USO DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO PARA CORRIGIR O EFEITO DO RELEVO EM REFLORESTAMENTO DE EUCALYPTUS EM REGIÕES MONTANHOSAS

Luiz Alberto Vieira Dias *
Flávio Jorge Ponzoni **
Eni Alvim de Oliveira ***

* Departamento de Processamento de Imagens-DPI
** Departamento de Pesquisa e Aplicações em Sens. Remoto-DPA
*** Centro de Aquisição de Dados de Satélites Ambientais-CASA

Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT
Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos - SP - Brasil

RESUMO

A radiância que chega ao sensor de um satélite de sensoriamento remoto depende da iluminação do alvo, da refletância desta e dos ângulos: da normal do terreno com a fonte de iluminação, e com o sensor do satélite. Para reflorestamentos em regiões montanhosas o efeito dos angulos de iluminação tem grande importância. Neste trabalho supôs-se que a floresta tem um comportamento de reflexão Lambertiano. As inclinações foram obtidas de um Modelo Digital de Elevação da área. Foram usados os canais LANDSAT TM 3, 4 e 5 e a região foi classificada não levando e levando em conta o efeito da inclinação do terreno. A classificação de máxima verossimilhança mostrou melhores resultados na imagem com a correção.

ABSTRACT

The radiance arriving to a remote sensing satellite depends on the Target illumination and reflection, and on the angles between: the terrain normal and the illuminating source, and the satellite sensor. For reforestations in mountainous regions the illumination angles are a prime factor. This work assumes that the forest reflection is Lambertian. The inclinations were obtained from a Digital Elevation Model of the area. The Landsat TM channels used were 3, 4 and 5, and the region was classified taking and not taking into account the terrain relief effect. A maximum likelihood classification has shown better results in the corrected image.

1 - INTRODUÇÃO

Se as florestas forem plantadas em terrenos planos o efeito do relevo do terreno não será percebido, uma vez que todos os pontos terão uma refletância próxima e os ângulos de iluminação serão aproximadamente os mesmos para toda a floresta. No caso do Brasil, muitas vezes os reflorestamentos são plantados em regiões de relevo movimentado, por serem terras mais baratas, o que provoca no sensor do satélite valores para o mesmo tipo de alvo, dificultando a correta clasficação da área.

A necessidade de se corrigir os efeitos da topografia do terreno foi determinada desde 1974 (Hofner, 1974).. Há uma certa divergência quanto à utilização do modelo de iluminação Lambertiano. Smith, Lin e Ranson (1980) consideraram tal modelo válido para terrenos com inclinações de menos de 25 graus de angulos de iluminação efetiva de menos de 45 graus, para florestas de latitudes médias de pinho tipo "Ponderosa". Holben e Justice (1980) observaram que a mesma cobertura vegetal poderia apresentar uma grande variação de valores de cinza nos pixels devido à variações de inclinação e angulo de aspecto (em relação ao Norte). Já Hugli e Frei (1981) consideraram a correção radiométrica das imagens de valor limitado devido à dificuldade de determinar as propriedades de reflexão em um ambiente montanhoso. O efeito topográfico poderá ser ampliado se um modelo Lambertiano ou Lambertiano modificado for utilizado, segundo Justice, Wharton e Holben, para florestas canadenses, ao passo que um modelo não-Lambertiano poderia reduzir tal efeito. Resultados recentes de Kawata, Ueno e Kusaka (1986) onde foi utilizado um modelo de iluminação Lambertiano combinado com correção atmosférica, para uma floresta no Japão, próximo à cidade de Kanazawa, indicam melkhoria na classificação. Para florestas e campos cultivados na Suécia, com pouca inclinação, Korin Hall-Konyves (1987) obteve uma fraca correlação entre o valor de cinza dos pixels e a inclinação do terreno.

2 - A ÁREA DE TESTE

No presente trabalho, estuda-se o efeito da inclinação do terreno na classificação de reflorestamentos de Eucalyptus spp. para uma região de latitude tropical. A área de teste selecionada foi uma floresta de Eucalyptus spp. próxima a Jambeiro, SP (23 S).

Devido à existência de cartas geográficas de 1:25.000, fotografias aéreas (1:60.000), facilidades de acesso (para trabalho de campo), e imgens TM (todos os canais) obtidos no verão (9/dez/85) e inverno (6/ago/86, escolheu-se esta área. Para o presente trabalho usou-se a imagem de verão, estando o sol com elevação de 56 graus e azimute de 97 graus. O tamanho total da floresta é de 30 kms quadrados.

Os melhores canais para trabalho em florestas, os canais 3, 4 e 5, foram efetivamente usados. A partir de fotografias aéreas da região, em escala 1:60.000, obteve-se um mapa de curvas de nível na escala de 1:20.000. Deste mapa e utilizando-se o sistema de tratamento de imagens do INPE SITIM-150, com o programa SGI (Sistema de Informações Geográficas), preparou-se, de 10.000 amostras, um modelo digital de elevação da região (Felgueiras, Dias e Erthal, 1987). Utilizando outra facilidade do SGI, obteve-se o mapa de declividades da área de teste, para utilização na correção do efeito topográfico.

3 - METODOLOGIA PARA CORREÇÃO DO EFEITO TOPOGRÁFICO

A idéia geral é corrigir cada pixel da imagem de modo que sua reflexão fosse como se ele estivesse na horizontal. Para tal, usa-se o mapa de declividade e reamostra-se de modo que cada pixel do mapa corresponda a um pixel da imagem. Este último procedimento pode produzir erros numéricos e/ou ruído, portanto deve ser analisado cuidadosamente. Presentemente ainda há espaço para se melhorar este programa a fim de se produzir resultados ainda melhores.

O modelo utilizado foi o Lambertiano, uma vez que o objetivo era avaliar o procedimento e este modelo é relativamente simples, em termos matemáticos. Foi decidido checar antes as potencialidades deste modelo mais simples.

Inicialmente os canais 3, 4 e 5 do LANDSAT TM foram classificados por meio de um classificador de máxima verossimilhança. Visualmente foi possível identificar 3 classes bastante diferentes. Sabia-se entretanto que a cobertura vegetal era a mesma, resultado de um trabalho de campo na

área. A diferença entre as classes foi atribuída ao efeito topográfico.

Uma superfície Lambertiana reflete a energia incidente independentemente dos angulos de incidência e exitância (angulos entre a fonte de energia e a normal e entre a normal e o sensor):

$$L(\lambda) = L_m(\lambda) \cos i$$

onde i = angulo de incidência

$L_m(\lambda)$ = radiância para incidência normal da iluminação

$L(\lambda)$ = radiância que chega ao sensor

Conhecendo-se a posição do sol em relação a normal do terreno pode-se corrigir a radiância que chega ao sensor, em função da inclinação e aspecto do alvo. Após corrigir radiometricamente a imagem, classifica-se a mesma com o mesmo classificador e compara-se os resultados.

4 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Baseado na metodologia acima, foram feitos testes na área de estudo. A Figura 1 apresenta a área, sendo que dentro do cursor estão indicados os pontos que foram amostrados para a classificação (3 classes, 4 pontos por classe). Na Figura 2 o modelo digital de elevação é mostrado, sendo o observador localizado em um azimute de 150 graus e uma elevação de 30 graus. Em seguida a Figura 3 apresenta a classificação (máxima verossimilhança) realizada sobre a imagem original. Finalmente na Figura 4 a imagem corrigida radiometricamente e também classificada, é mostrada.

Visualmente nota-se uma melhora na classificação, pois uma figura mais homogenea é vista na Figura 4. Quantitativamente, a Tabela 1 abaixo mostra as áreas de cada classe em km quadrados. Há a predominância de uma classe sobre os outros (classe 3), que era uma classe pouco expressiva na classificação original. O grande aumento da área da classe 3 se deve à captura correta de alvos fora da floresta, porém identificados na pesquisa de campo como sendo bosques de Eucalyptus spp.

Uma vez que este estudo está ainda em fase inicial, há muito trabalho a ser ainda realizado. Em particular uma melhora nos programas de iluminação, com a adoção de modelos não-Lambertianos deverá melhorar os resultados.

TABELA 1

ÁREAS POR CADA CLASSE (KM QUADRADO)

CLASSES	ORIGINAL	CORRIGIDA
1. Azul	3,953	4,568
2. Rosa	8,397	7,252
3. Branco	4,548	19,349

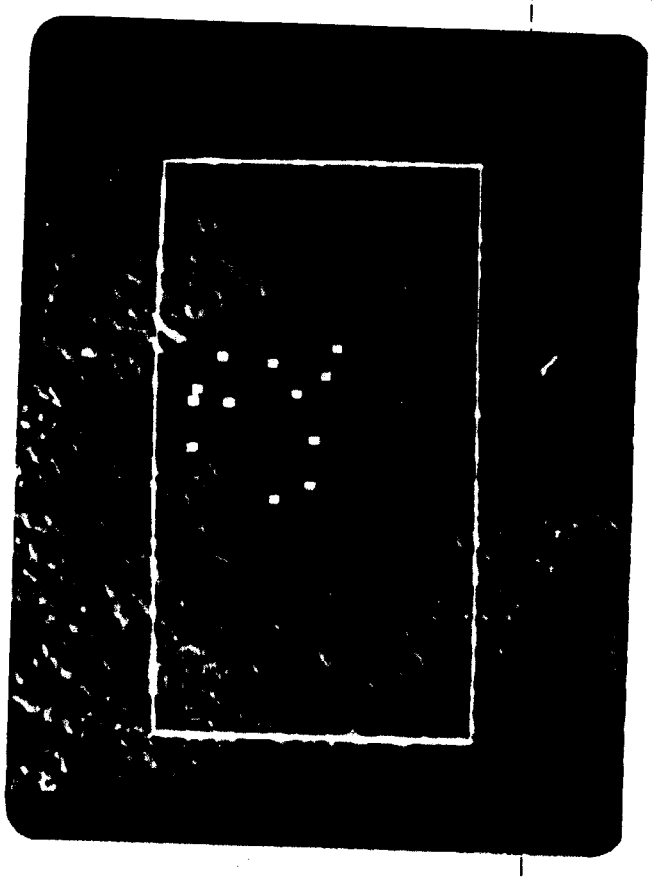

Fig. 1 - Área de estudo, canais 3, 4 e 5, mostrando a posição onde estão sendo colhidas amostras para a classificação em 3 classes, 4 amostras por classe.

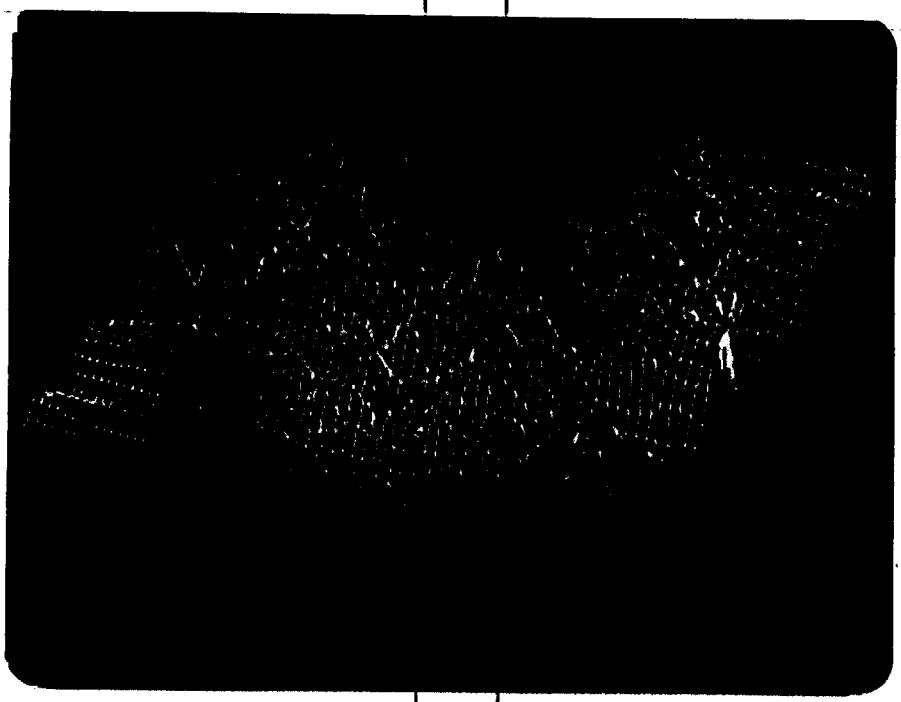

Fig. 2 - Modelo digital da elevação da área de testes:
Escala vertical exagerada para maior clareza.

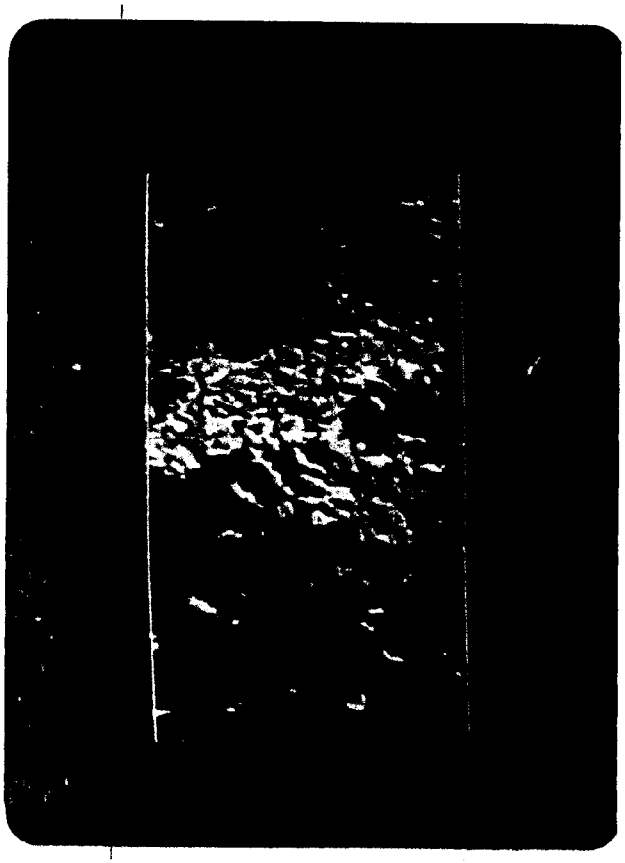

Fig. 3 - Classificação da imagem original,
com 3 classes.

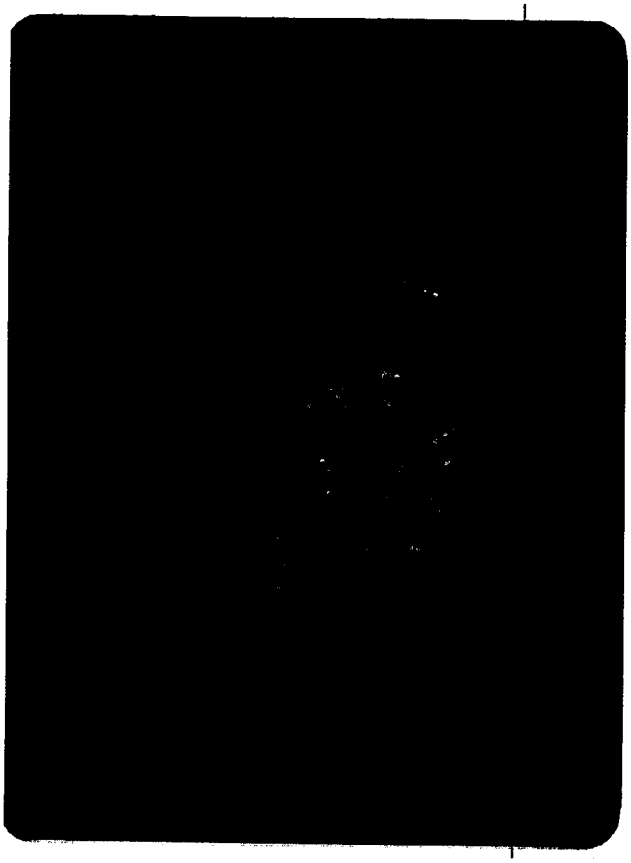

Fig. 4 - Classificação da imagem corrigida,
com as mesmas 3 classes.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF, que financiaram este trabalho. Devem ser mencionados também Guaraci J. Erthal e Marcus Ferreira Peralta, pela ajuda prestada.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELGUEIRAS, C.A.; DIAS, L.A.V.; ERTHAL, G.J. "Geração automática de mapas de isolinhas utilizando microcomputador". Anais do XX Congresso Nacional de Informática, SUCESU, São Paulo, SP, :425-430, 1987.

HALL-KONYVES, K. "The Topographic Effect on LANDSAT Data in Gently Undulating Terrain in Southern Sweden". Int. J. Remote Sensing, 8(2):157-168, 1987.

HOLBEN, B.N.; JUSTICE, C.O. "The Topographic Effect on Spectral Response from Nadir-Pointing Sensors". Photogrammetric Engineering and Rem. Sensing, 46(9):1191-1200, 1980.

HOFNER, R. "Natural Resources Mapping in Mountainous Terrain by Computer Analysis of ERTS-1 Satellite Data". LARS, Purdue University, W. Lafayette, Indiana: 124, 1974.

HUGLI, H.; FREI, W. "Correcting for Anisotropic Reflectances in Remotely Sensed Images from Mountainous Terrains". Anals of the 1981 Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, W. Lafayette, Indiana, 1981.

JUSTICE, C.O.; WHARTON, S.W.; HOLBEN, B.N. "Application of Digital Terrain Data to Quantify and Reduce the Topographic Effect on LANDSAT Data". Int. J. Remote Sensing, 2(3):213-230, 1981.

KAWATA, Y.; UENO, S.; KUSAKA, T. "Radiometric Correction Method which Removes both Atmospheric and Topographic Effects from the LANDSAT MSS Data". Proceedings of the 1986 IGARSS Symposium, Zurich, Switzerland, 8-11, Sept., 1986.

SMITH, J.A.; LIN, T.L.; RANSON, K.J. "The Lambertian Assumption and LANDSAT Data". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 46(9):1183-1189, 1980.