegetal, de acordo a um ajuste de escala com a base cartográfica a E=1:50000. O resultado da análise dos produtos é mostrado na Tabela 1. Na mesma é apresentada uma análise comparativa em 28 alvos selecionados, nos três produtos IHS praticados na imagem de 10-01-94, baseada nos elementos cor, padrão de textura e limites. Foram selecionados três alvos para cada unidade da legenda temática definida no mapa de uso do solo e cobertura vegetal, excepto para a classe "uso urbano", conforme (Tabela 1).

A análise da cor associada a cada classe de uso do solo e cobertura vegetal nas composições coloridas foi realizada segundo o método *ISCC-NBS-Centroid Color System* (Kelly and Judd, 1968), baseada em tabelas de cor padronizadas, sendo que cada cor é definida por um código que tem correspondência com o sistema Munsell. No presente trabalho, são adicionados os atributos de uniformidade (u) ou desuniformidade (d). Os códigos básicos, correspondentes a convenções de designação de cores nesse sistema, utilizados no presente trabalho são os seguintes: gB (azul esverdeado); B (azul); rO (laranja avermelhado); R (vermelho); rP (púrpura avermelhado); P (púrpura); gY (amarelo esverdeado); pB (azul púrpura); YG (amarelo verde); Y (amarelo); yG (verde amarelado); O (laranja); yPk (rosa amarelado); bG (verde azulado); V (roxo) e rBr (marrom avermelhado).

A análise de padrões de textura foi realizado de acordo com Serra Filho *et al.* (1974), tendo em conta os conceitos de: textura fina (f), média (m) e grossa (g), adicionando-se os conceitos de lisa (l) e rugosa (r).

Por último, foram caracterizados os limites dos padrões de uso, de acordo com Valério Filho *et al.*, segundo um código que define o grau de nitidez ou clareza de definição do limite: Muito bem definido (1), Bem definido (2), Regularmente definido (3) e Mal definido ou difuso (4). Também foram definidas, as características: retilíneo (r), curvilíneo (c), indefinido (i) e definido em função da ocupação vizinha (f), adicionando-se as características de continuidade (con) ou descontinuidade (disc).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos testes de *segmentação* realizados segundo diferentes limiares de área e de similaridade, a utilização dos valores *default* (limiar de área = 10 e limiar de similaridade = 8), proporcionou os produtos mais satisfatórios. Esta técnica forneceu uma contribuição muito importante na distinção dos limites ("bordas"), entre diferentes unidades de uso do solo e cobertura vegetal, especialmente na área ao sul, onde o uso agropecuário é mais intenso. A principal contribuição deste tipo de processamento, tem sido na delimitação das unidades de uso do solo e cobertura vegetal na região de planícies agrícolas localizadas ao sul da área de estudo, onde as unidades estão mais nitidamente diferenciadas, sendo que na área serrana ao norte, menos diversificada em uso, o segmentador diferenciou com muito detalhe classes de uso que, na realidade, são análogas. Isto ocorre porque o segmentador está baseado na diferenciação de níveis radiométricos, e assim, a simples presença de sombras ou de diferenças na densidade de diferentes para cada situação descrita. cobertura de um mesmo tipo de uso, origina para ele classes diferentes. Na realidade, seria aconselhável utilizar limiares

Em relação aos tratamentos de *realce por Transformação IHS*, conforme apresentado na Tabela 1, verificam-se os efeitos das rotações na banda "H", sendo aplicada em todos os casos, a mesma tabela de aumento linear de contraste

Tabela 2. Produtos IHS: interpretação para caracterização do uso do solo e cobertura vegetal.

Cód./Categ.	Legenda	Alvo	Matiz predomi nante (ISCC-NBS)			Textura predominante			Aspectos predominantes dos limites (Código/Descrição)		
			IHS1	IHS2	IHS3	IHS1	IHS2	IHS3	IHS1	IHS2	IHS3
1. uso urbano			IHS1	IHS2	IHS3	IHS1	IHS2	IHS3	IHS1	IHS2	IHS3
			168.brill.gB (d)	129.v.yG (d)	169s.gB (d)	g-r	g-r	g-r	4.i-disc	4.i-disc	4.i-disc
2. rocha exposta queimada			174.d.gB (u)	129.v.YG (u)	174.d.gB (u)	f-l	f-l	f-l	3.f-disc	4.f-disc	3.c-disc
			177.brill.B (u)	131.s.YG (u)	177.brill.B (u)	f-l	f-l	f-l	2.c-cont	2.c-cont	3.c-disc
			38.d.rO (u)	169.s.gB (u)	37.m.rO (u)	f-l	f-l	f-l	3.i-disc	3.i-disc	3.i-disc
3. vegetação natural			11.v.Red (u)	94.v.pB (u)	34.v.rO (u)	f-l	f-l	f-l	2.c-disc	4.i-disc	2.i-cont
			14.v.deep Red (u)	201.d.pB (u)	44.d.rBr (u)	f-l	f-l	f-l	1.i-disc	2.i-disc	2.i-disc
			13. deep Red (d)	194.v.pB (d)	36.deep.rO (d)	m-r	m-r	m-r	4.c-disc	2.I-cont	4.i-disc
4.reflores-tamento			17.v.deep Red (d)	197.deep pB (u)	41.deep.rB (d)	m-r	m-r	m-r	1.c-cont	1.c-cont	2.c-cont
			17.v.deep Red (d)	219.deep P (d)	36.deep.rO (d)	m-r	m-r	m-r	2.c-cont	3.c-cont	3.c-cont
			13.v.deep Red (d)	197.deep pB (d)	41.deep.r.Br (d)	m-r	m-r	m-r	4.i-cont	4.i-disc	4.i-disc
5. milho			237.s.rP (u)	178.s.Blue (u)	35.s.rO (u)	f-l	f-l	f-l	3.i-cont	3.c-disc	3.c-disc
			237.s.rP (u)	177.brill.B (u)	35.s.rO (u)	f-l	f-l	f-l	1.r-cont	1.r-cont	1.r-cont
			13. deep R (u)	178.s.Blue (d)	51.deep.O (d)	m-l	f-l	f-l	1.i-cont	1.c-cont	1.c-cont
6. trigo			224.dP (u)	179.deep B (u)	40.s.rBr (u)	f-l	f-l	f-l	1.r-cont	1.r-cont	1.r-cont
			223.mP (d)	177.brill.B (d)	34.v.rO (d)	f-r	m-r	f-r	1.i-cont	1.c-cont	1.i-con
			224.dP (u)	178.s.Blue (d)	36.deep.rO (d)	f-l	f-l	f-l	1.c-cont	1.c-cont	1.c-cont
7. girasol/soja			34.v.rO (u)	223.m.P (u)	84.s.Y (d)	f-r	f-l	f-r	2.c-disc	3.c-disc	4.i-disc
			99.s.gY (u)	52.I.O (u)	116.brill.YG (u)	f-l	f-l	f-l	2.r-cont	2.r-cont	2.r-cont
			196.s.pB (u)	139.v.G (d)	208.deep.Y (u)	f-l	f-l	f-l	2.f-cont	3.i-cont	3.c-disc
8. pasto sujo			117.s.yG (d)	117.s.YG (d)	159.brill.bG (d)	m-r	m-r	m-r	3.f-disc	3.f-disc	3.f-disc
			116.brill.YG (d)	83.brill.Y (d)	130.brill.yG (d)	f-l	m-r	m-r	3.f-cont	2.f-cont	2.f-cont
			115.v.YG (d)	98.brill.gY (d)	130.brill.yG (d)	m-r	m-r	m-l	3.f-cont	2.f-cont	3.f-disc
9. pasto limpo			83.brill.Y (d)	26.s.yPink (d)	116.brill.YG (d)	m-r	m-r	m-r	3.f-cont	3.f-cont	3.f-disc
			83.brill.Y (d)	26.s.yPink (d)	116.brill.YG (d)	m-r	m-r	m-r	2.c-cont	3.i-disc	4.f-disc
			98.brill.gY (d)	28.LyPink (d)	130.brill.yG (d)	m-r	m-r	m-r	2.f-disc	2.f-cont	3.f-disc
10. pastagem implantada			134.v.lyG (u)	119.lyG (u)	168.brill.gB (u)	f-l	f-l	f-l	3.c-cont	2.c-cont	3.c-disc
			84.s.Y (d)	35.s.rO (d)	115.v.YG (d)	m-l	f-l	m-r	3.r-cont	3.f-cont	4.r-disc
			119.lyG (d)	28.LyPink (d)	130.brill.yG (d)	f-l	f-l	f-r	3.r-cont	2.r-cont	2.f-disc

na banda "I" e o mesmo aumento de *offset* na banda "S" (+32). Segundo Watrin (1994), as rotações de matiz no sentido positivo ou negativo, criam cores secundárias respectivamente no vermelho e no azul. No caso do IHS-2 (rotação de -60°, em direção ao azul), efetivamente nota-se uma acentuação das tonalidades no azul, especialmente nas classes de códigos: 3, 4, 5 e 6 (em que os tons originais -no IHS-1- eram basicamente avermelhados), mas não sendo evidente esta situação nas classes 1, 2, 7, 8, 9, e 10, em que os tons originais eram basicamente verde e azul. Por outra parte, no tratamento IHS-3 (rotação de +60°, em direção ao verde), nota-se uma acentuação das tonalidades no vermelho, especialmente nas classes de 3, 4, 5, e 6, não sendo tão evidente nas restantes.

Por outro lado, como pode-se observar na mesma tabela, a aplicação das rotações não provocou variação significativa nos dados de textura, e não melhorou significativamente a definição dos limites entre as classes de uso, sendo que, especialmente nas classes 2, 7, 8, 9 e 10, a qualidade de definição diminuiu.

Assim, pode-se deduzir que nos casos em que foi praticada uma rotação positiva ou negativa, quando utilizados simultaneamente os produtos de ambas rotações, permitem uma melhor diferenciação de determinados alvos, como os das classes 2, 3, 4, 5 e 6, mas não permitem melhorar a diferenciação entre si de alvos muito semelhantes (como os correspondentes às classes 8, 9 e 10).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correção geométrica e o registro ofereceram às imagens um referencial geográfico compatível com a cartografia base utilizada. A técnica de *segmentação*, permitiu a melhor delimitação das unidades de uso do solo e cobertura vegetal, na planície agrícola localizada ao sul da área de estudo.

A técnica de *realce por Transformação IHS*, permitiu obter vantagem da manipulação de atributos espectrais de objetos da superfície terrestre, gerando um realce mais favorável à qualidade visual das imagens, para a determinação de alvos específicos (como os correspondentes a culturas anuais de trigo, milho, e girassol, e as áreas de vegetação natural).

Finalmente, a utilização de técnicas de processamento de imagens digitais, tem demonstrado oferecer uma contribuição importante para estudos de caracterização de classes de uso do solo e cobertura vegetal, com o objetivo de constituir uma base para o planejamento ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS

- Ait Belaid, M. and G. Edwards, (1992), Post-segmentation classification of images containing small agricultural fields, *Geocarto International*, 3, 53-60
- Crósta, A. (1992). Processamento digital de imagens. Editado em 1992 por UNICAMP.
- Donzeli, P.; M. Valério Filho; S. Pinto; F. Nogueira; C. Rotta e F. Lombardi Neto, (1992), Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas, Instituto Agronômico de Campinas, *Documentos IAC*.
- Dutra, L. e P. Meneses, (1987), Realce de cores em imagens de sensoriamento remoto utilizando rotação de matiz no espaço IHS, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, *Publicações Internas*.
- Fonseca, L. e L. Sant'Anna Bins, (1990), Um sistema de segmentação baseado em conhecimento para imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Manaus, Brasil, 24-29 jun., 1990. *Anais*. São José dos Campos, INPE, 1990, v. 1, p. 197-200.
- Haydn, R., G. Dalke, J. Henkel e J. Bare, (1982), Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement, In: International Symposium on Remote Sensing of the Environment: Remote Sensing of the Arid and Semi-Arid Lands. Cairo, Jan, 1982. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1982, p. 559-616.
- Kelly, K. and D. Judd (1968). ISCC-NBS centroi color system. In: Manual of color aerial photography. Virginia, Falls Church.
- Mascarenhas, N. e F. Velasco, (1989), Processamento digital de imagens. Editado em 1989 por Kapelus.

- Kelly, K. and D. Judd (1968). ISCC-NBS centroi color system. In: Manual of color aerial photography. Virginia, Falls Church.
- Mascarenhas, N. e F. Velasco, (1989), Processamento digital de imagens. Editado em 1989 por Kapelusz.
- Pinto, S., (1991), Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica, tese doutorado em Ciências/Geografia Física, Universidade de São Paulo (USP).
- Serra Filho, R.; A.C. Cavalli, e J. Guiliammot (1974). Levantamento da cobertura vegetal natural e reflorestamento no Estado de São Paulo, Instituto Florestal, *Boletim Técnico*.
- Valério Filho, M, P. Donzeli, S. Pinto e F. Nogueira, (1987), Utilização de imagens TM/LANDSAT na caracterização de degradação do solo. In: Simpósio Nacional de Controle de :Erosão, 4., Marília (SP), Brasil, fev. 15-19, 1987. Anais. São Paulo, ABGE, 1987. p. 73-91.
- Watrin, O. (1994). Techniques of IHS transformation in the characterization of spectral features of agricultural landscape in Eastern Amazonia. In: ISPRS Symposium, Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 26-30, 1994. Proceedings. São José dos Campos, INPE, 1994, v.30, part. 7b, p. 173-181.