

Simulação de uma banda pancromática para o sensor TM (Landsat 5), utilizando filtro combinado de restauração e interpolação.

Giovanni de Araujo Boggione ¹
Érika Gonçalves Pires ¹
Patrícia Azevedo dos Santos ¹
Leila Maria Garcia Fonseca ²

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET/GO
Rua 75, n°. 46, Setor Central, CEP: 74.055-110.
Goiânia - GO - Brasil.

gboggione@brturbo.com, soudaerika@yahoo.com.br, pazesantos@hotmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
leila@dpi.inpe.br

Abstract. The combination of the bands of a multispectral sensor for the simulation of a panchromatic band represents an attractive possibility for the handling of the data of remote sensing, searching for your improvement. This work presents a methodology for the simulation of the panchromatic band of sensor TM Landsat 5 through the linear combination of the spectral bands that possess spectral overlapping with the panchromatic band of reference (panchromatic band of sensor ETM+ Landsat 7). The analysis of the spectral overlapping was made using from the discretization of the spectral curves. For resampling the images in a finer grating than the original grating was used the combined filter of restoration and interpolation. After the processes of restoration and interpolation, the images had been linearly combined for the simulation of the panchromatic band, using two different methods. Visual and statistics tests were accomplished to confirm the effectiveness of the methodology.

Palavras-chave: image simulation, panchromatic band, interpolation, restoration, simulação de imagens, banda pancromática, interpolação, restauração.

1. Introdução

As imagens oriundas do sensoriamento remoto, que se apresentam como o principal e mais relevante dado produzido por esta tecnologia, necessitam de técnicas de tratamento e processamento, tais como: correção radiométrica, correção geométrica, registro, realce, transformação de cores, etc. O resultado deste processamento é uma imagem contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens originais.

O objetivo deste trabalho é simular uma banda pancromática do satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper) através das bandas espectrais deste mesmo sensor, usando método combinado de restauração e interpolação de imagens.

O presente trabalho pode contribuir nos estudos de viabilidade de futuros sensores, onde é muito comum a prática de desenvolvimento de processos de simulação antes do sensor ser construído, para que possíveis erros sejam previstos antecipadamente.

Este trabalho sugere uma metodologia para simulação de bandas que consiste na manipulação das curvas espectrais de reflectância e aplicação das técnicas de restauração e interpolação de imagens para a aproximação da resolução espacial desejada.

Uma grande contribuição que se espera deste trabalho é a possibilidade de integração de dados do sensor TM do satélite Landsat 5 com o sensor ETM + (Enhanced Thematic Mapper Plus) do satélite Landsat 7.

2. Metodologia

A simulação de uma banda a partir de outras bandas é possível somente se existir uma considerável sobreposição espectral entre a banda que se deseja simular e as bandas usadas para realizar a simulação (Mascarenhas et. al,1991).

Como a banda pan compreende o intervalo espectral de 0,50 a 0,91 μm , as bandas que correspondem ao seu intervalo espectral são as bandas 2 (verde), 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo), conforme mostra a **Tabela 1**. Desta forma, as bandas 2, 3 e 4 foram utilizadas para fazer a simulação da banda pan.

Em estudos pós-lançamento, pesquisadores da NASA constataram que o intervalos espectrais das bandas do Landsat 5 sofreram alterações. Isso explica a sobreposição existente entre as bandas 2 e 3 (**Figura 1**). A **Tabela 1** mostra as alterações ocorridas nos intervalos espectrais das bandas.

Tabela 1. Intervalo espectral das bandas.

Fonte: NASA, 2004

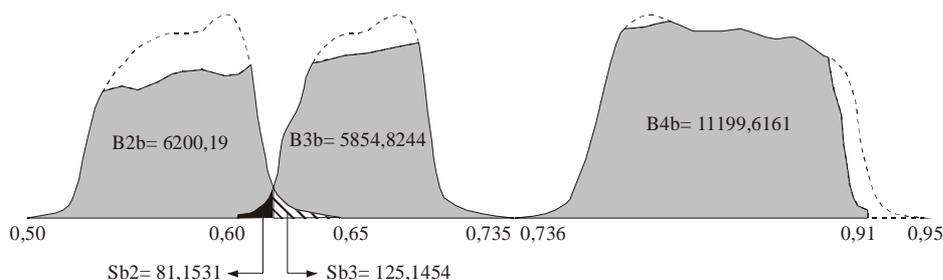
Bandas	Intervalo Espectral	
	Antes do	Após o Lançamento
1	0,45 – 0,52	0,419 – 0,55
2	0,52 – 0,60	0,50 – 0,65
3	0,63 – 0,69	0,60 – 0,735
4	0,76 – 0,90	0,736 – 0,95
5	1,55 – 1,75	1,50 – 1,88
6	10,4 – 12,5	10,0 – 12,9
7	2,08 – 2,35	2,00 – 2,40
Pan	0,52 – 0,90	0,50 – 0,91

Para simular a banda pan utilizou-se um procedimento de restauração de imagens desenvolvido por Fonseca (1988) e Boggione (2003), que combina os processos de restauração e interpolação em uma única operação. Este processamento, além de recuperar a imagem degradada, modificou a grade das bandas 2, 3 e 4 para 15 m. A partir disso, a banda pan foi simulada através da combinação linear das bandas 2, 3 e 4 do Landsat 5, utilizando dois métodos distintos:

Método 1

O método 1 considera que a área da curva de reflectância da banda pan seja igual a soma das áreas das curvas de reflectância das bandas 2, 3 e 4 contidas na banda pan (B2b, B3b e B4b), conforme ilustra a **Figura 1**.

Figura 1. Curvas espectrais discretizadas.



Neste método, a simulação foi feita obedecendo a equação 1, que foi implementada como rotina no software Matlab 5.3, da MathWorks Inc.. Esta rotina permite a simulação da banda pan através da combinação linear das bandas 2, 3 e 4, determinando o valor de nível de cinza de cada pixel da nova imagem.

$$Pan = \left\{ fat_a * \left(\frac{B2b}{Bpan} * B2 \right) + \left(\frac{B3b}{Bpan} * B3 \right) + \left(\frac{B4b}{Bpan} * B4 \right) + \left[\left(\frac{Sb2}{Bpan} * B2 \right) + \left(\frac{Sb3}{Bpan} * B3 \right) \right] * fat_b \right\} \quad (1)$$

Onde:

B2b, B3b e B4b: Área das curvas de reflectância.

B2, B3 e B4: Níveis de cinza.

Sb2: Área de sobreposição da banda 2.

Sb3: Área de sobreposição da banda 3.

Bpan: Soma das áreas das bandas 2, 3 e 4.

Pan : Banda pan simulada.

O *fator a* (*fat_a*) é o desvio padrão da banda pan (Dpan) dividida pelo desvio padrão da banda pan simulada de referência (DS), conforme equação 2. E o *fator b* (*fat_b*) é a média da banda pan (MPan) subtraída da multiplicação do *fator a* pela média da banda pan simulada de referência (MS), conforme a equação 3. Estes fatores tem a finalidade de equalizar as imagens.

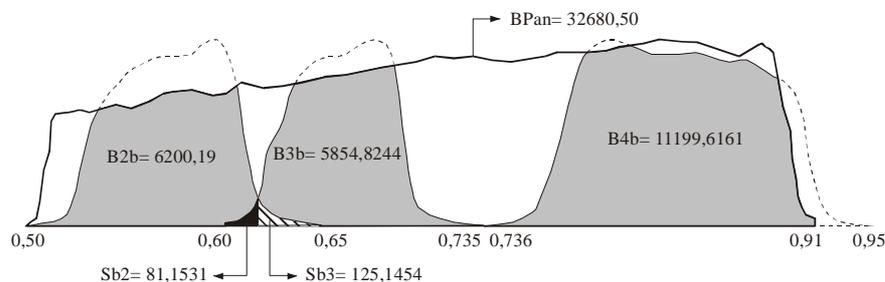
$$fat_a = \frac{Dpan}{DS} \quad (2)$$

$$fat_b = Mpan - (fat_a * MS) \quad (3)$$

Método 2

Neste método considerou-se o valor da área da curva de reflectância da banda pan simulada igual ao valor da área da curva de reflectância da banda pan do Landsat 7 (**Figura 2**).

Figura 2. Curvas espectrais das bandas 2, 3, 4 e Pan.



Como o método 1 considera a área da curva de reflectância da banda pan como sendo a soma das áreas das curvas de reflectância das bandas 2, 3 e 4 a porcentagem de contribuição dessas é de 100%, conforme a **Tabela 2**. No entanto, no método 2 a porcentagem de contribuição dessas bandas é de 71%, os 29% restantes serão estimados através da operação de média.

Tabela 2. Porcentagem de contribuição das bandas 2, 3 e 4.

Método	% B2	% B3	% B4	% Total
1	26.6	25.2	48.2	100
2	18.9	17.9	34.2	71

A simulação da banda pan de referência utilizando o método 2, foi feita obedecendo a equação 4.

$$Pan = \left\{ \begin{array}{l} fat_a * \left(\frac{B2b}{Bpan} * B2 \right) + \left(\frac{B3b}{Bpan} * B3 \right) + \left(\frac{B4b}{Bpan} * B4 \right) + \left[\left(1 - \frac{B2b + B3b + B4b}{Bpan} \right) * \left(\frac{B2 + B3 + B4}{3} \right) \right] \\ - \left[\left(\frac{Sb2}{Bpan} * B2 \right) + \left(\frac{Sb3}{Bpan} * B3 \right) \right] + fat_b \end{array} \right\} \quad (4)$$

Onde:

B2b, B3b e B4b: Área das curvas de reflectância.

B2, B3 e B4: Níveis de cinza.

Sb2: Área de sobreposição da banda 2.

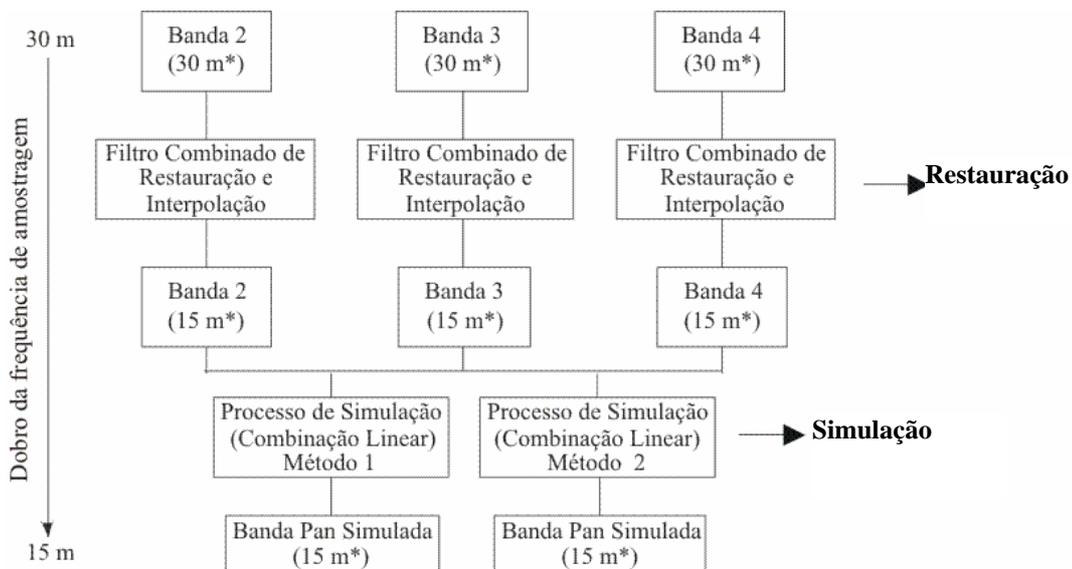
Sb3: Área de sobreposição da banda 3.

Bpan: Área da banda pan do Landsat 7 (banda de referência).

Pan : Banda pan simulada.

Um esquema simplificado dos processos utilizados na simulação é apresentado na **Figura 3**.

Figura 3. Esquema dos processos utilizados na simulação.



* Tamanho do pixel

3. Análise dos resultados e conclusão

Para a validação dos métodos foram utilizadas imagens de uma região do Estado do Rio de Janeiro do Landsat 5, adquiridas em 30/05/1984 e do Landsat 7, adquiridas em 09/06/2002.

Comparando as imagens simuladas (**Figuras 5 e 6**) com a imagem original (**Figura 4**) observa-se que as imagens possuem algumas diferenças oriundas da grande variação temporal existente entre elas, porém observando os alvos que não sofreram grandes alterações durante os anos (água e vegetação), nota-se que a resposta espectral destes continua semelhante a da imagem original.

Analisando visualmente as **Figuras 5 e 6**, pode-se afirmar que os dois métodos obtiveram resultados bem próximos.

Figura 4. Pan Original do Landsat 7.



Figura 5. Pan Simulada – Método 1.



Figura 6. Pan Simulada – Método 2.



Figura 7. Composição Colorida - 342 (RGB).



Figura 8. Subtração - método 1.

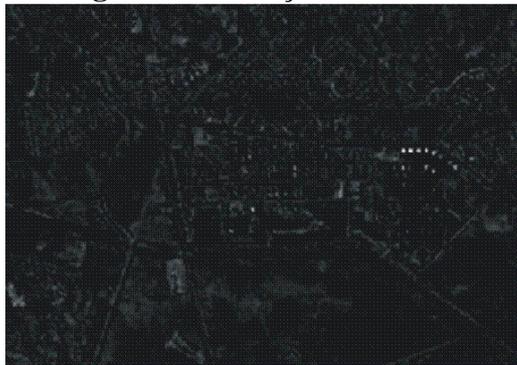
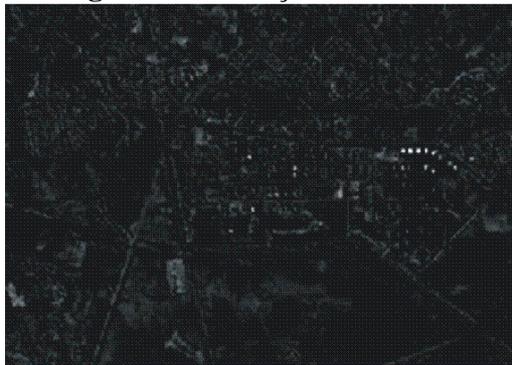


Figura 9. Subtração - método 2.



Analisando estatisticamente as imagens (**Tabela 3**), nota-se uma maior variância na imagem gerada pelo método 1. Como os valores das variâncias das imagens estão próximos, pode-se afirmar que os valores dos níveis de cinza das imagens simuladas sofreram pouca variação em relação à imagem original.

Tabela 3. Estatísticas das imagens.

Banda Pan	Média	Variância
Original	30,03	139,88
Simulada Método 1	29,95	140,21
Simulada Método 2	29,75	130,19

A **Tabela 4** apresenta os coeficientes de correlação obtidos entre a imagem original e as imagens simuladas. Os coeficientes de correlação obtidos em ambos os métodos foram satisfatórios, pois estão próximos de 1, o que indica uma grande proximidade com os dados originais.

Tabela 4. Coeficientes de correlação.

	Método 1	Método 2
Coefficiente de Correlação	0,82	0,87

As **Figuras 8 e 9** mostram a subtração da banda pan simulada pelos métodos 1 e 2 com a pan original, respectivamente. As regiões escuras na imagem indicam semelhanças entre as imagens, enquanto que as regiões claras, indicam as diferenças entre as imagens. As diferenças entre as imagens são basicamente: as bordas e as feições lineares, evidenciadas com a restauração e alguns alvos diferentes existentes devido à diferença temporal entre as imagens.

O perfil radiométrico foi feito para medir a variação dos níveis de cinza de uma determinada linha na imagem com a intenção clara de perceber as eventuais alterações radiométricas.

Figura 10. Perfil radiométrico da banda pan original.

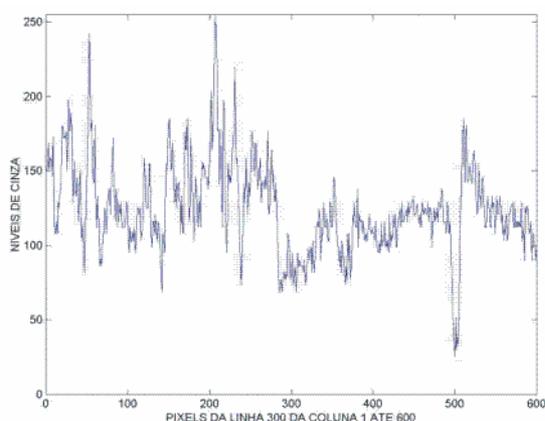
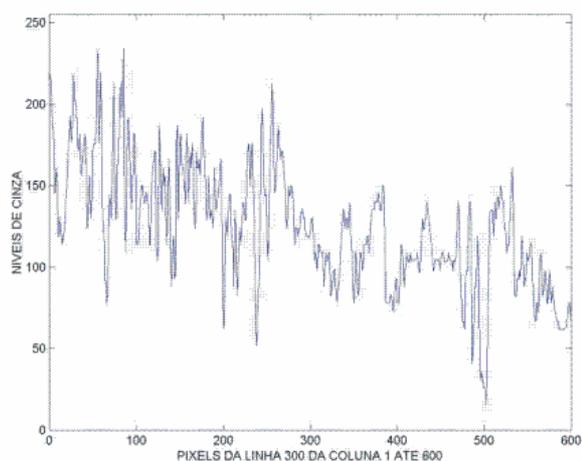
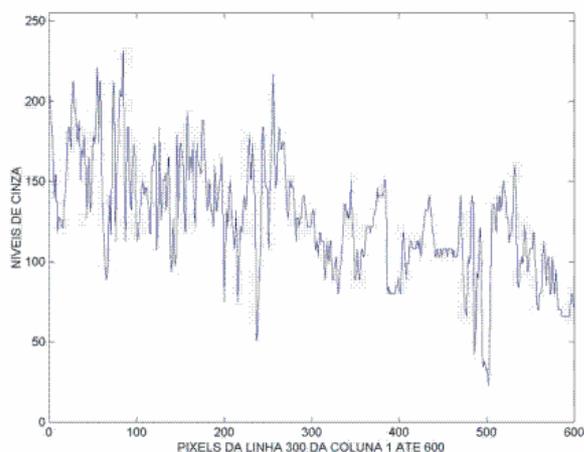


Figura 11. Perfil radiométrico da banda pan simulada – método 1.

Figura 12. Perfil radiométrico da banda pan simulada – método 2.



Observa-se que os perfis radiométricos nas **Figuras 10, 11 e 12** apresentam uma certa semelhança entre si, havendo basicamente a mesma variação de níveis de cinza entre a banda pan original e as bandas pan simuladas.

Para validar a metodologia desenvolvida, utilizamos os mesmos métodos de simulação de imagem utilizando as bandas do satélite Landsat 7 ETM+, que por serem do mesmo sensor não sofreram efeitos da variação temporal. Maiores detalhes sobre simulação de banda pan com o sensor ETM+ do Landsat 7 ver Boggione et al. (2003).

Para a simulação da banda pan do Landsat 7 foram utilizadas imagens da mesma região do Estado do Rio de Janeiro utilizada na simulação da pan do Landsat 5, adquiridas em 09/06/2002, a fim de comparar os resultados obtidos a partir dos dois satélites.

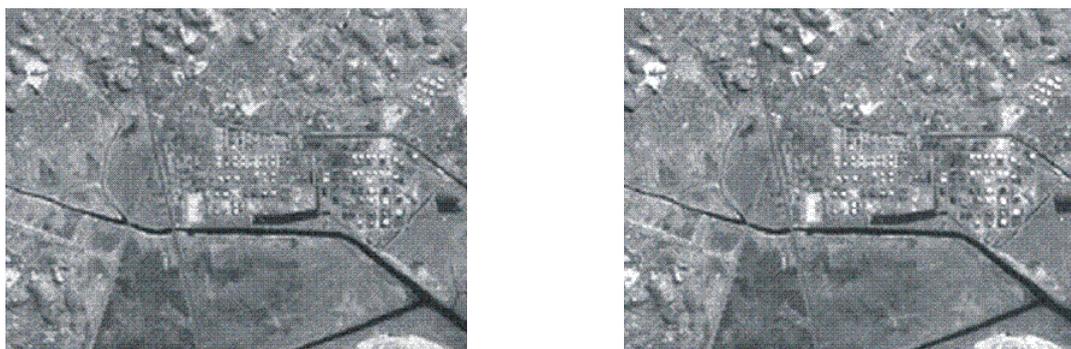
De uma maneira geral, as imagens obtidas pelos dois métodos (**Figuras 14 e 15**) estão muito próximas da imagem original (**Figura 13**), devido ao fato de que o resultado obtido foi comparado com uma imagem da banda pan original do mesmo satélite. O que não ocorreu na análise dos resultados utilizando o satélite Landsat 5, devido ao fato deste não possuir uma banda pan, utilizou-se a banda pan original do Landsat 7 de uma data diferente para comparar com as imagens simuladas geradas a partir de imagens do Landsat 5.

Figura 13. Pan Original do Landsat 7.



Figura 14. Pan Simulada – Método 1.

Figura 15. Pan Simulada – Método 2.



Analisando a **Tabela 5**, nota-se que a variância das imagens simuladas estão bem semelhantes as da imagem original.

Tabela 5. Estatísticas das imagens.

BandaPan	Média	Variância
Original	31,43	138,48
Simulada Método 1	31,36	140,80
Simulada Método 2	30,89	134,18

Observa-se na **Tabela 6** que os valores dos coeficientes de correlação dos métodos 1 e 2 foram maiores do que os obtidos na simulação utilizando as imagens do Landsat 5 (**Tabela 4**).

Tabela 6. Coeficientes de correlação.

	Método 1	Método 2
Coefficiente de Correlação	0,90	0,92

A simulação de uma banda pan do Landsat 5 será de grande utilidade para os usuários de Sensoriamento Remoto pois torna possível a obtenção de uma banda com características radiométricas semelhantes a uma pancromática e com tamanho do pixel de 15 metros utilizando apenas as imagens do Landsat 5.

REFERÊNCIAS

Boggione, G. A. **Restauração de imagens do satélite Landsat-7**. 2003. 160 p. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Boggione, G. A.; Pires, E. G; Santos, P. A; Fonseca, L. M. G. Simulation of a panchromatic band by spectral combination of multispectral ETM+ bands. In: 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Honolulu, Hawaii, 2003 (PS-I.5).

Fonseca, L.M.G. **Restauração e interpolação de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. São José dos Campos. 148 p. (INPE-6628-TAE/30). Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 1988.

Mascarenhas, N.D.A; Banon, G.J.F; Fonseca, L.M.G. **Simulation of a panchromatic band by spectral linear combination of multispectral bands**. São José dos Campos, 1991. p. 321-324. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – SCT.