

AVALIAÇÃO DE DIFERENÇAS RADIOMÉTRICAS DOS PRODUTOS DISPONIBILIZADOS PELA DGI/INPE

JOÃO CARLOS ALVES MOREIRA
NELSON FERNANDO MENDEZ CORREA
FLÁVIO JORGE PONZONI

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 01 - 12630-000 – Cachoeira Paulista- SP, Brasil
nelson@dgi.inpe.br jcarlos@dgi.inpe.br flavio@ltid.inpe.br

Abstract. The Divisão de Geração de Imagens of the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, located in Cachoeira Paulista, SP, Brazil, has produced satellite images according different radiometric and geometric correction levels. The objective of this work was to evaluate the influence of these different correction levels applied to TM and ETM+ Landsat images over their digital number values (DN), considering some specific targets selected from two scenes. One of these scenes was related to the Salar de Uyuni surface and the other one was related to the Rio de Janeiro city region, including part of the ocean, Atlantic Forest and pasture areas. The DN values of different targets were extracted from the corrected and the non-corrected images. Statistical procedures were applied in order to detect significant differences between the correction levels. Significant differences were verified mainly between the non-corrected data and the corrected ones. The target brightness seems to influence the size of these differences.

Keywords: remote sensing, image generation, radiometric and geometric corrections.

1. Resumo

A Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, localizada em Cachoeira Paulista –SP, disponibiliza para a comunidade de usuários imagens orbitais com níveis de correções radiométrica e geométrica diferenciados. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto destas correções aplicadas aos produtos dos sensores TM e ETM+ dos satélites LANDSAT-5 e LANDSAT-7, respectivamente sobre os valores de brilho de objetos predefinidos, existentes na superfície de duas regiões compostas por paisagens bastante distintas sob o ponto de vista espectral. Uma das imagens era composta por uma superfície bastante homogênea referente ao Salar de Uyuni, Bolívia e a outra incluía a área urbana da cidade do Rio de Janeiro, parte da planície litorânea e da região serrana do estado do Rio de Janeiro onde foram extraídos valores de brilho nos diferentes níveis de correções e bandas espectrais de diferentes objetos sobre os quais foram aplicados testes estatísticos com o objetivo de identificar a existência de diferenças significativas entre valores médios de níveis de cinza desses mesmos objetos nos diferentes níveis de correção. Foram observadas diferenças significativas entre valores de número digitais médios de diferentes classes de objetos entre os diferentes níveis de correção, sendo estas diferenças mais marcantes entre os produtos sem qualquer correção e aqueles com alguma correção (geométrica e/ou radiométrica). A magnitude das diferenças foi dependente do nível de brilho (claro ou escuro) do objeto analisado.

2. Introdução

As técnicas de Sensoriamento Remoto foram exploradas inicialmente na elaboração de mapas temáticos, considerando as imagens como fotografias aéreas. Posteriormente, percebeu-se que suas riquezas espectrais e radiométrica possibilitariam a exploração de abordagens mais quantitativas, o que obrigou a comunidade de usuários a conhecer com maior profundidade as questões radiométricas intrínsecas aos dados remotamente coletados. Atualmente, não basta somente gerar imagens com boa qualidade visual, mas é necessário fornecer aos usuários informações sobre as diferenças radiométricas dos dados, pois através deles, características

dos objetos podem ser quantificadas mediante o estabelecimento de correlações. Dependendo da utilização a que se destinam tais imagens, esses diferentes níveis de correção podem interferir nas características radiométricas dos dados, o que por sua vez pode trazer conseqüências na sua interpretação por parte da comunidade de usuários. Essas conseqüências tornam-se ainda mais dramáticas quando se pretende valer de abordagens quantitativas, nas quais, os números digitais contidos nas imagens são transformados em valores físicos de radiância ou refletância e estes, por sua vez, são correlacionados com parâmetros geofísicos e/ou biofísicos de diferentes recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o impacto destas correções aplicadas aos produtos dos sensores TM e ETM+ dos satélites LANDSAT-5 e LANDSAT-7 respectivamente sobre os valores de brilho de objetos predefinidos existentes na superfície de duas regiões compostas por paisagens bastante distintas sob o ponto de vista espectral. Uma das imagens é composta por uma superfície bastante homogênea localizada no Salar de Uyuni, Bolívia e a outra incluía a área urbana da cidade do Rio de Janeiro, parte da planície litorânea e da região serrana do estado do Rio de Janeiro onde foram extraídos valores de brilho nos diferentes níveis de correções e bandas espectrais destes objetos.

2.1 Correção Radiométrica

O objetivo principal da aplicação de correções radiométricas é reduzir a influência de inconsistências ou erros nos valores de brilho da imagem que poderiam limitar a habilidade do pesquisador para interpretar ou processar quantitativamente e analisar as imagens de sensoriamento remoto. São cinco as principais razões ou objetivos para a aplicação de correções radiométricas aos dados digitais disponibilizados sob forma de imagens; quatro das quais pertinentes à obtenção de consistência no brilho relativo da imagem e outra que envolve a quantificação absoluta do valor do brilho. A correspondência relativa de magnitude de brilho na imagem poderá ser desejável para pixels nas seguintes situações: dentro de uma imagem; (ex. segmento de órbita ou quadro de imagem); entre imagens (ex. imagens adjacentes; imagens com sobreposição ou *overlap*); entre bandas de imagens espectrais e entre imagens de datas diferentes. (Stow, 2000)

2.2 Correção Geométrica

Imagens digitais captadas pelos sensores embarcados em aeronaves e/ou satélites são afetadas por erros geométricos sistemáticos e não sistemáticos. Alguns destes erros podem ser corrigidos pelo uso das efemérides da plataforma e pelo conhecimento das características de distorção interna do sensor. Outros erros poderão somente ser corrigido pela coincidência das coordenadas imagens coluna e linha de elementos da superfície, com as correspondentes coordenadas geográficas coletadas de um mapa ou um sistema de posicionamento global. Os erros geométricos podem ser corrigidos pelo uso das características do sensor e dados de efemérides que incluem: *Scan skew*, variação da velocidade do espelho, distorção panorâmica, velocidade da plataforma e geometria da perspectiva. Erros que podem ser corrigidos pelo uso de pontos de controle terrestre incluem o *roll*, *pitch* e *yaw* da plataforma ou variação de altitude. (Berstein, 1983)

3. Níveis de correção adotados pela DGI/INPE

Os níveis de correção aplicados aos dados do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT-5 e no instrumento Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) do satélite LANDSAT-7 são:

Nível 0 - Imagem sem correção, tanto radiométrica como geométrica, denominada comumente de “RAW”, em formato EOSAT CEOS;

Nível 1 - Imagem com calibração radiométrica aplicada, em formato EOSAT CEOS;

Sistematicamente Corrigida - Imagem com calibrações radiométrica e geométrica aplicadas através das efemérides e dados de calibração do sistema em formato EOSAT FAST ou GeoTiff. Produto Padrão LANDSAT-5, contendo todas as bandas espectrais inteiras, orientadas pela direção do satélite, com *datum* geodésico SAD69, com correção geométrica por convolução cúbica, com correção da elevação do terreno por Coarse DEM e projeção cartográfica UTM.

Nível 0 - Imagem sem correção, tanto radiométrica como geométrica, denominada comumente de “RAW”, em formato HDF;

Nível 1R - Imagem com calibração radiométrica aplicada, em formato HDF;

Nível 1G - Imagem com calibração radiométrica e geométrica aplicada, denominada de Imagem com correções do sistema, em formato FAST-L7A ou GeoTiff. Produto Padrão LANDSAT-7, contendo todas as bandas espectrais inteiras, orientadas pela direção do satélite, com *datum* geodésico SAD69, com correção geométrica por convolução cúbica, com correção da elevação do terreno por Coarse DEM e projeção cartográfica UTM

4. Extração de informações das imagens

O início da utilização de dados orbitais no Brasil e no exterior foi marcado pela elaboração de mapas temáticos a partir da interpretação visual ou pela classificação digital de imagens orbitais. Tanto na aplicação da interpretação visual quanto na classificação digital, a identificação de temas é fundamentada na distinção de níveis de cinza em diferentes faixas do espectro eletromagnético, a qual, por sua vez, é oriunda do processo de reflexão da radiação eletromagnética que assume caráter particular e dependente das características físico-químicas dos objetos representativos dos temas a serem mapeados (Ponzoni e Disperati, 1995).

Diante do aumento do conhecimento sobre as relações entre os parâmetros bio-geofísicos e os parâmetros radiométricos disponibilizados por sensores orbitais, após essa etapa marcada fortemente pelos mapeamentos temáticos foi iniciada outra fase da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, na qual a fidelidade radiométrica dos dados orbitais passou a constituir um foco de grande interesse aos pesquisadores e usuários dessas técnicas no estudo dos recursos naturais (Silva e Ponzoni, 1995). Na primeira oportunidade então havia a extração de informações qualitativas dos dados radiométricos, enquanto que na segunda oportunidade, informações quantitativas passaram a serem extraídas, uma vez que as correlações exploradas serviam para estimar quantidades de parâmetros bio-geo-físicos a partir de dados radiométricos. Essas estimativas constituem hoje o principal foco da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, obrigando os pesquisadores e demais usuários dessas técnicas a conhecerem com profundidade a natureza radiométrica dos dados com os quais se pretende trabalhar.

4.1 Áreas de estudo

Foram selecionadas duas áreas de estudo, sendo que uma delas incluía a área urbana do Rio de Janeiro, parte da planície litorânea e parte da região serrana do Estado do Rio de Janeiro composta por áreas de vegetação, pastagem, urbana e água (**Figura 1a**).

A outra área de estudo, compreendia a superfície do Salar de Uyuni, localizado na Bolívia, que é uma região composta por uma superfície bastante homogênea espectralmente e distinta da primeira (**Figura 1b**).

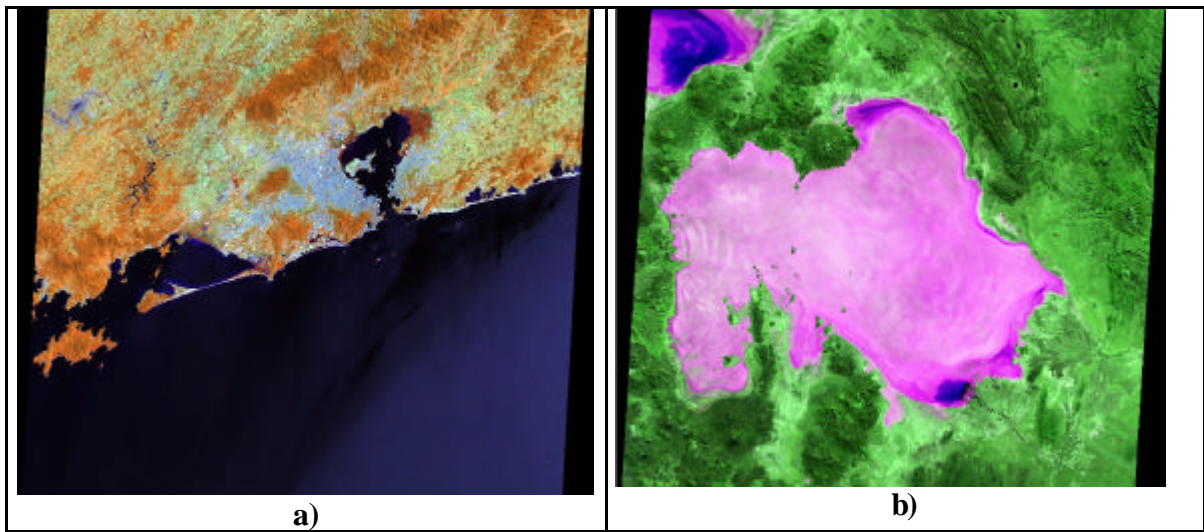


Figura 1- Áreas de estudo

Para o estudo em questão, foram utilizadas imagens dos sensores TM e ETM+ dos satélites da série LANDSAT, tanto para a área localizada no Rio de Janeiro, quanto para a do Salar de Uyuni. A cena do Rio de Janeiro referia-se à passagem 217/76, com data de passagem de 10/01/1997 para o sensor TM do LANDSAT-5 e 28/10/2001 para o sensor ETM+ do LANDSAT-7. Já o Salar de Uyuni referia-se à passagem 233/74, com data de passagem de 09/06/1999 para o sensor TM do LANDSAT-5 e 25/06/2002 para o sensor ETM+ do LANDSAT-7. As duas cenas foram disponibilizadas nos níveis de correção *NO*, *NI* e *SC* para LANDSAT-5 e *OR* e *IG* para LANDSAT-7 respectivamente.

4.2 Seleção de temas

Procurou-se identificar alvos homogêneos espectralmente contidos em ambas as áreas de estudo. Para a cena referente ao Rio de Janeiro, foram identificadas quatro classes e somente uma classe para a área do Salar de Uyuni. Na cena do Rio de Janeiro foram então definidas as seguintes classes: ÁREA URBANA, PASTAGEM, VEGETAÇÃO e ÁGUA; enquanto que a classe considerada na cena do Salar de Uyuni foi a sua própria superfície. Estas classes foram determinadas mediante um critério de intensidade de brilho conforme mostrado na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Critério de determinação das classes em cada cena.

<i>CLASSES</i>	<i>BRILHO</i>
SALAR	CLAROS
URBANA	INTERMEDIÁRIOS
PASTAGEM	
VEGETAÇÃO	
AGUA	ESCUROS

4.3 Seleção de pontos

Foi adotada uma estratégia de seleção de pontos amostrais com o objetivo de avaliar a existência de diferença significativa entre valores de brilho de objetos homólogos nas imagens geradas nos diferentes níveis de correção. Foram extraídos das imagens de todas as bandas espectrais valores de números digitais de trinta pontos selecionados arbitrariamente para cada uma das classes mencionadas na passagem do Rio de Janeiro e quarenta pontos por nível de tratamento e por banda na imagem do Salar de Uyuni.

Foram gerados bancos de dados no aplicativo SPRING para cada nível de correção mencionado anteriormente, para cada um dos produtos TM e ETM+ em cada uma das classes e bandas espectrais. Através de funções específicas do aplicativo SPRING, foram elaboradas composições coloridas compostas pelas imagens das bandas 3B, 4R, 5G, sobre as quais foram

aplicados contrastes lineares com o objetivo de melhor visualizar os objetos homólogos nas imagens dos diferentes níveis de correção. Uma vez selecionado um objeto/ponto na imagem, era extraído o valor do número digital em cada uma das bandas espectrais. Esses valores de números digitais foram transportados para uma planilha eletrônica e organizados de forma a permitir a aplicação de cálculos estatísticos que incluíram a aplicação da Análise de Variância ao nível de 5% de probabilidade, considerando como tratamentos os diferentes níveis de correção. Quando da ocorrência de diferenças significativas entre as médias dos 30 e 40 pontos amostrados em cada classe, seguiu-se a aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade para identificação dos contrastes significativamente diferentes.

5. Resultados e discussão

A **Tabela 2** e a **Tabela 3** apresentam os resultados da aplicação do teste de Tukey e da Análise de Variância a 5% de probabilidade para as comparações entre médias da cena do Salar de Uyuni para as imagens dos sensores TM e ETM+, respectivamente.

Tabela 2 – Resultado da aplicação do teste de Tukey e da ANOVA a 5% de probabilidade

<i>Bandas</i>	<i>Níveis</i>	<i>Médias</i>
1	<i>SC</i>	255 a
	<i>NI</i>	255 a
	<i>NO</i>	255 a
2	<i>SC</i>	158,3 a
	<i>NI</i>	157,6 a
	<i>NO</i>	143,1 b
3	<i>SC</i>	214,8 a
	<i>NO</i>	173,3 b
	<i>NI</i>	155,3 c
4	<i>NI</i>	154,8 a
	<i>SC</i>	154,4 a
	<i>NO</i>	144,1 b
5	<i>NI</i>	108,7 a
	<i>SC</i>	108,6 a
	<i>NO</i>	92,7 b
6	<i>NI</i>	80,2 a
	<i>SC</i>	80,2 a
	<i>NO</i>	72,4 b
7	<i>SC</i>	52,1 a
	<i>NI</i>	47,3 b
	<i>NO</i>	37,9 c

Considerando primeiramente as comparações das imagens do sensor TM (**Tabela 2**), observou-se que em praticamente todas as regiões e espectrais, os níveis *SC* e *NI* apresentaram valores de ND significativamente semelhantes, enquanto os aqueles do nível *NO* apresentaram valores significativamente menores do que aqueles resultantes das correções geométricas e/ou radiométricas. Isso implica que para o caso de uma superfície relativamente homogênea espectralmente, ainda foram detectadas alterações significativas nos níveis de brilho em função da aplicação dos níveis de correção, sendo que essas diferenças foram frequentemente (ao longo do espectro eletromagnético) não significativas entre os níveis *SC* e *NI*. Destacam-se os valores saturados dos ND para a banda 1 do sensor TM, que impossibilitou qualquer conclusão nessa região espectral. Para o caso das comparações entre os dados do sensor ETM+, as diferenças não foram significativas somente para a banda 1, quase que repetindo os resultados alcançados para o sensor TM, nessa área de estudo. Apesar da identificação de diferenças significativas entre as médias na maioria das bandas espectrais, vale destacar a

diferença absoluta entre essas médias que ainda na maioria dos casos, foi muito pequena. As maiores diferenças foram verificadas nas imagens do sensor TM, nas quais o nível de correção *NO* resultou em médias sempre inferiores. As diferenças entre as médias dos níveis *SC* e *NI* foram pequenas, apesar de em alguns poucos casos terem sido significativamente diferentes.

Tabela 3 - Resultado da aplicação do teste de Tukey e da ANOVA a 5% de probabilidade

<i>Bandas</i>	<i>Níveis</i>	<i>Média</i>	ANOVA
1	<i>IG</i>	211,40	
	<i>OR</i>	206,30	NS
2	<i>IG</i>	188,85	
	<i>OR</i>	184,32	S
3	<i>IG</i>	213,15	
	<i>OR</i>	208,32	S
4	<i>IG</i>	148,50	
	<i>OR</i>	145,50	S
5	<i>OR</i>	119,82	
	<i>IG</i>	117,07	S
7	<i>OR</i>	72,22	
	<i>IG</i>	66,82	S
8	<i>OR</i>	180,87	
	<i>IG</i>	178,07	S

Menores diferenças, apesar de significativas em praticamente todos os casos, foram verificadas nas comparações com os dados do sensor ETM+ (**Tabela 3**) cabendo portanto uma reflexão por parte do usuário sobre a validade ou não de se levar em consideração a significância dessas diferenças para aplicações específicas.

A **Tabela 4** apresenta os resultados da aplicação do teste de Tukey e da ANOVA a 5% de probabilidade alcançados para o sensor TM e para a área do Rio de Janeiro.

Observa-se que similarmente ao que foi verificado com os dados da cena do Salar de Uyuni, o nível de correção *NO* foi aquele que apresentou os menores valores das médias, agora em objetos distintos espectralmente e ainda foram freqüentes diferenças não significativas entre as médias dos níveis *NI* e *SC* ao longo do espectro eletromagnético para a grande maioria dos objetos estudados (Área urbana, Pastagem, Vegetação e Água). Destacam-se a freqüente inversão dos valores dos níveis *NI* e *SC* (maior e menor) para os objetos Área urbana/ Pastagem e Vegetação/ Água. Para o primeiro par de objetos, as médias dos níveis *NI* foram relativamente maiores do que as do nível *SC*, apesar de não terem sido consideradas significativamente diferentes. Para o segundo par de objetos, houve uma inversão, com as médias do nível *SC* sendo freqüentemente maiores do que as do nível *NI*, indicando que os valores assumidos pelos níveis de cinza quando da aplicação da correção geométrica e/ou radiométrica é dependente do tipo de objeto, ou seja, da radiância refletida do alvo.

Tabela 4 – Resultados do teste de Tukey e da ANOVA a 5% de probabilidade

<i>Bandas</i>	<i>Urbana</i>		<i>Pastagem</i>		<i>Vegetação</i>		<i>Água</i>	
	Níveis	Médias	Níveis	Médias	Níveis	Médias	Níveis	Médias
1	<i>NI</i>	117,3 a	<i>NI</i>	91,8 a	<i>SC</i>	76,2 a	<i>SC</i>	79,6 a
	<i>SC</i>	107,7 a	<i>SC</i>	87,8 b	<i>NI</i>	74,9 a	<i>NI</i>	78,8 a
	<i>N0</i>	96,6 b	<i>N0</i>	74,2 c	<i>N0</i>	59,8 b	<i>N0</i>	63,2 b
2	<i>NI</i>	50,9 a	<i>NI</i>	39,7 a	<i>SC</i>	28,3 a	<i>SC</i>	24,5 a
	<i>SC</i>	44,8 b	<i>SC</i>	38,0 a	<i>NI</i>	27,8 a	<i>NI</i>	24,1 a
	<i>N0</i>	44,4 b	<i>N0</i>	34,4 b	<i>N0</i>	23,7 b	<i>N0</i>	20,4 b
3	<i>NI</i>	63,4 a	<i>NI</i>	39,9 a	<i>SC</i>	24,6 a	<i>SC</i>	20,7 a
	<i>SC</i>	52,8 b	<i>SC</i>	37,0 b	<i>NI</i>	23,6 a	<i>NI</i>	20,2 a
	<i>N0</i>	51,1 b	<i>N0</i>	32,1 c	<i>N0</i>	19,3 b	<i>N0</i>	16,7 b
4	<i>NI</i>	63,5 a	<i>NI</i>	92,2 a	<i>SC</i>	84,5 a	<i>SC</i>	11,5 a
	<i>SC</i>	60,0 a	<i>SC</i>	91,0 ab	<i>NI</i>	81,2 a	<i>NI</i>	11,1 a
	<i>N0</i>	58,4 a	<i>N0</i>	84,2 b	<i>N0</i>	74,1 a	<i>N0</i>	10,0 a
5	<i>NI</i>	97,0 a	<i>NI</i>	89,0 a	<i>SC</i>	60,2 a	<i>SC</i>	9,3 a
	<i>N0</i>	86,0 ab	<i>SC</i>	81,6 b	<i>NI</i>	59,0 ab	<i>NI</i>	8,6 a
	<i>SC</i>	85,3 b	<i>N0</i>	78,3 b	<i>N0</i>	51,6 b	<i>N0</i>	7,5 a
6	<i>SC</i>	124,5 a	<i>SC</i>	123,4 a	<i>NI</i>	124,5 a	<i>NI</i>	121,5 a
	<i>NI</i>	124,1 a	<i>NI</i>	120,1 b	<i>SC</i>	123,9 a	<i>SC</i>	121,0 a
	<i>N0</i>	118,7 a	<i>N0</i>	115,2 c	<i>N0</i>	119,1 b	<i>N0</i>	116,6 b
7	<i>NI</i>	54,3 a	<i>NI</i>	32,0 a	<i>SC</i>	19,0 a	<i>SC</i>	5,7 a
	<i>SC</i>	46,6 ab	<i>SC</i>	27,6 b	<i>NI</i>	18,8 a	<i>NI</i>	5,7 a
	<i>N0</i>	45,0 b	<i>N0</i>	26,5 b	<i>N0</i>	15,8 b	<i>N0</i>	5,4 a

Tabela 5 – Resultados da aplicação do teste de Tukey e da ANOVA a 5% de probabilidade

<i>Bandas</i>	<i>Urbana</i>		<i>Pastagem</i>		<i>Vegetação</i>		<i>Água</i>	
	Níveis	Médias	Níveis	Médias	Níveis	Médias	Níveis	Médias
1	<i>OR</i>	106,9	<i>OR</i>	85,0	<i>OR</i>	70,0	<i>OR</i>	84,9
	<i>IG</i>	108,1 ns	<i>IG</i>	82,0 ns	<i>IG</i>	65,6 s	<i>IG</i>	79,9 ns
2	<i>OR</i>	95,1	<i>OR</i>	74,5	<i>OR</i>	52,6	<i>OR</i>	55,1
	<i>IG</i>	94,2 ns	<i>IG</i>	71,9 s	<i>IG</i>	48,0 s	<i>IG</i>	49,0 s
3	<i>OR</i>	104,2	<i>OR</i>	72,5	<i>OR</i>	40,3	<i>OR</i>	43,8
	<i>IG</i>	104,5 ns	<i>IG</i>	69,1 ns	<i>IG</i>	35,0 s	<i>IG</i>	36,4 s
4	<i>OR</i>	77,5	<i>OR</i>	87,2	<i>OR</i>	83,6	<i>OR</i>	19,2
	<i>IG</i>	72,1 ns	<i>IG</i>	88,0 ns	<i>IG</i>	82,0 ns	<i>IG</i>	13,9 s
5	<i>OR</i>	131,2	<i>OR</i>	134,6	<i>OR</i>	74,0	<i>OR</i>	25,1
	<i>IG</i>	129,6 ns	<i>IG</i>	131,8 ns	<i>IG</i>	70,3 ns	<i>IG</i>	16,8 s
7	<i>OR</i>	108,9	<i>OR</i>	81,5	<i>OR</i>	38,6	<i>OR</i>	23,5
	<i>IG</i>	108,0 ns	<i>IG</i>	76,1 ns	<i>IG</i>	32,5 s	<i>IG</i>	15,3 s
8	<i>OR</i>	75,5	<i>OR</i>	69,5	<i>OR</i>	57,7	<i>OR</i>	26,1
	<i>IG</i>	73,0 ns	<i>IG</i>	68,5 ns	<i>IG</i>	55,9 ns	<i>IG</i>	21,6 s

A **Tabela 5** apresenta o resultado da aplicação da Análise de Variância a 5% de probabilidade para o sensor ETM+ e cena do Rio de Janeiro.

Verifica-se que a ocorrência de diferenças significativas torna-se mais freqüente à medida que o nível de brilho do objeto estudado tende a escurecer. Área urbana e Pastagem, apresentam valores de brilho relativamente maiores do que aqueles apresentados por Vegetação e Água, comprovando mais uma vez a dependência do nível de cinza ao efeito significativo ou não do nível de correção aplicado às imagens.

6. Conclusão

Os níveis de correção aplicados às imagens TM e ETM+ produzidas pela DGI/INPE interferem significativamente nos valores dos níveis digitais de temas específicos existentes na superfície terrestre. Verificou-se que a ocorrência de diferenças significativas torna-se mais freqüente à medida que o nível de brilho do objeto estudado tende a escurecer. A Área Urbana e Pastagem, apresentam valores de brilho relativamente maiores do que aqueles apresentados por Vegetação e Água, comprovando mais uma vez a dependência do nível de cinza ao efeito significativo ou não significativo do nível de correção aplicado às imagens.

7. Referências

- Ponzoni, F. J. ; Disperati, A. ; 1995. Comportamento Espectral da vegetação. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . 23 p., (INPE-5619-PUD/065).
- Silva, E. L. S. ; Ponzoni, F. J. 1995. Comparação entre a refletância hemisférica de folhas e a refletância bidirecional de um dossel. Revista *Árvore*, 19(4): 447-465.
- Cuellar, M. Z. ; 2001. Manual do Usuário da DGI, Versão 1.03; Cachoeira Paulista CES/INPE.
- Gomes F.P.; 1978. Curso de Estatística Experimental 8º Edição, USP. São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- Ramsey, R. D ; Department of Geography and Earth Resources, Utah State University Logan, Utah, USA.
- Stow, A.D ; Department of Geography, San Diego State University, San Diego, California, USA.