

Avaliação das estimativas de reflectâncias em bandas largas para a Floresta Amazônica através do uso do satélite Landsat 5

Elisabete Caria Moraes¹
Gabriel Pereira¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{bete, gabriel}@dsr.inpe.br

Abstract. Land surface reflectances like all-shortwave (albedo), photosynthetically-active radiation (PAR) and near and middle infrared (NI) in Amazonian region were estimated using Landsat 5 Thematic Mapper (TM) images. To obtain the albedo and visible and near/mid infrared reflectance values, the formula proposed by Liang (2000), adapted by Pereira et al. (2006), was used. In order to verify the method accuracy, comparisons between estimated surface albedo and observational data set, obtained during the Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study (ABRACOS) project, was accomplished at the experimental site of primitive forest in the Biological Reserve of Jaru in Ji-Paraná - Rondonia. In general, this method was able to simulate the albedo values as compared with the ground measurements performed in the field. The observed differences for albedo was 0.62% with standard deviations of 3.23% for all days analyzed.

Palavra-chave: remote sensing, albedo, photosynthetically active reflectance, sensoriamento remoto, albedo, reflectância fotossinteticamente ativa.

1. Introdução

A floresta Amazônica representa quase a metade das florestas tropicais úmidas da Terra e, dada a sua dimensão, apresenta um papel fundamental na manutenção do clima do planeta. Nesta última década ela tem recebido uma atenção especial de instituições de diversos países interessados em conhecer seus ecossistemas e as influências destes no clima regional e mundial.

O homem tem interferido muito e de forma rápida na região Amazônica, o que produz alterações significativas na partição de energia, nos ciclos de água e de carbono. Os modelos de circulação geral da atmosfera (MCGAs) são ferramentas importantes para o entendimento destas ações antropogênicas no clima da região e do globo, porém, sua acurácia depende de parametrizações realísticas dos processos atmosféricos e de superfície.

A partição de energia é dependente das propriedades físico-químico e biológica dos diversos elementos que compõem a superfície, que por sua vez são interpretadas através da reflectância destes elementos. A reflectância integrada em toda a faixa do espectro solar (albedo) e as reflectâncias integradas na faixa da radiação fotossinteticamente ativa (ρ_{PAR}) e na faixa solar do infravermelho próximo e médio (ρ_{IR}) são variáveis críticas presentes nos MCGAs (Moraes, 2001; Gash e Nobre, 1997, Manzi e Planton, 1996.).

Estudos têm demonstrado que o albedo da superfície é uma das principais incertezas radiativas na modelagem do clima atual, muitos MCGAs utilizam campos de albedos descritos com erros relativos entre 5 a 15% (Dorman e Sellers, 1989).

Os satélites ambientais são essenciais para a realização do monitoramento contínuo de áreas extensas como a floresta Amazônica. Seus produtos propiciam uma melhor representabilidade e acurácia das variáveis e parâmetros essenciais a inicialização dos modelos de previsão de tempo e clima em suas resoluções espaciais. Dentre estes produtos pode-se destacar o albedo, o ρ_{PAR} e o ρ_{IR} (Chou e Soares, 1999).

Pereira et al. (2006) adaptaram a metodologia de Liang (2000) para biomas pantaneiros e estimaram seus albedos através de imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) do Landsat 5,

que apresentaram erro menor do que 5%. Também estimaram as ρ_{PAR} e ρ_{IR} , que apresentaram erros menores do que 3% e 9%, respectivamente. As formulações propostas não foram aplicadas e analisadas para biomas distintos.

Nesse contexto, o presente trabalho pretende aplicar a formulação de Pereira et al. (2006) e avaliar o albedo de um dos biomas da Floresta Amazônica através de imagens ambientais. O escopo do trabalho consistirá na estimativa, aferição e análise do albedo gerado pelos dados dos sensores *thematic mapper* (TM) do Landsat 5 para a floresta primitiva que compõe a Reserva Biológica de Jarú em Ji-Paraná, Rondônia, e na estimativa das reflectâncias nas faixas do visível e do infravermelho próximo e médio para este bioma.

2. Materiais e Métodos

As estimativas de albedo e das reflectâncias (nas faixas da radiação fotossinteticamente ativas e da radiação infravermelho próximo e médio) a partir de imagens de satélite foram propostas por Liang (2000). As equações propostas para estas estimativas foram realizadas após a conversão do número digital de cada elemento da imagem em valores de reflectância da superfície para cada banda do sensor TM do Landsat individualmente. Na obtenção destas relações o efeito da atmosfera foi eliminado para cada banda do sensor TM do Landsat 5 através da modelagem dos processos de transferência radiativa.

Pereira et al. (2006) ajustaram os coeficientes das expressões propostos por Liang (2000), para isto utilizaram o modelo de correção atmosférica denominado Segunda Simulação de Sinais de Satélites no Espectro Solar - 6S (Vermote, 1997). As formulações ajustadas para biomas do Pantanal são expressas por:

$$Albedo = 0.420\alpha_1 + 0.153\alpha_3 + 0.440\alpha_4 + 0.100\alpha_5 + 0.084\alpha_7 - 0.0018 \quad (1)$$

$$\rho_{PAR} = 0.564\alpha_1 + 0.417\alpha_2 + 0.306\alpha_3 \quad (2)$$

$$\rho_{IV} = 0.755\alpha_4 + 0.231\alpha_5 + 0.126\alpha_7 - 0.003 \quad (3)$$

O tratamento das imagens do sensor TM/Landsat 5 e a obtenção das estimativas das propriedades (albedo e ρ_{PAR} e o ρ_{IR}) foram realizados através do Sistema de Informações Geográficas (Spring) versão 4.3.

A imagem ortorretificada na projeção UTM *datum* WGS 84 com acurácia média de 75 m (GLCF, 2004) foi utilizada como base para o georreferenciamento das imagens utilizadas neste estudo.

A interferência da atmosfera foi avaliada através do modelo 6S. Todas as imagens estudadas apresentavam-se praticamente livres de nuvens e foram assumidos como condições iniciais a visibilidade de 50 km, a atmosfera tropical e o modelo de aerossóis continental. Na modelagem da radiação solar assumiram-se como principais efeitos atmosféricos a absorção pelos gases (vapor de água, dióxido de carbono, oxigênio e ozônio) e espalhamento pelas moléculas dos gases atmosféricos e aerossóis.

3. Áreas de estudo e dados de verdade-terrestre

Neste estudo foram utilizados dados coletados no experimento climático realizados no estado de Rondônia durante o projeto Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study (ABRACOS).

O Estado de Rondônia está localizado na parte sul da Bacia Amazônica, possui um clima subtropical caracterizado por temperaturas e umidades altas ao longo do ano, apesar de

apresentar as variações sazonais que caracterizam o período úmido e seco (Tarasova, T.A. et al. 2000). Os dados analisados são representativos do sítio experimental da Reserva Biológica de Jaru, que caracterizam a floresta tropical úmida primária, como mostra a **Figura 1**.

Na Reserva Biológica de Jaru, que pertence ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) e compreende uma área de 268.150 hectares, foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 60 metros de altura nas coordenadas de 10° 05'S, 61° 56'W, a uma altitude aproximada de 120m acima do nível do mar (Sá et al., 2000). Na Reserva Biológica de Jaru (RBJ) a vegetação é composta por árvores altas que apresentam folhagem permanente. A altura média das árvores é de 33 metros e as espécies que circundam a torre são: *Cedrella odorata*, *Inga sp.*, *Dioclea cf bicolor Bth.*, *Strychnos amazonicus Krukoff*, *Protium polybotrium* e *Leonia glydicarpa Ruiz* (Roberts et al.,1996; e Marques Filho e Dallarosa, 2001). Segundo as classificações de floresta do Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS), a RBJ será tratada como floresta perenifólia.

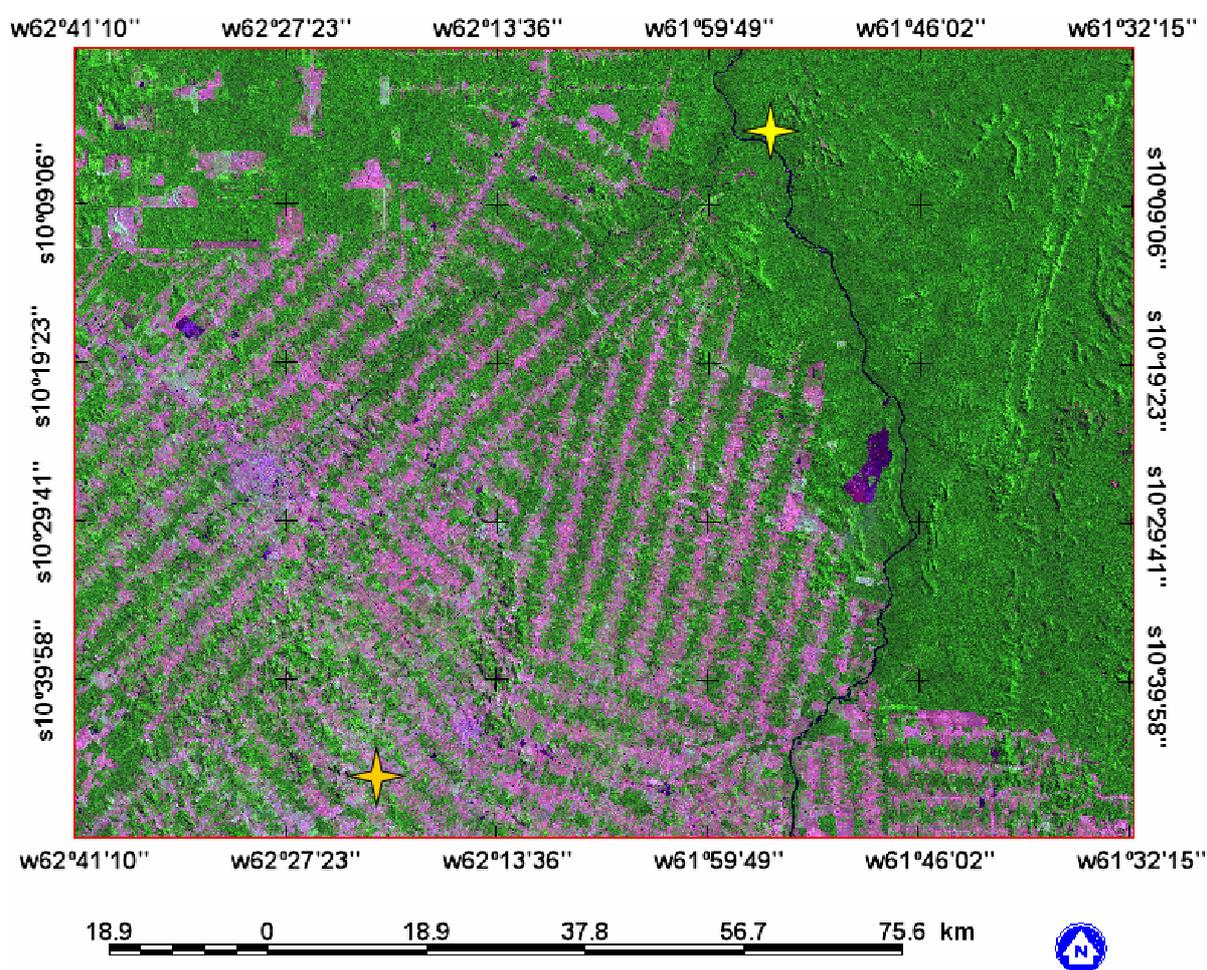


Figura 1 – Imagem de satélite identificando as áreas de pastagem em laranja e de floresta em amarelo (FNS e RBJ, respectivamente) do Estado de Rondônia.

Os dados radiométricos foram coletados em uma torre micrometeorológica. As medidas de radiação solar global incidente e refletida foram registradas continuamente pelos piranômetros da Kipp and Zonen que apresentam acurácia de $\pm 0,5\%$ a 20°C.

Neste estudo foram utilizadas as imagens de 5 dias (09 e 25 de maio, 26 de junho e 28 de julho de 1993 e 16 de agosto de 1994), as quais apresentavam-se praticamente livres de nuvens no momento da passagem do satélite Landsat 5.

4. Resultados

A estimativa do albedo apresentou uma boa concordância com os dados de verdade terrestre para a floresta primária da Reserva Biológica de Jarú. O erro médio encontrado foi de 0,62% com uma dispersão dos dados de 3,23%, conforme mostra a **Tabela 1**. Estes resultados evidenciaram que a metodologia conseguiu representar muito bem o albedo da superfície.

Tabela 1 – Comparação entre as reflectâncias estimadas e as respectivas verdades-terrestre.

ALBEDO			
DIA	Média Satélite	Verdade Terrestre	Erro (%)
09.05.93	11,20	10,92	2,52
25.05.93	11,75	11,52	1,99
26.06.93	11,73	11,81	-0,65
28.07.93	11,57	12,11	-4,43
16.08.94	13,84	13,35	3,66
Erro médio	0,62%	Desvio Padrão	3,24

A **Figura 2** exemplifica os campos de albedo estimados através das imagens do satélite Landsat 5 para o dia 09 de maio de 1993. Através dos albedos estimados verifica-se a diferenciação entre os biomas existentes na região, principalmente entre a floresta primária e as regiões desflorestadas e utilizadas para pastagem. Os valores de albedo para estes dois biomas são semelhantes aos albedos propostos pela representação da biosfera nos MCGAs, como o BATS e Simple Biosphere Model (SIB), que propõem um valor médio de 12% e 18% para as regiões de floresta primária e pastagem, respectivamente.

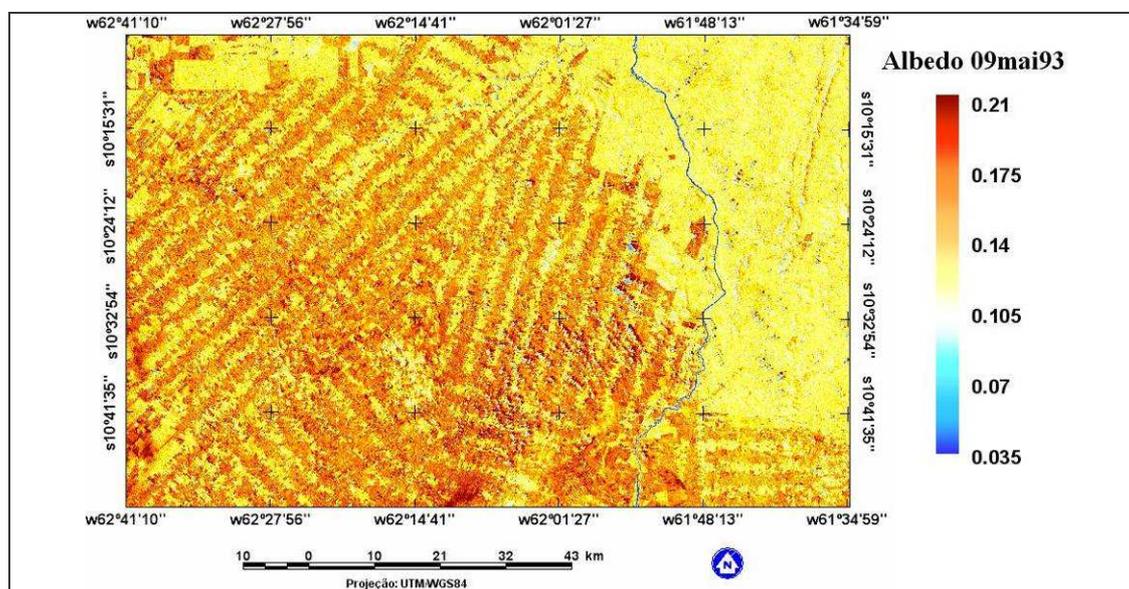


Figura 2 – Albedo estimado através de imagens do satélite Landsat 5 para o dia 09 de maio de 1993.

A utilização destes valores médios acarreta erros na modelagem do tempo e do clima, pois o albedo deste bioma apresenta variação horária, diária e sazonal, como mostra a **Figura 3**. Nesta figura observa-se um aumento do albedo no decorrer das datas estudadas. Moura et al. (1999) analisaram as variações horárias e diárias do albedo para a região de Ji-Paraná no período de 1991 a 1996 e encontraram um albedo médio de 13,2% para floresta e 20% para

pastagem. Verificaram a ocorrência de uma redução no albedo da estação seca (junho, julho e agosto) para a chuvosa (janeiro, fevereiro e março), a diferença percentual do albedo foi de 3,1% para floresta e de 11% para pastagem. Estas conclusões evidenciam a importância da inicialização dos MCGAs com dados mais realísticos e atualizados, como aqueles que podem ser extraídos de imagens de satélite.

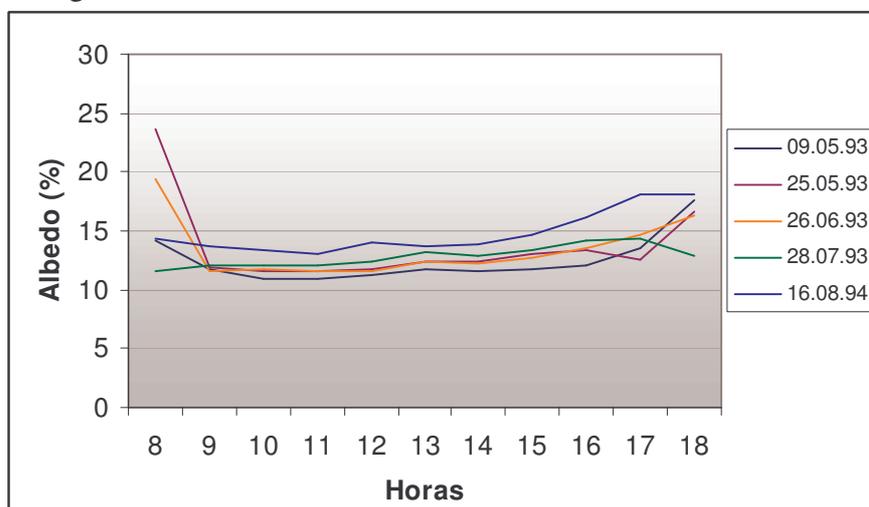


Figura 3 – Variação horária e diária do albedo observado na floresta da Reserva Biológica de Jarú.

A **Figura 4** apresenta as estimativas do albedo e das ρ_{PAR} e ρ_{IR} para a região da torre situada na floresta da Reserva Biológica de Jarú. A falta de instrumentos para a obtenção da radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida durante o projeto ABRACOS inviabilizou a comparação de ρ_{PAR} e ρ_{IR} . No entanto, as estimativas destas reflectância foram coerentes com os valores estipulados no BATS e SIB, e com o comportamento espectral de vegetação, que apresenta baixos valores na região do visível, devido à forte absorção pelos seus pigmentos, altos valores no infravermelho próximo, devido à sua estrutura celular e valores médios e baixos no infravermelho médio.

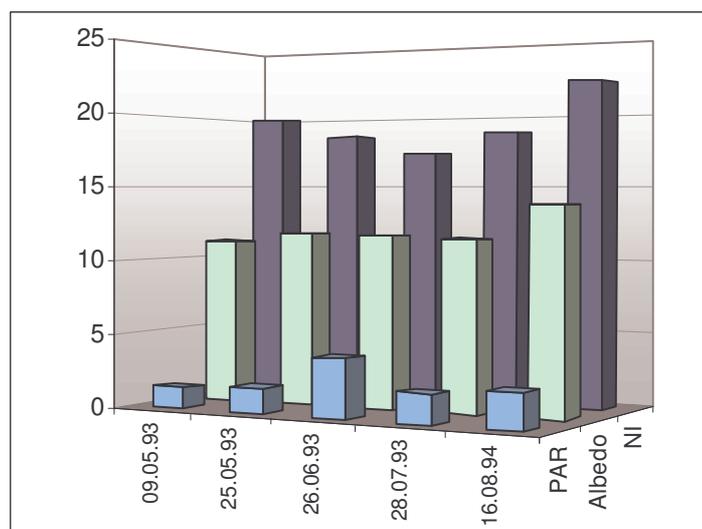


Figura 4 – Albedo, ρ_{PAR} e ρ_{IR} estimados através de imagens de satélite para a Floresta da Reserva Biológica de Jarú.

A **Figura 5** mostra os campos estimados das reflectâncias nas bandas do espectro visível (PAR) e nas bandas do infravermelho solar próximo e médio (IV) para a região da torre situada na floresta da Reserva Biológica de Jaru referente ao dia 09 de maio de 1993.

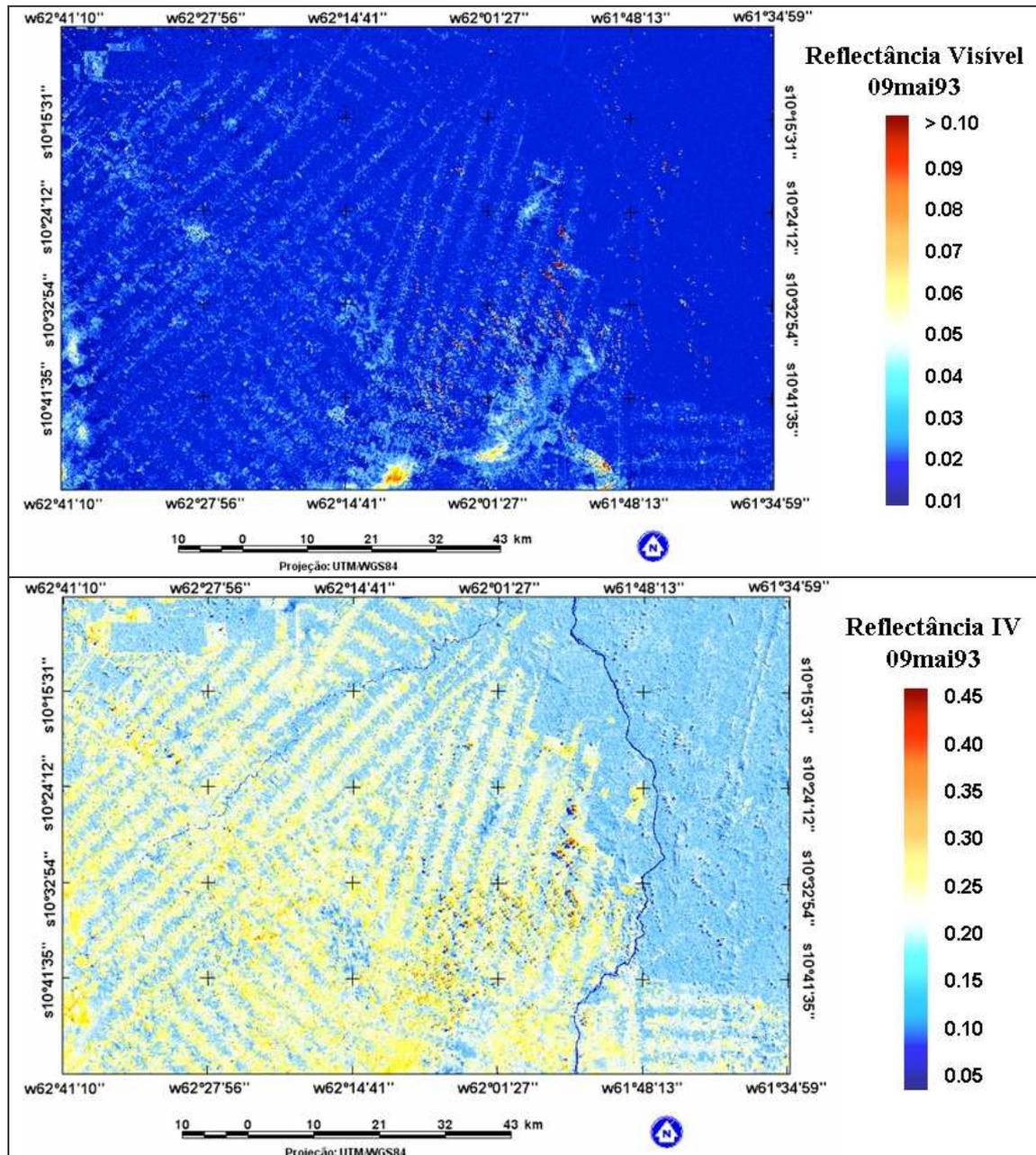


Figura 5 – Estimativas das reflectâncias integradas na faixa da radiação visível ou fotossinteticamente ativa (ρ_{PAR}) e na faixa solar do infravermelho próximo e médio (ρ_{IR}) para a região de floresta e desmatada.

Os campos de reflectâncias estimados através das imagens do Landsat 5 (ρ_{PAR} e ρ_{IR}) evidenciam a diferenciação dos biomas. Esta diferenciação é possível devido à interação espectral da radiação solar espectral com os diversos elementos da superfície terrestre.

5. Conclusão

As reflectâncias da superfície para todo o espectro solar (albedo) e para as faixas das radiações fotossinteticamente-ativa (PAR) e infravermelho próximo e médio (IV) na região da Amazônia foram estimadas usando o sensor TM/Landsat 5. Com o intuito de verificar a acurácia do método de estimativa, realizou-se a comparação entre as estimativas dos albedos da floresta e as respectivas medidas observadas durante o projeto Abraços para o sítio experimental da floresta primitiva da Reserva Biológica de Jaru. Em geral, o método foi capaz de simular o albedo, pois apresentou erro médio da ordem de 0,62% e uma dispersão dos dados da ordem de 3,23%, ou seja, menor do que a acurácia dos radiômetros. As reflectâncias PAR e IV (ρ PAR e o ρ IR) apresentaram-se de acordo com o comportamento espectral da vegetação.

Como o albedo apresenta variação horária, diária e sazonal é ideal que os MCGAs sejam inicializados com albedos, ρ PAR e ρ IR mais realísticos. Neste sentido, a aplicação desta metodologia, que utiliza as imagens de satélites, mostrou que é capaz de suprir estas informações.

Agradecimentos: Nós agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e ao Instituto de Hidrologia da Inglaterra pela disponibilização dos dados do projeto Abraços, e ao Dr. Yosio Edemir Shimabukuro pela colaboração e ajuda prestada.

Referências

- Chou, M.-D., Suarez, M.J. A **solar radiation parameterization for atmosphere studies (CLIRAD-SW)**. Technical report series on Global Modeling and Data Assimilation. Greenbelt: Goddard Space Flight Center, NASA, 1999, 15. 42p. (NASA/TM-1999-10460).
- Culf, A.D., Fisch, G., Hodnett, M.G. The albedo of amazonian forest and ranch land. **Journal of Climate**, 8, 1544-1554, 1995.
- Dorman, J.L., Sellers, P.J. A global climatology of albedo, roughness length and stomatal resistance for atmospheric general circulation models as represented by the SimpleBiosphere model SiB. **Journal of Applied Meteorology**, 28, 833-855, 1989
- Gash, J. H. C., Nobre, C. A. Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. **Bulletin Of The American Meteorological Society**, 78, 823-830, 1997.
- Liang, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I algorithms. **Remote Sensing of Environment**. 76, 213-238, 2000.
- Manzi, A.O., Planton, S.A. A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with ABRACOS and ARME data. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. eds. **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: John Wiley, 549-576, 1996.
- Marques Filho, A. O., Dallarosa, R. G. *Atenuação de radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta – Reserva Jaru – RO*. **Acta Amazônica**, 2001(no Prelo).
- Moraes, E.C. **Parametrização dos processos radiativos em modelos climáticos simples**. 2001. 287 p. (INPE-11424-TDI/952). Tese (Dourorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.
- Moura, M.A.L., Lyra, R.F.F., Benincasa, M., Souza, J.L., Nascimento Filho, M.F. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 7(2), p.163-168, 1999.
- Pereira, G., Moraes, E.C., Arai, E., Oliveira, L.G.L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. **1º Simpósio de Geotecnologia no Pantanal**, Gampo Grande, MS, 11-15 de novembro de 2006 (no prelo).
- Roberts, J. M., Cabral, O. M. R., Da Costa, J. P., McWilliam, A. -L. C.; Sá, L. D. A. An overview of the leaf area index and physiological measurements during ABRACOS. In '**Amazon Deforestation and Climate**' (Eds. J.H.C.Gash, C.A.Nobre, J.M.Roberts and R.L.Victoria). Chichester, UK: John Wiley, 287-306, 1996.

Sá, L. D. A., Alvalá, R. C. S., Arai, E.; Arlino, P. R. A., Barbosa, A. C., Bolzan, M. J. A., Bonfim Jr, A., Castro Jr, W. E., Silva Dias, M. F. A., Prasad, G. S. S. D., Gielow, R., Da Costa, A. C., Manzi, A. O., Martins Nogueira, J. L., Melo, J.; Moura, R. G., Rosa, L. E.; Rossato, L., Von Randow, C. General aspects of the Rebio-Jaru Amazon Forest micrometeorological tower LBA Wet Season Campaign with some of its preliminary results. **15th Conference on Hydrology**, 369-372, 80th AMS, 2000.

Tarasova, T. A., Nobre, C. A., Eck, T. F. and Holben, B. N. Modeling of gaseous, aerosols, and cloudiness effects on surface solar irradiance measured in Brazil's Amazonia 1992-1995. *Journal Geophysical Reserch*, 105 (D2), 26961-26969, 2000.

Vermote, E. F, Tanre, D., Deuze, J. L., Herman, M., Morcrette J. J., Second Simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE Trans. Geosc. And Remote Sensing** 35 <3>: 675-686, 1997.