

Detecção de aerossóis por satélite usando o MODIS

Alexandre L. Correia

<acorreia@cptec.inpe.br>

DSA-CPTEC/INPE

Apoio: Fapesp

Setembro/2005

Sumário da apresentação

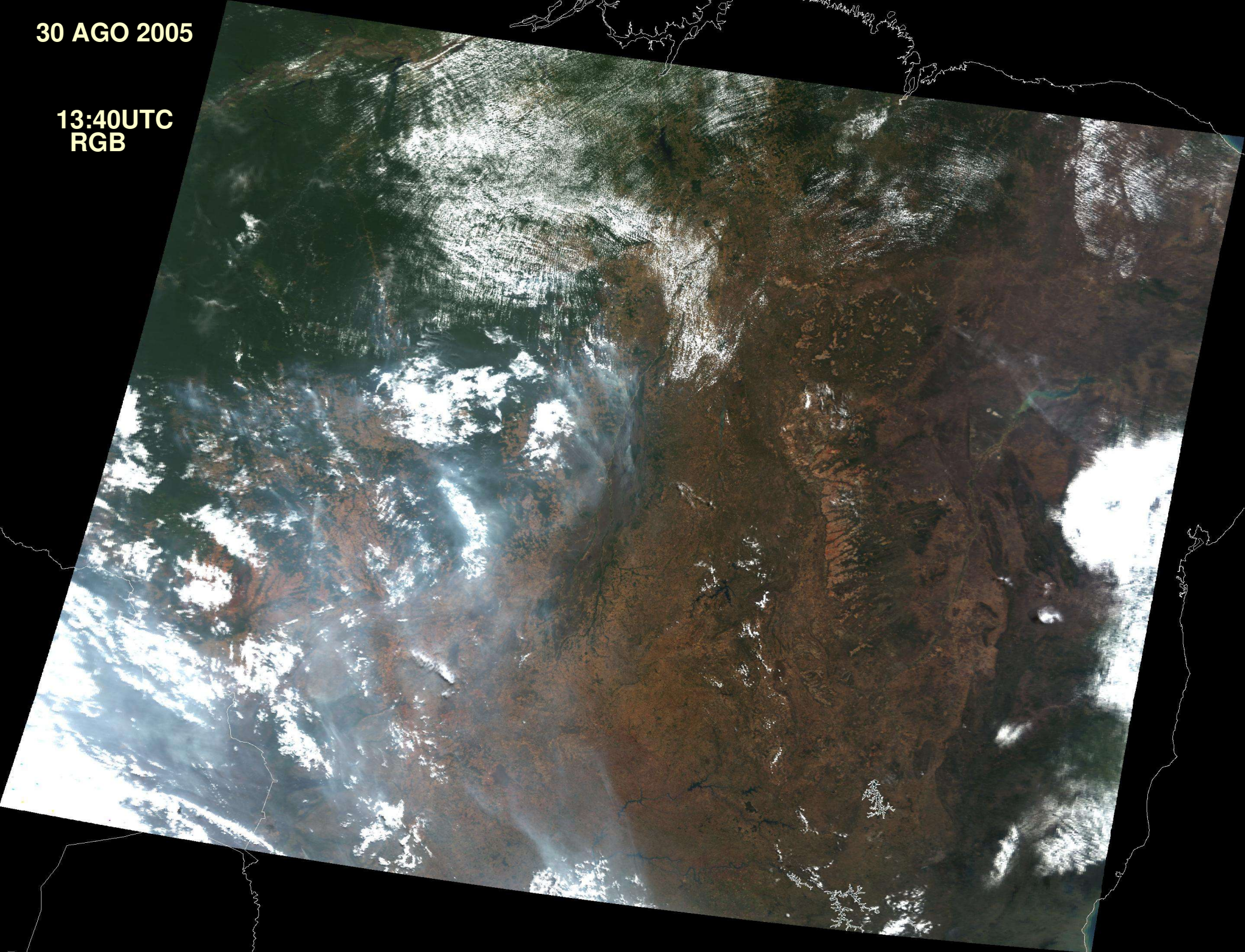
- **Princípios físicos da detecção de aerossóis com o MODIS**
- **O modelo dinâmico de aerossóis sobre o Brasil e a América do Sul**
- **Produtos de aerossol disponíveis operacionalmente: recomendações de uso e exemplos**
- **Validação sobre continentes**
- **Discussões finais e perspectivas futuras**

O algoritmo de aerossóis MODIS: princípios físicos

- a) a interação radiação solar–aerossóis decresce com λ^{-1} a λ^{-2} (Kaufman, 1993);
- b) sobre superfícies escuras o aerossol preferencialmente espalha radiação solar. Sobre superfícies brilhantes há sobreposição de espalhamento e absorção (Kaufman e Tanré, 1998).
- c) a refletância da superfície apresenta um certo grau de correlação ao longo do espectro solar (Kaufman *et al.*, 1997).

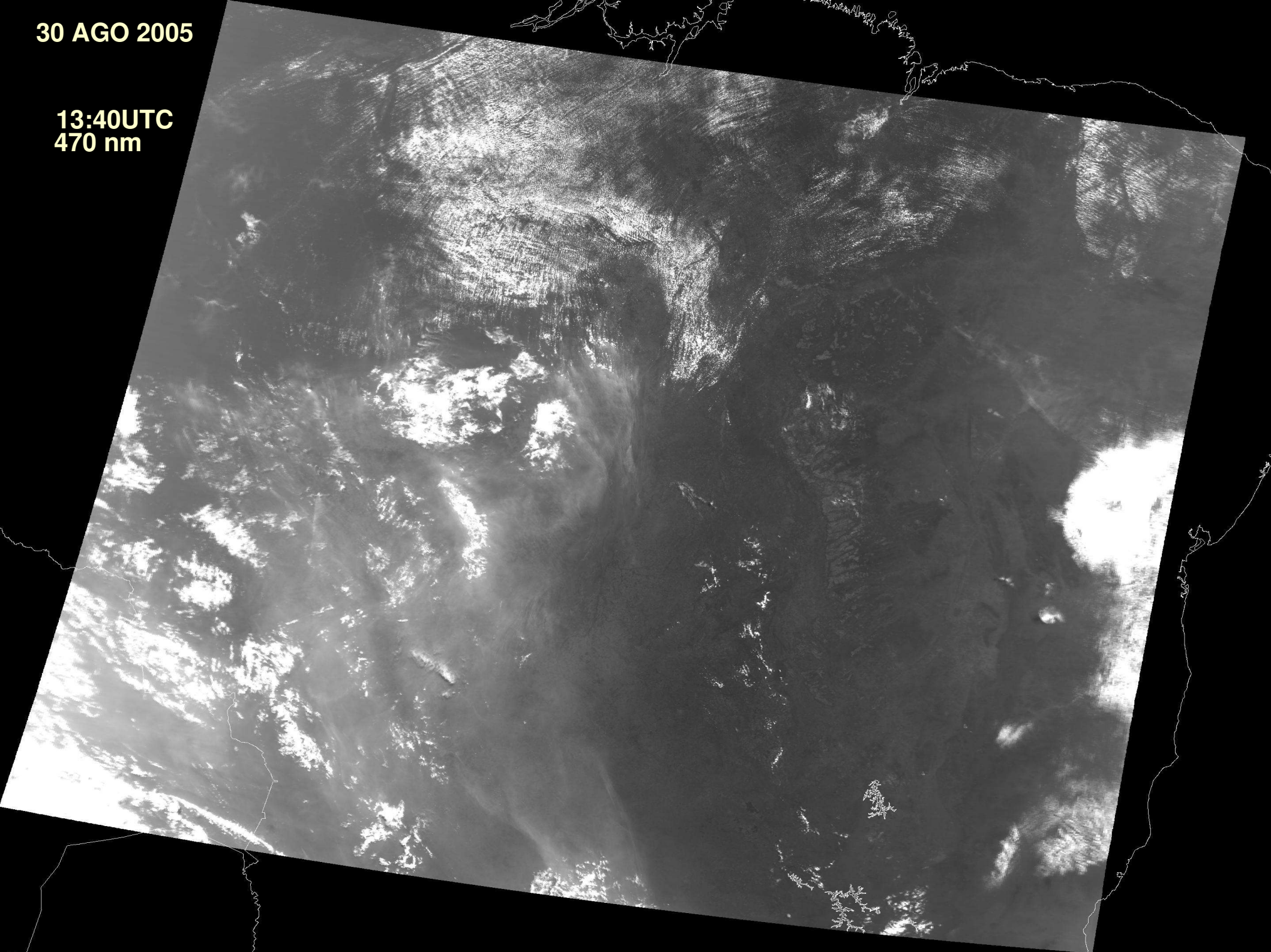
30 AGO 2005

13:40UTC
RGB



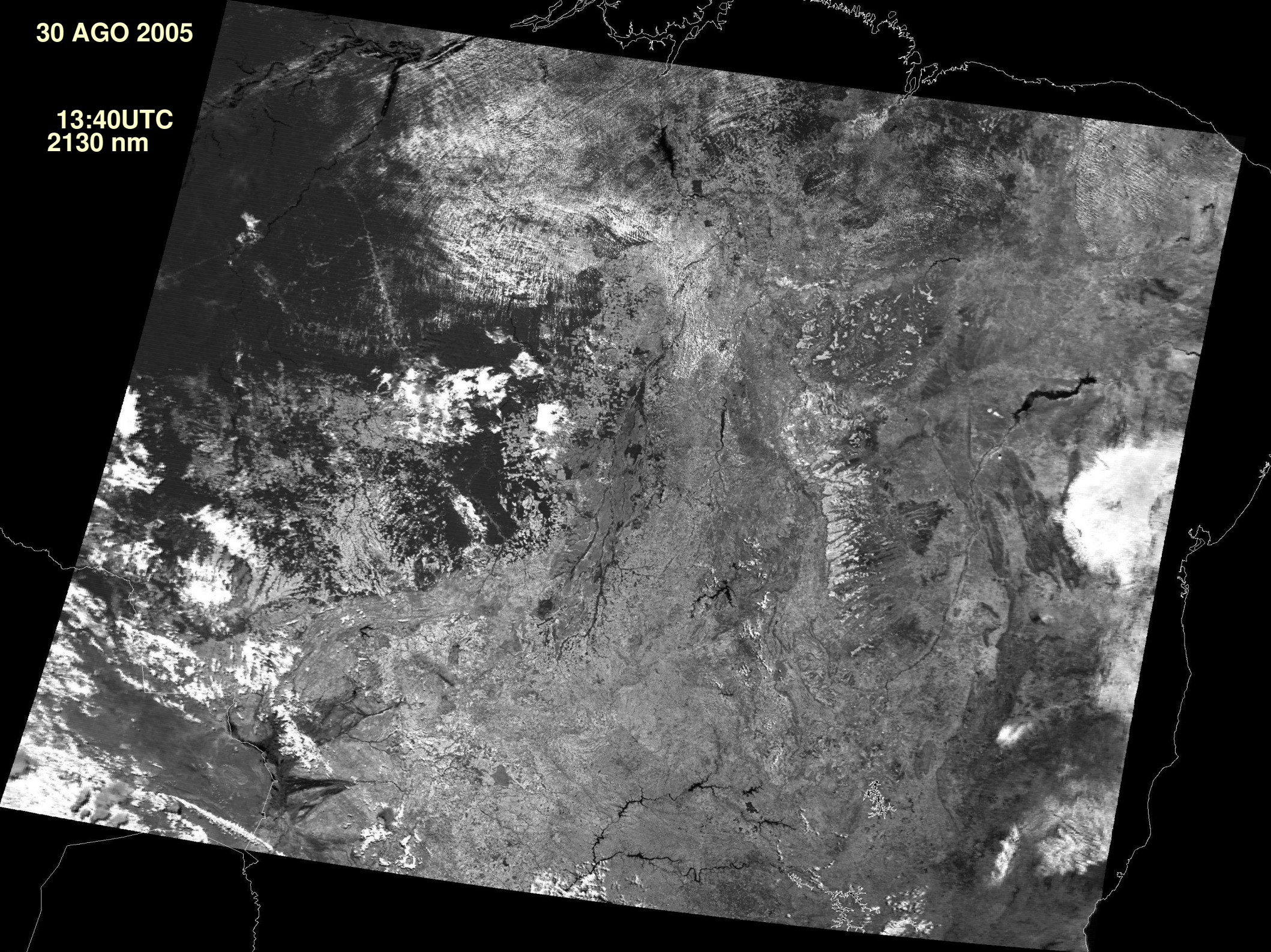
30 AGO 2005

13:40UTC
470 nm

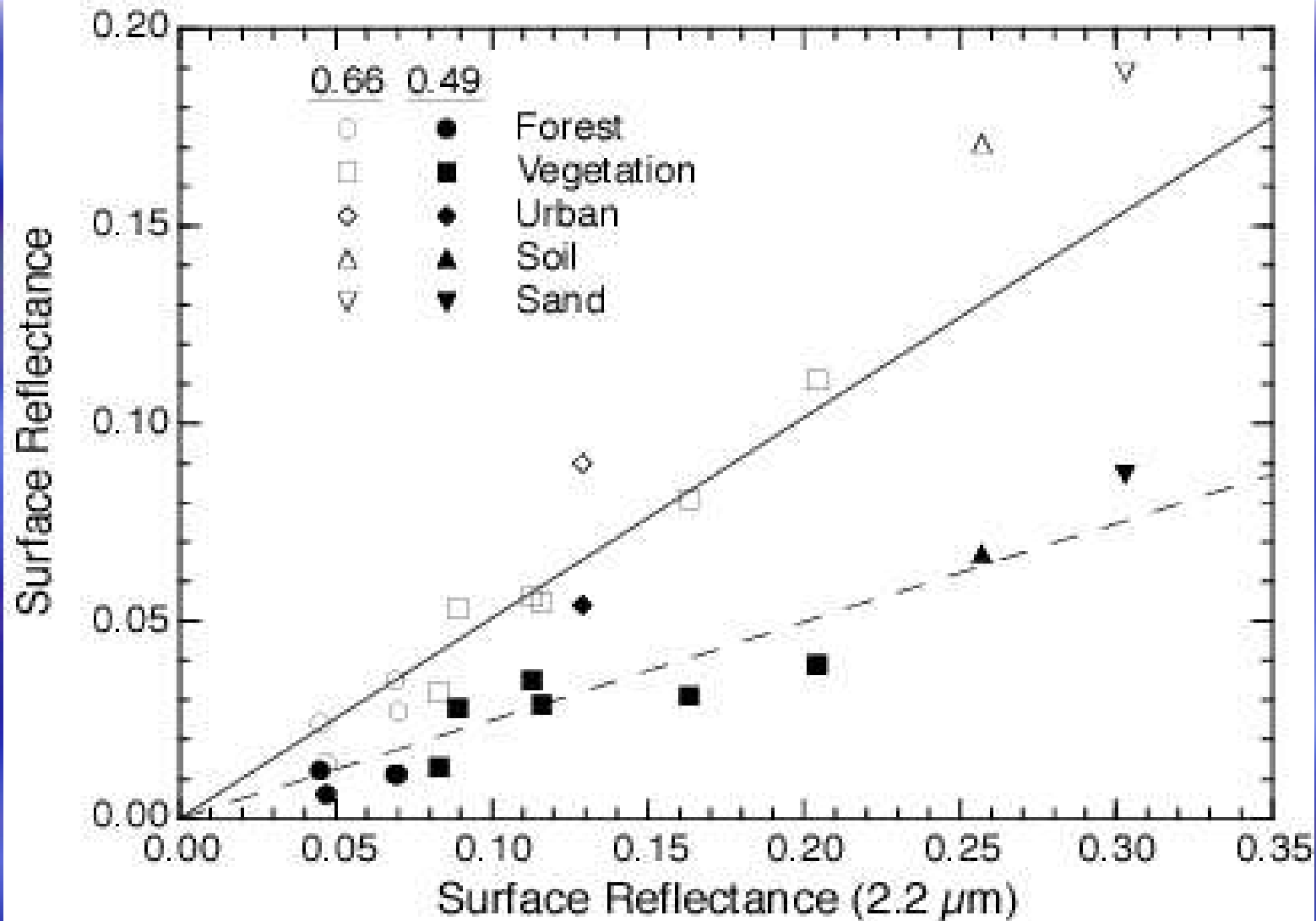


30 AGO 2005

13:40UTC
2130 nm



O algoritmo de aerossóis MODIS: princípios físicos



O algoritmo de aerossóis MODIS: funcionamento

Para pixels escuros: determinação da refletância da superfície no visível:

$$\rho_{470}^{\text{sup}} = 0,25 \rho_{2130}^{\text{tda}} \quad \text{e} \quad \rho_{660}^{\text{sup}} = 0,50 \rho_{2130}^{\text{tda}}$$

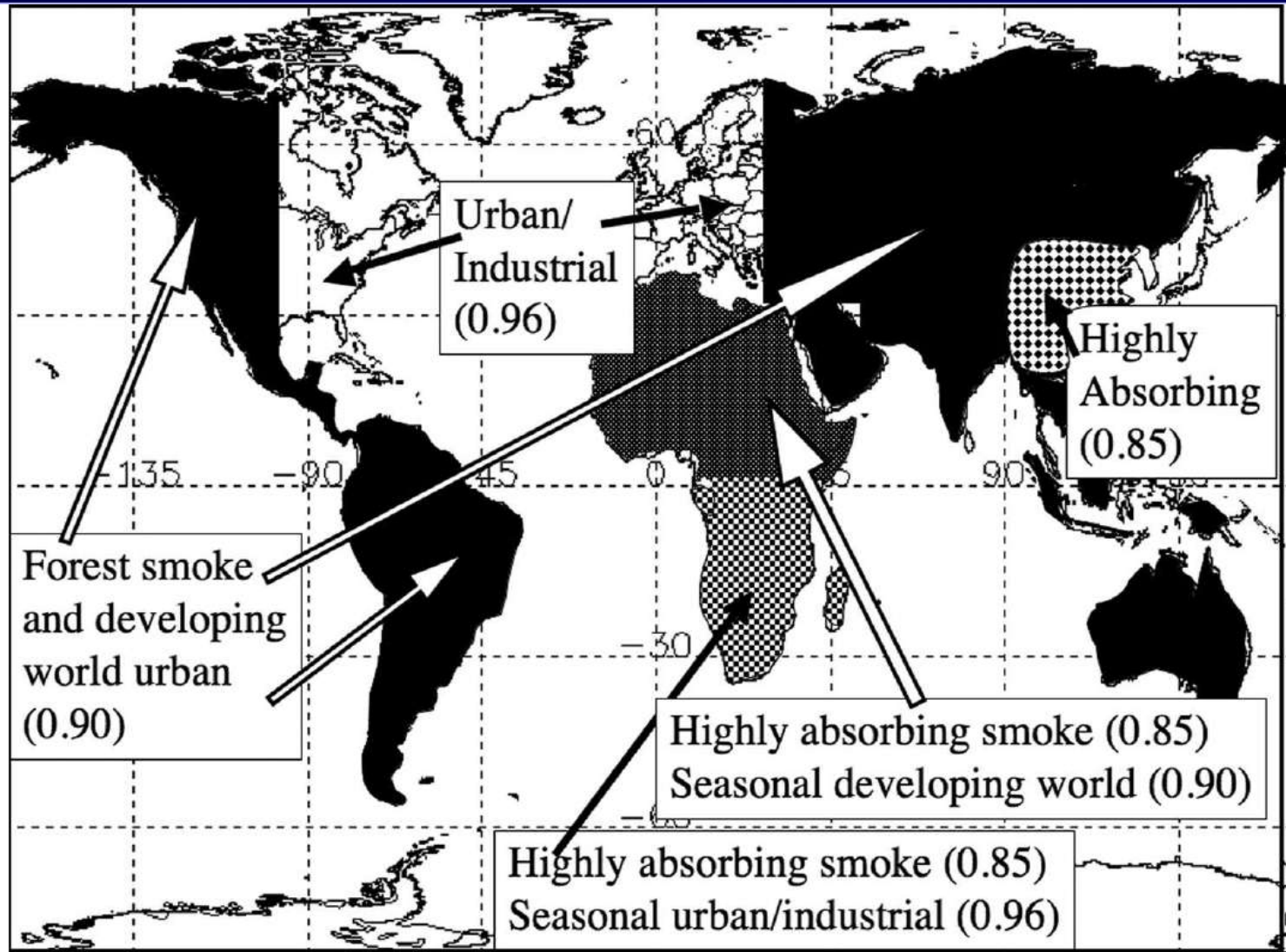
com ρ_{470}^{sup} , ρ_{470}^{tda} e geometria $\rightarrow \tau_{470}^{\text{a}}$ (LUT)

com ρ_{660}^{sup} , ρ_{660}^{tda} e geometria $\rightarrow \tau_{660}^{\text{a}}$ (LUT)

com τ_{470}^{a} e τ_{660}^{a} $\rightarrow \tau_{550}^{\text{a}}$ (interpolação)

Para o Brasil, modelo de aerossóis de “países em desenvolvimento, absorção moderada” e/ou “poeira de deserto”.

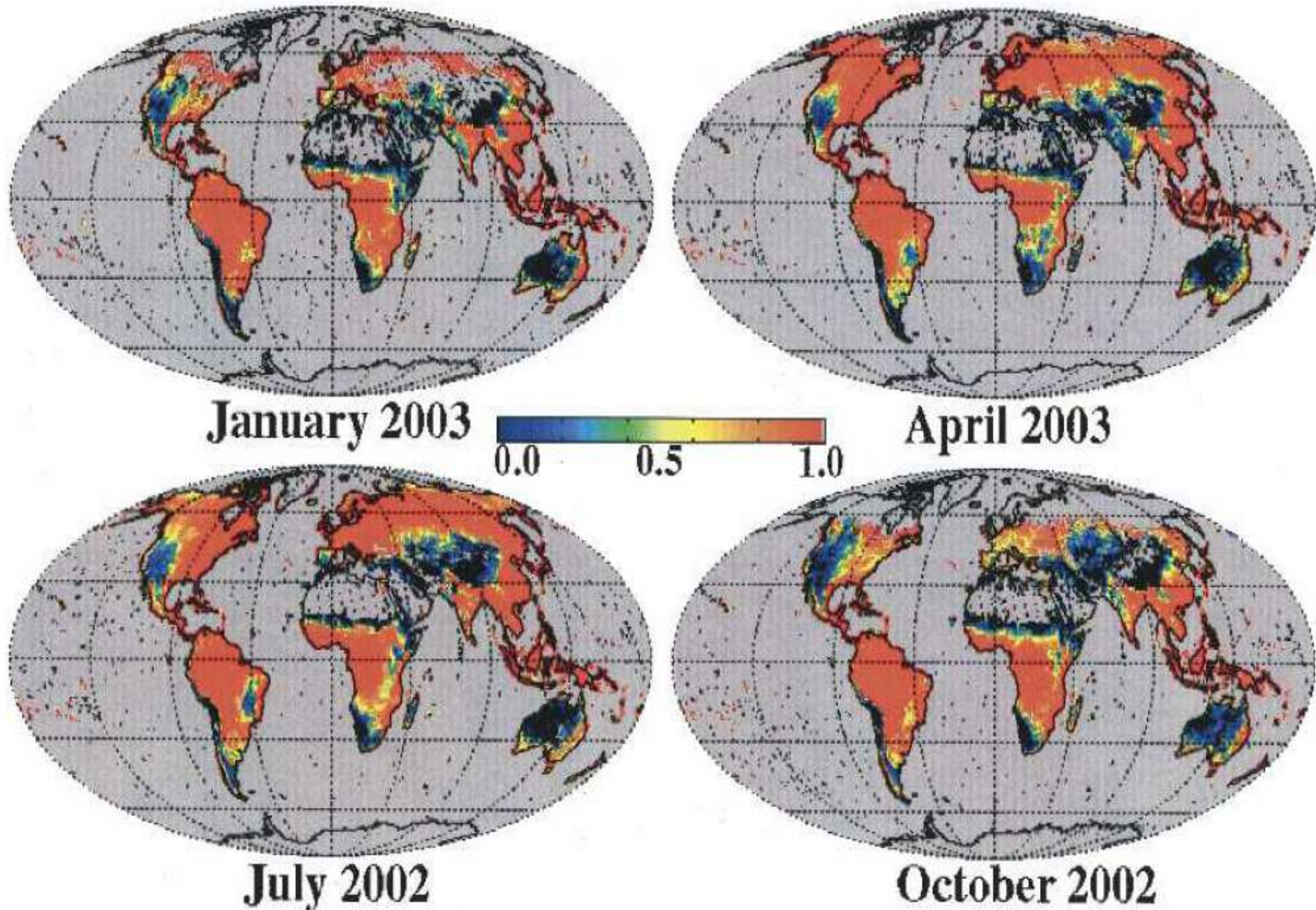
O algoritmo de aerossóis MODIS: modelo dinâmico – Brasil e América do Sul



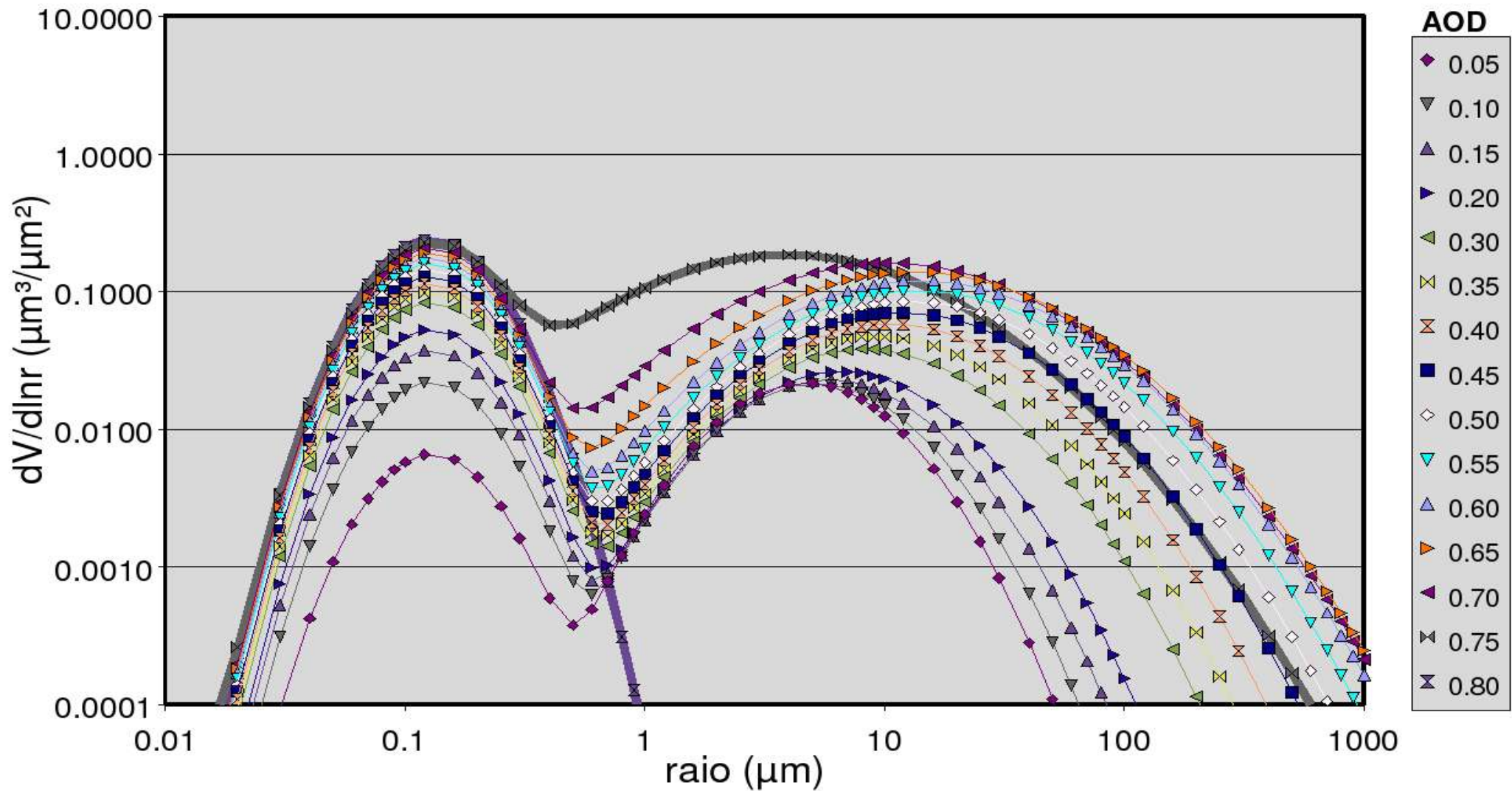
O algoritmo de aerossóis MODIS: modelo dinâmico – Brasil e América do Sul

<i>Moda</i>	$r_g(\mu m)$	σ	$V_o(\mu m)$	$\omega_{0,47}$	$\omega_{0,66}$
Países em desenvolvimento, absorção moderada (Brasil, América do Sul e outros locais)					
Acumulação	0,061	0,50	$-0,0089 + 0,31\tau_{0,66}^a$	0,91	0,89
Grossa	$1,0 - 1,3\tau_{0,66}^a$	$0,69 + 0,81\tau_{0,66}^a$	$0,024 - 0,063\tau_{0,66}^a + 0,37(\tau_{0,66}^a)^2$	0,84	0,84
Poeira de deserto (modelo selecionado com base na dependência espectral)					
Moda 1	0,0010	0,755	$6,0 \times 10^{-8}$	0,015	0,015
Moda 2	0,0218	1,160	0,01	0,95	0,95
Moda 3	6,24	0,638	0,006	0,62	0,62
Continental (modelo preliminar)					
Solúvel	0,005	1,09	3,05	0,96	0,96
Poeira	0,50	1,09	7,364	0,69	0,69
Grafítico	0,0118	0,693	0,105	0,16	0,16

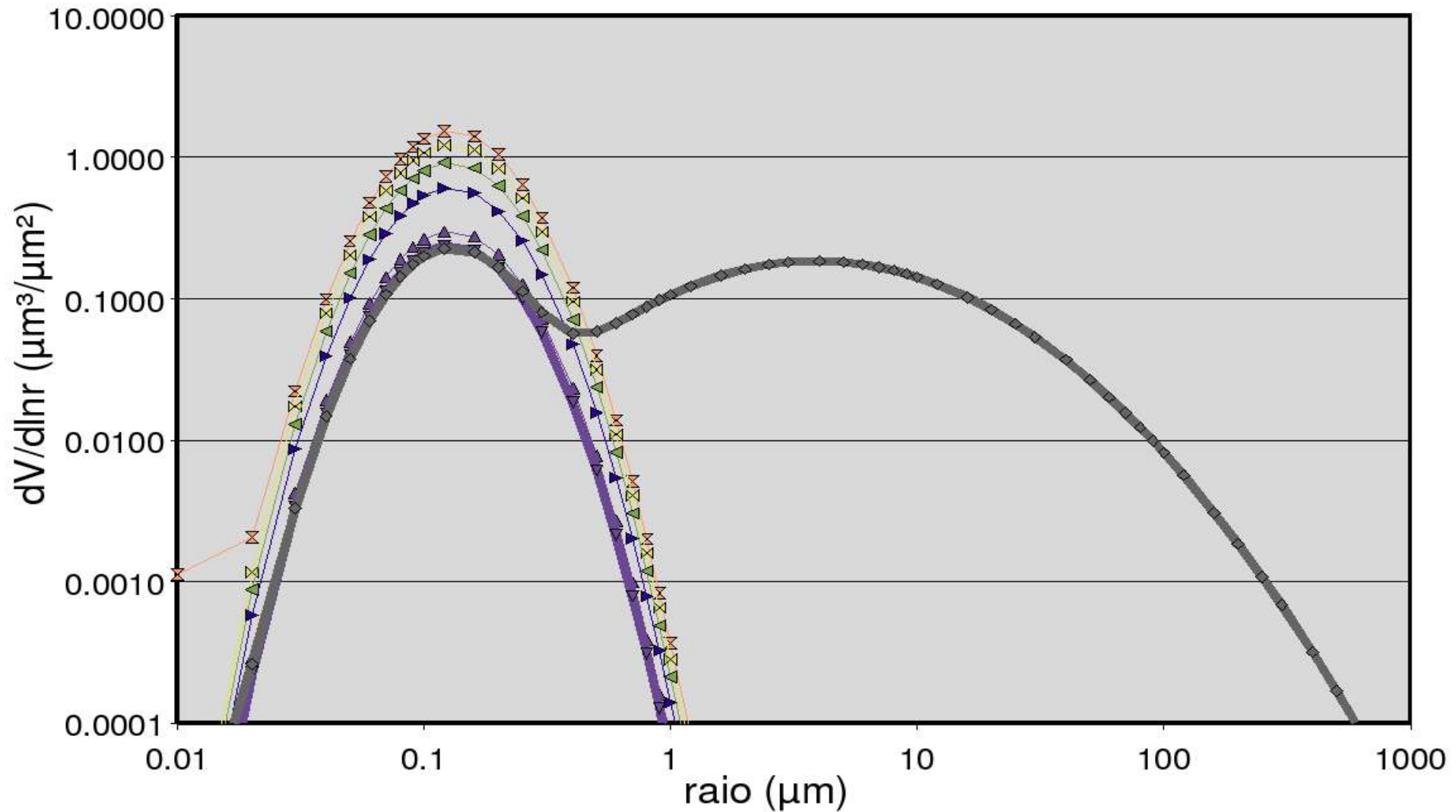
Fração da "moda fina" (Remer *et al.*, 2005)



Modelo dinâmico para o Brasil e América do Sul



Modelo dinâmico para o Brasil e América do Sul



Produtos de aerossol do MODIS

Arquivos HDF MOD04 (Terra) e MYD04 (Aqua) 10 x 10 km

9 produtos de geometria / geolocalização

3 produtos conjuntos continentes + oceanos

23 produtos sobre continentes

29 produtos sobre oceanos

Total: 64 produtos

Maioria das variáveis: uso diagnóstico

MOD04_L2_A2005242_1340.004_2005243184056.hdf

mod04

Geolocation Fields

Longitude

Latitude

Data Fields

Scan_Start_Time

Solar_Zenith

Solar_Azimuth

Sensor_Zenith

Sensor_Azimuth

Cloud_Mask_QA

Scattering_Angle

Optical_Depth_Land_And_Ocean

Optical_Depth_Ratio_Small_Land_And_Ocean

Reflected_Flux_Land_And_Ocean

Mean_Reflectance_Land_All

Standard_Deviation_Reflectance_Land_All

Path_Radiance_Land

Error_Path_Radiance_Land

Critical_Reflectance_Land

Error_Critical_Reflectance_Land

QualityWeight_Path_Radiance_Land

QualityWeight_Critical_Reflectance_Land

Aerosol_Type_Land

Continental_Optical_Depth_Land

Corrected_Optical_Depth_Land

Estimated_Uncertainty_Land

Mass_Concentration_Land

Angstrom_Exponent_Land

Reflected_Flux_Land

Transmitted_Flux_Land

Cloud_Fraction_Land

Optical_Depth_Ratio_Small_Land

Number_Pixels_Percentile_Land

Number_Pixels_Percentile_Land

Mean_Reflectance_Land

STD_Reflectance_Land

Quality_Assurance_Land

Quality_Assurance_Crit_Ref_Land

Solution_Index_Ocean_Small

Solution_Index_Ocean_Large

Effective_Optical_Depth_Best_Ocean

Effective_Optical_Depth_Average_Ocean

Optical_Depth_Small_Best_Ocean

Optical_Depth_Small_Average_Ocean

Optical_Depth_Large_Best_Ocean

Optical_Depth_Large_Average_Ocean

Mass_Concentration_Ocean

Effective_Radius_Ocean

Cloud_Condensation_Nuclei_Ocean

Asymmetry_Factor_Best_Ocean

Asymmetry_Factor_Average_Ocean

Backscattering_Ratio_Best_Ocean

Backscattering_Ratio_Average_Ocean

Angstrom_Exponent_1_Ocean

Angstrom_Exponent_2_Ocean

Reflected_Flux_Best_Ocean

Reflected_Flux_Average_Ocean

Transmitted_Flux_Best_Ocean

Transmitted_Flux_Average_Ocean

Least_Squares_Error_Ocean

Optical_Depth_Ratio_Small_Ocean_0.55micron

Optical_Depth_by_models_ocean

Cloud_Fraction_Ocean

Number_Pixels_Used_Ocean

Mean_Reflectance_Ocean

STD_Reflectance_Ocean

Quality_Assurance_Ocean

Recomendações de uso: produtos sobre continentes

Produto principal sobre continentes (validado):

Profundidade óptica de aerossóis em 470, 550 e 660 nm:

`Corrected_Optical_Depth_Land`

Produtos ainda não validados:

Expoente de Angström ente 470 e 660 nm (ok para AOD baixo?):

`Angstrom_Exponent_Land`

Fração da profundidade óptica devido a “moda fina”:

`Optical_Depth_Ratio_Small_Land`

Produtos parametrizados:

Concentração de massa (realístico sobre o Brasil?):

`Mass_Concentration_Land`

Recomendações de uso: produtos sobre continentes

Produto que **NÃO** deve ser usado:

Continental_Optical_Depth_Land (diagnóstico, solução inicial)

Produto sob redefinição na próxima versão (Coleção 5):

Cloud_Fraction (hoje inclui corpos d'água, sedimentos, etc.)

Produtos a serem descontinuados na próxima versão (Coleção 5):

Reflected_Flux_Land_And_Ocean

Reflected_Flux_Land

Transmitted_Flux_Land

Estimated_Uncertainty_Land

O algoritmo de aerossóis MODIS: Exemplos de produtos

Composição RGB

Profundidade óptica em 470 nm

Profundidade óptica em 660 nm

Expoente de Angström 470-660 nm

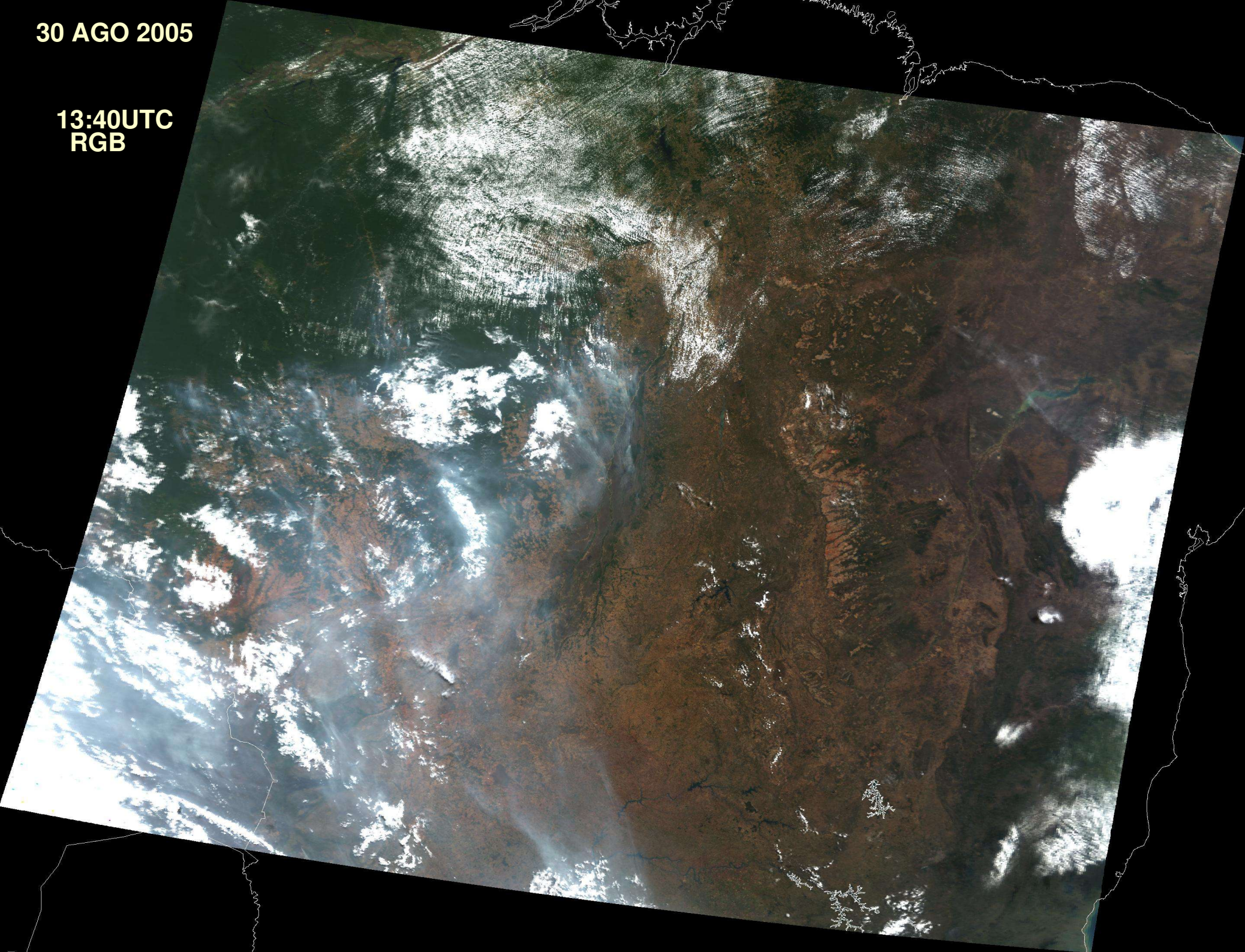
Concentração de Massa

Fração da profundidade óptica devido a “moda fina”

Fluxo refletido em 470 nm

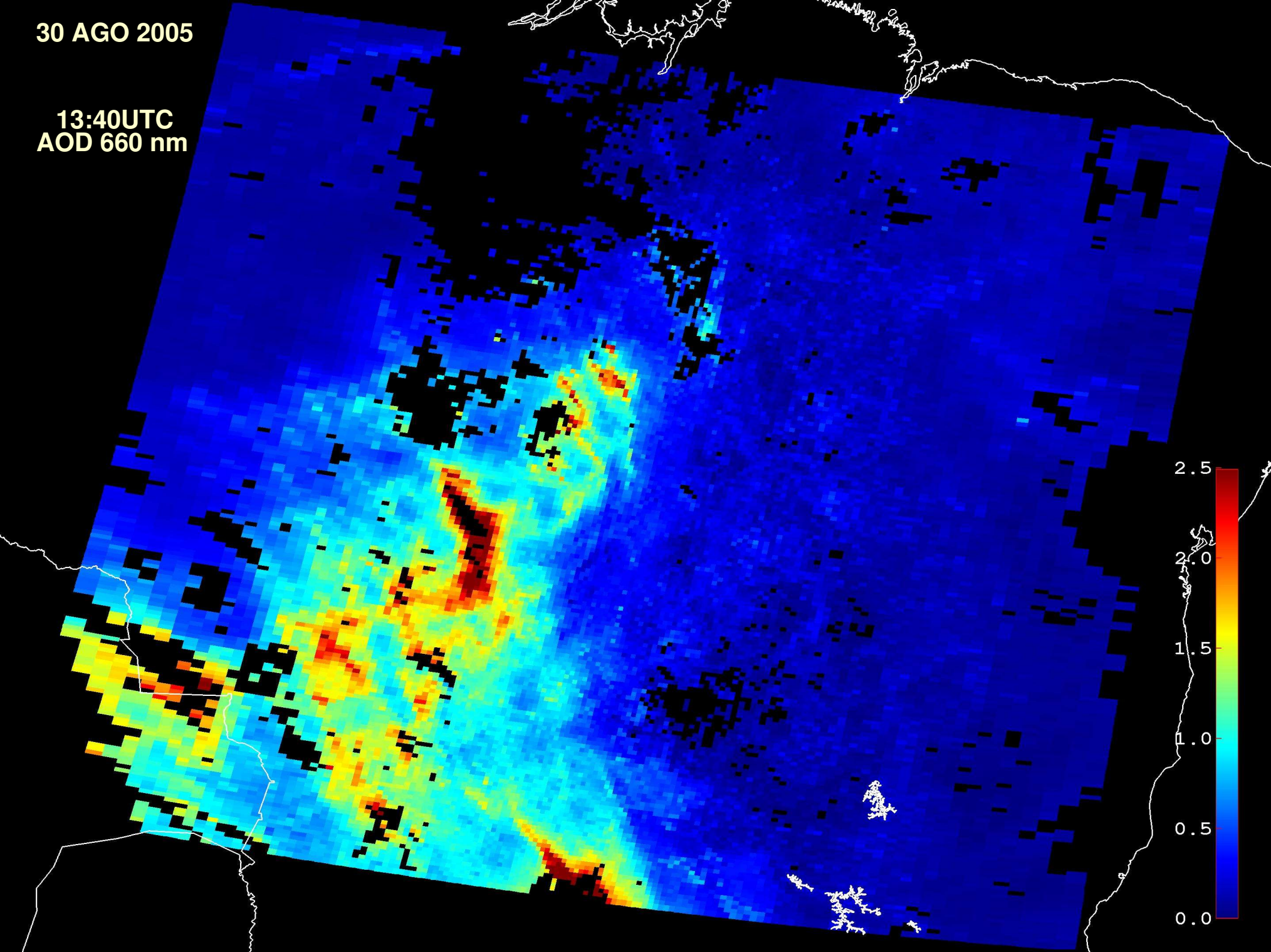
30 AGO 2005

13:40UTC
RGB



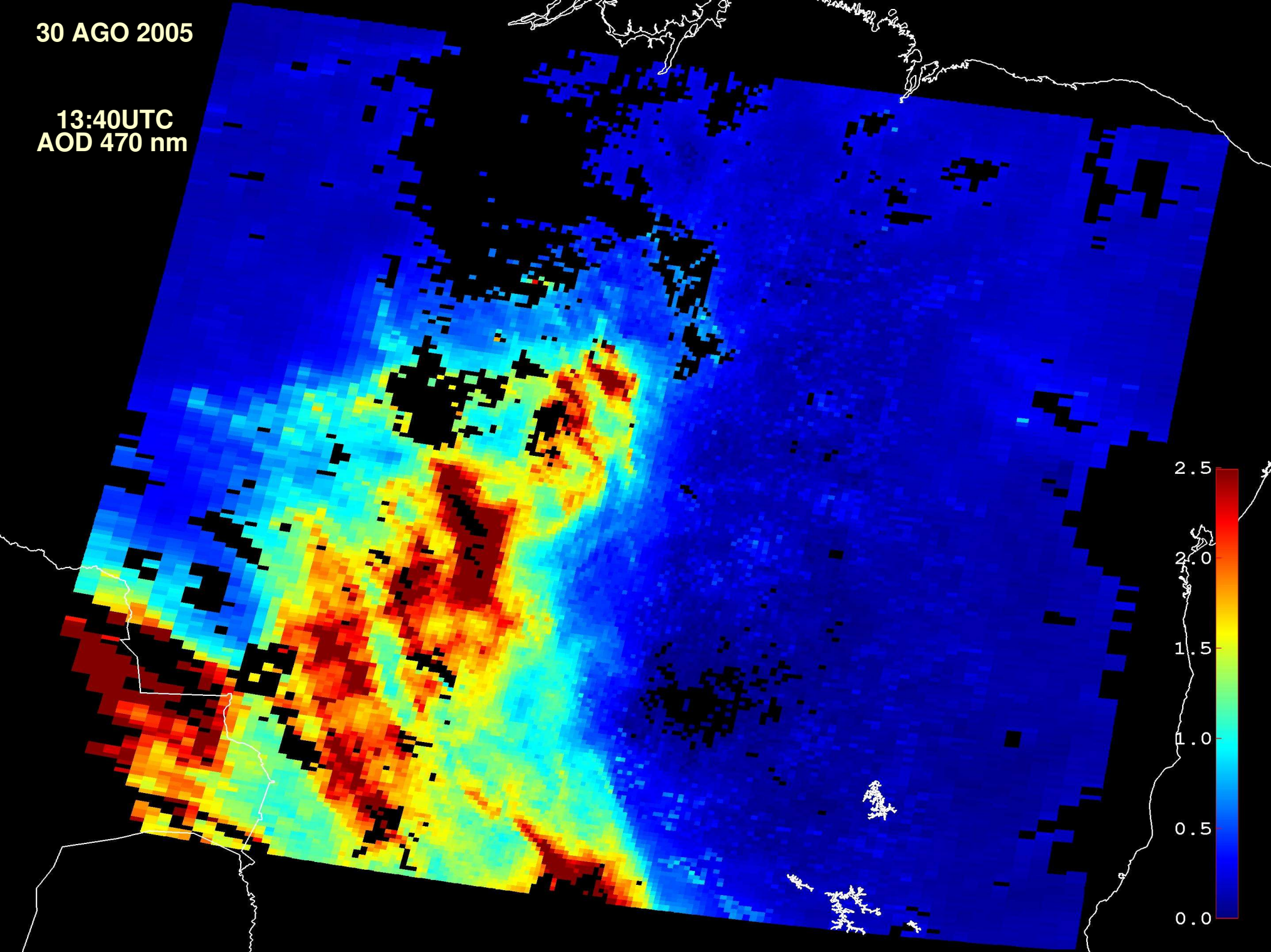
30 AGO 2005

13:40UTC
AOD 660 nm



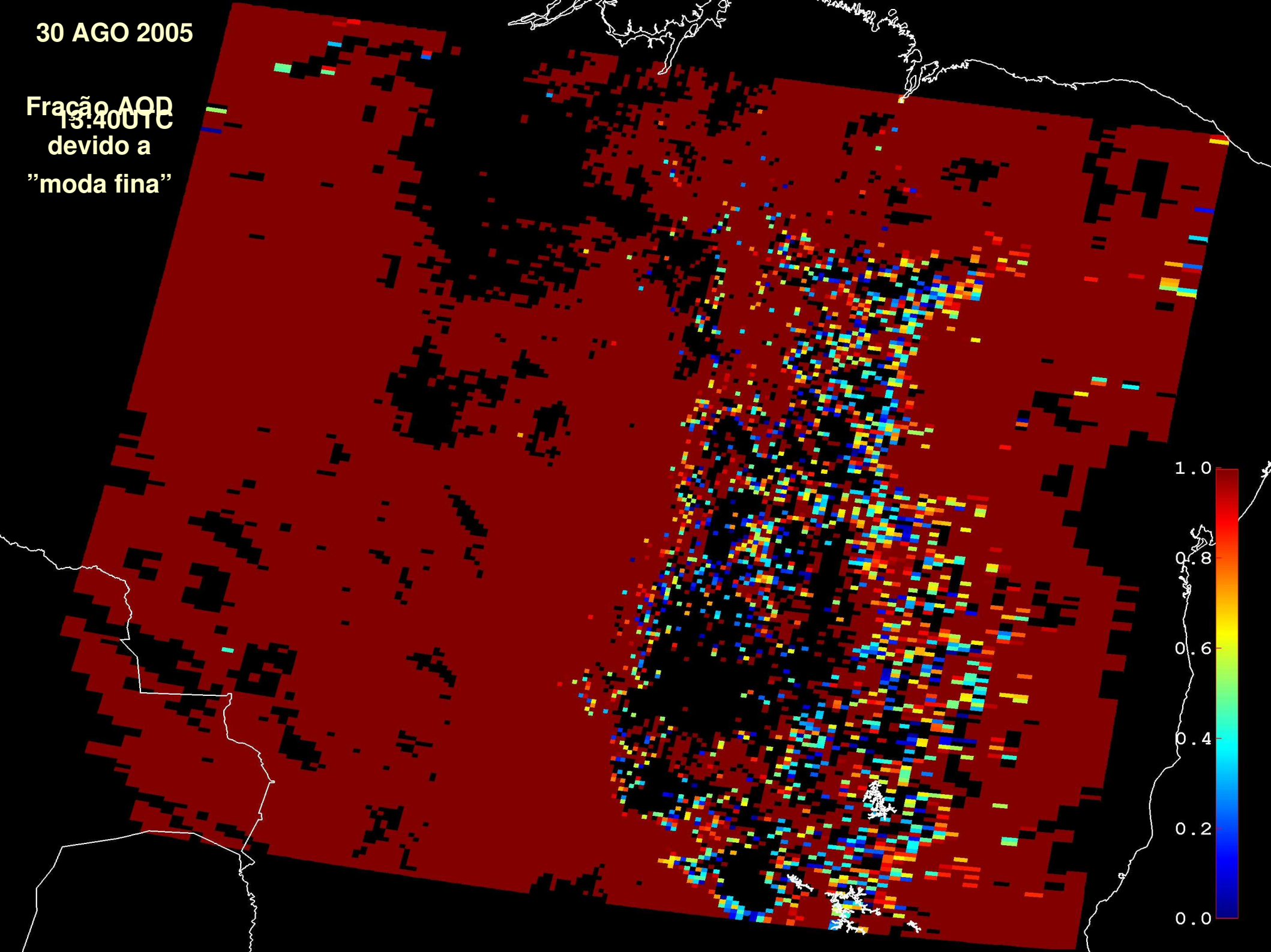
30 AGO 2005

13:40UTC
AOD 470 nm



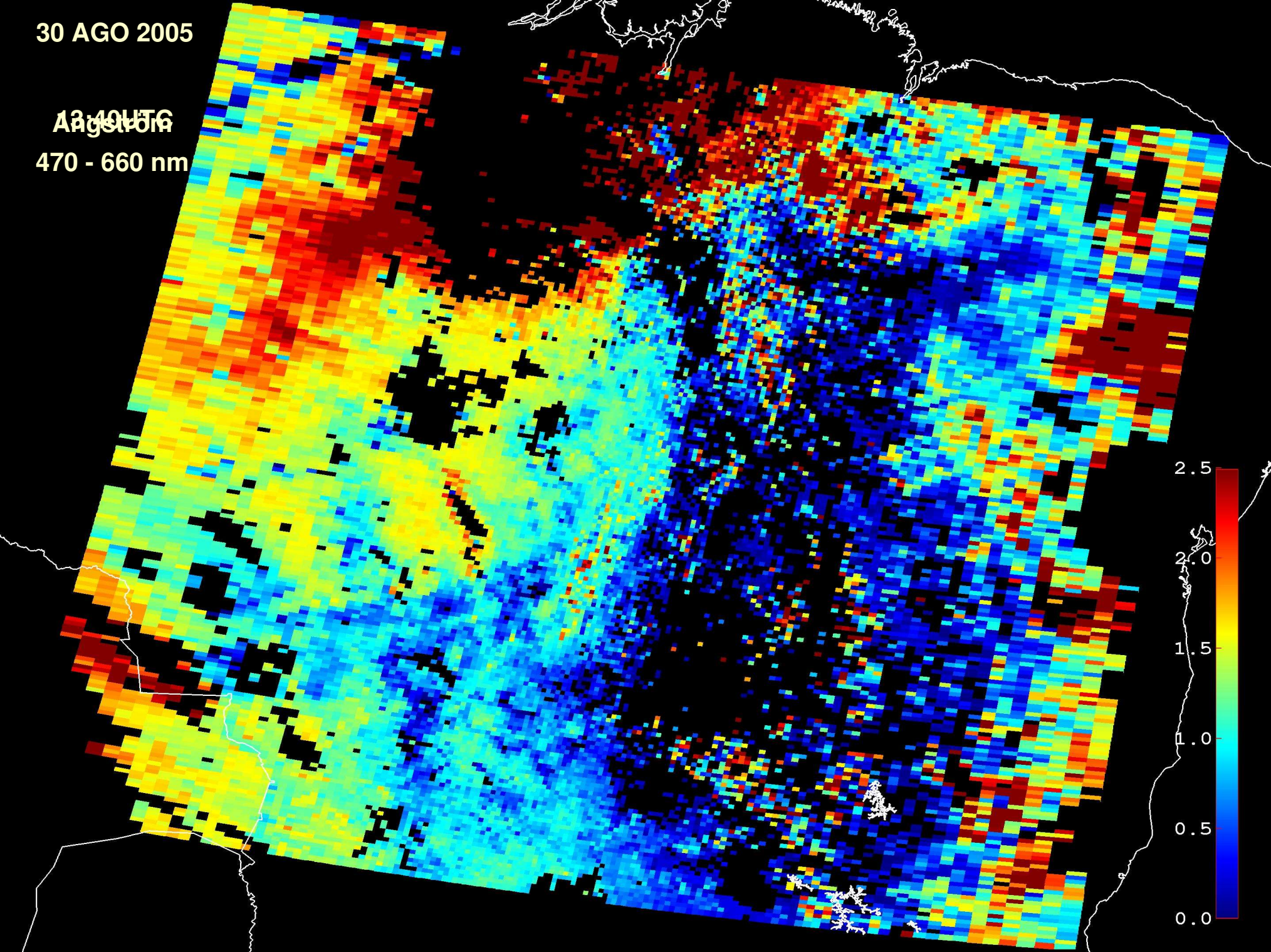
30 AGO 2005

Fração AOD
13.40UTC
devido a
"moda fina"



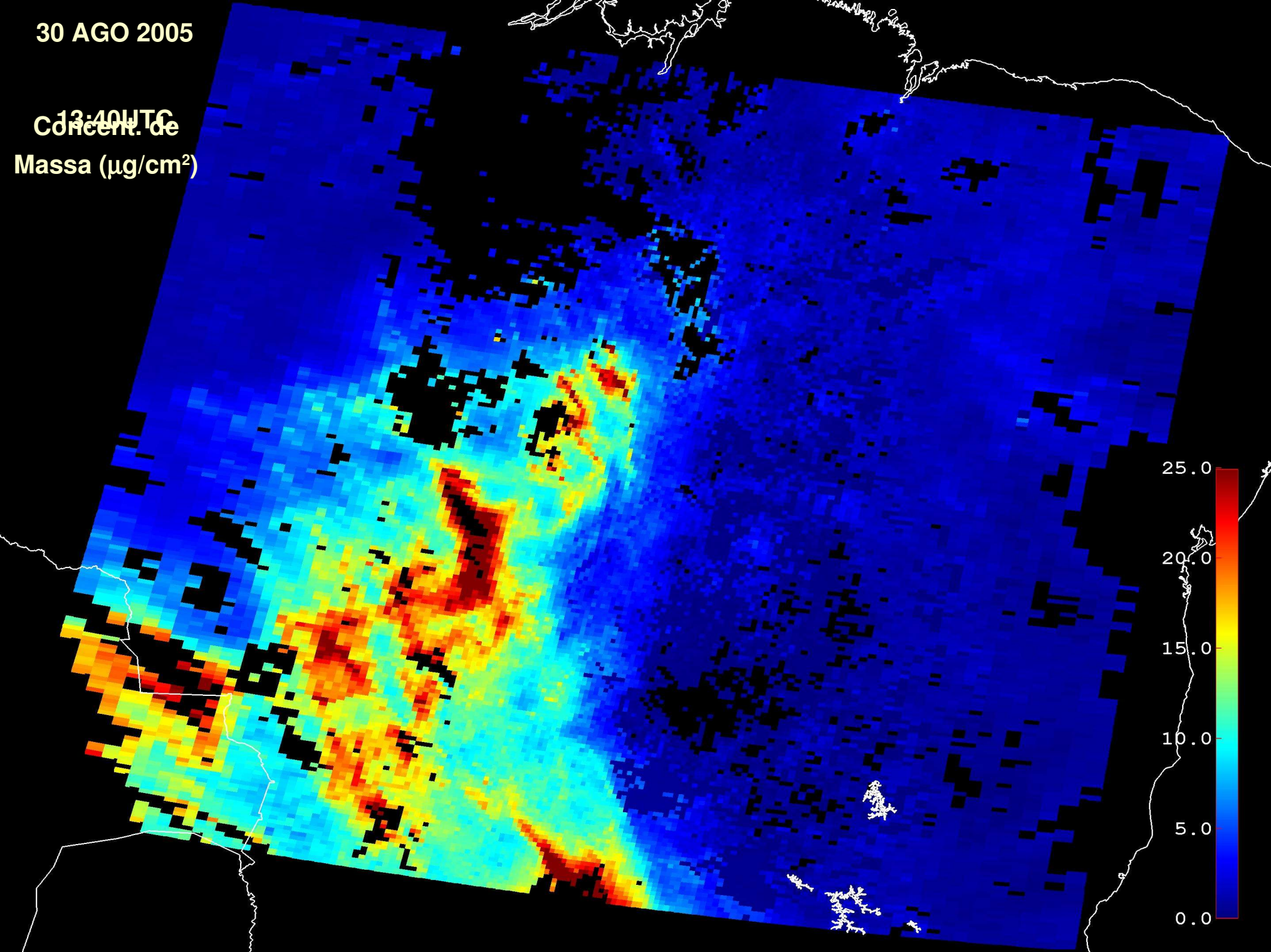
30 AGO 2005

ARGO/TG
470 - 660 nm



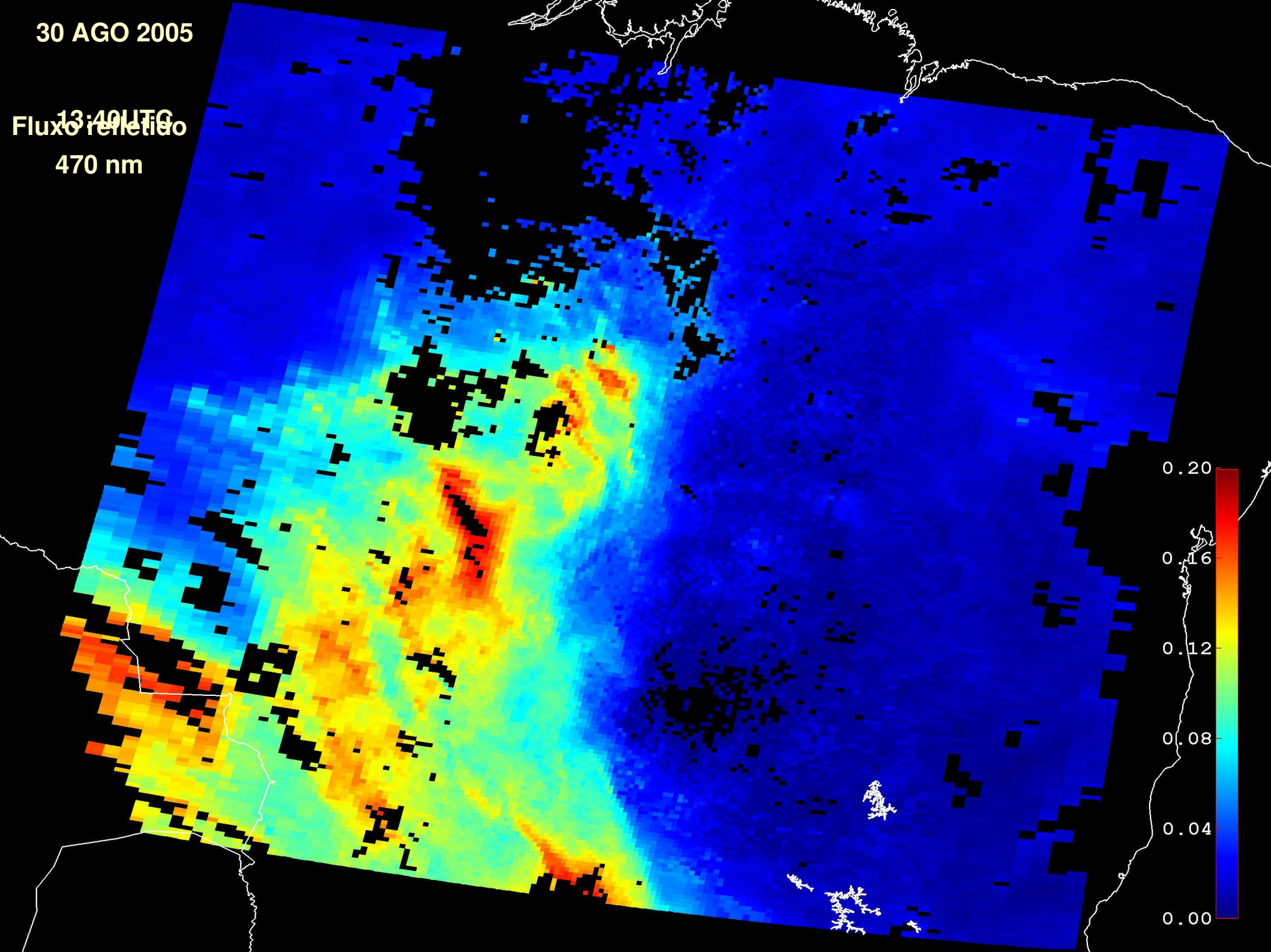
30 AGO 2005

13:40 UTC
Concent. de
Massa ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

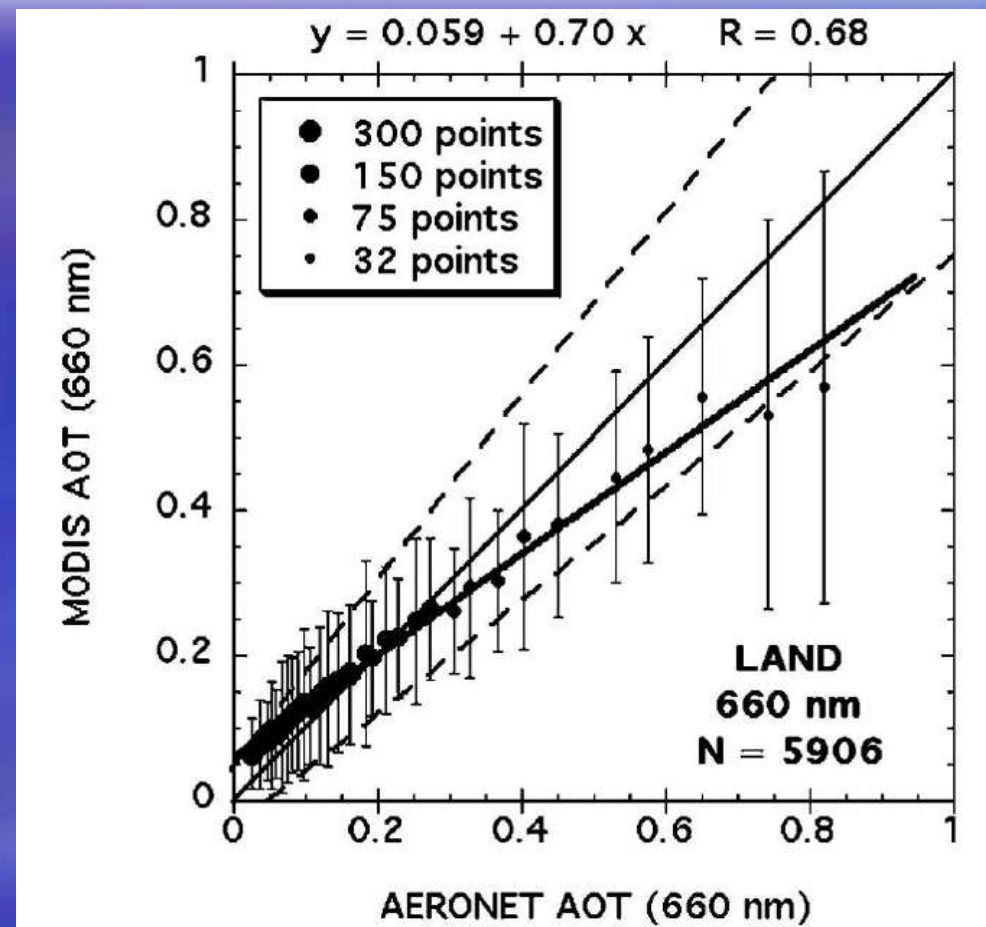
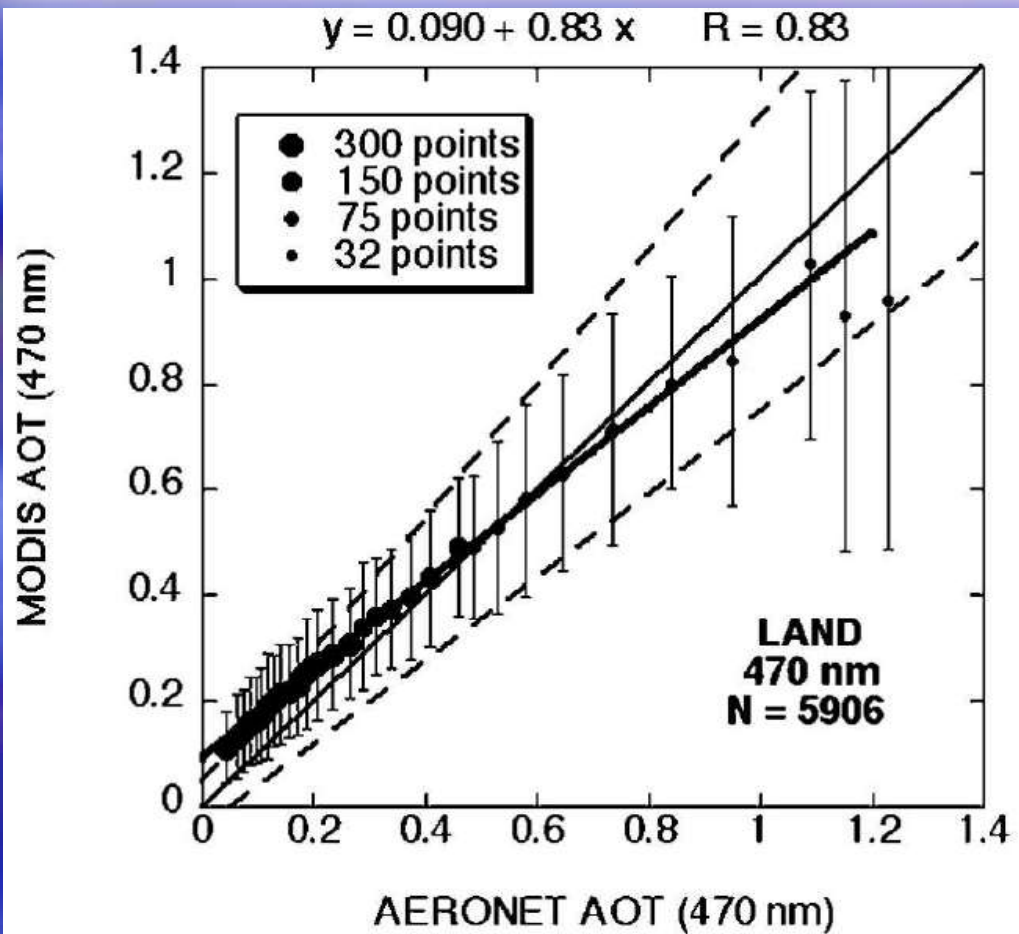


30 AGO 2005

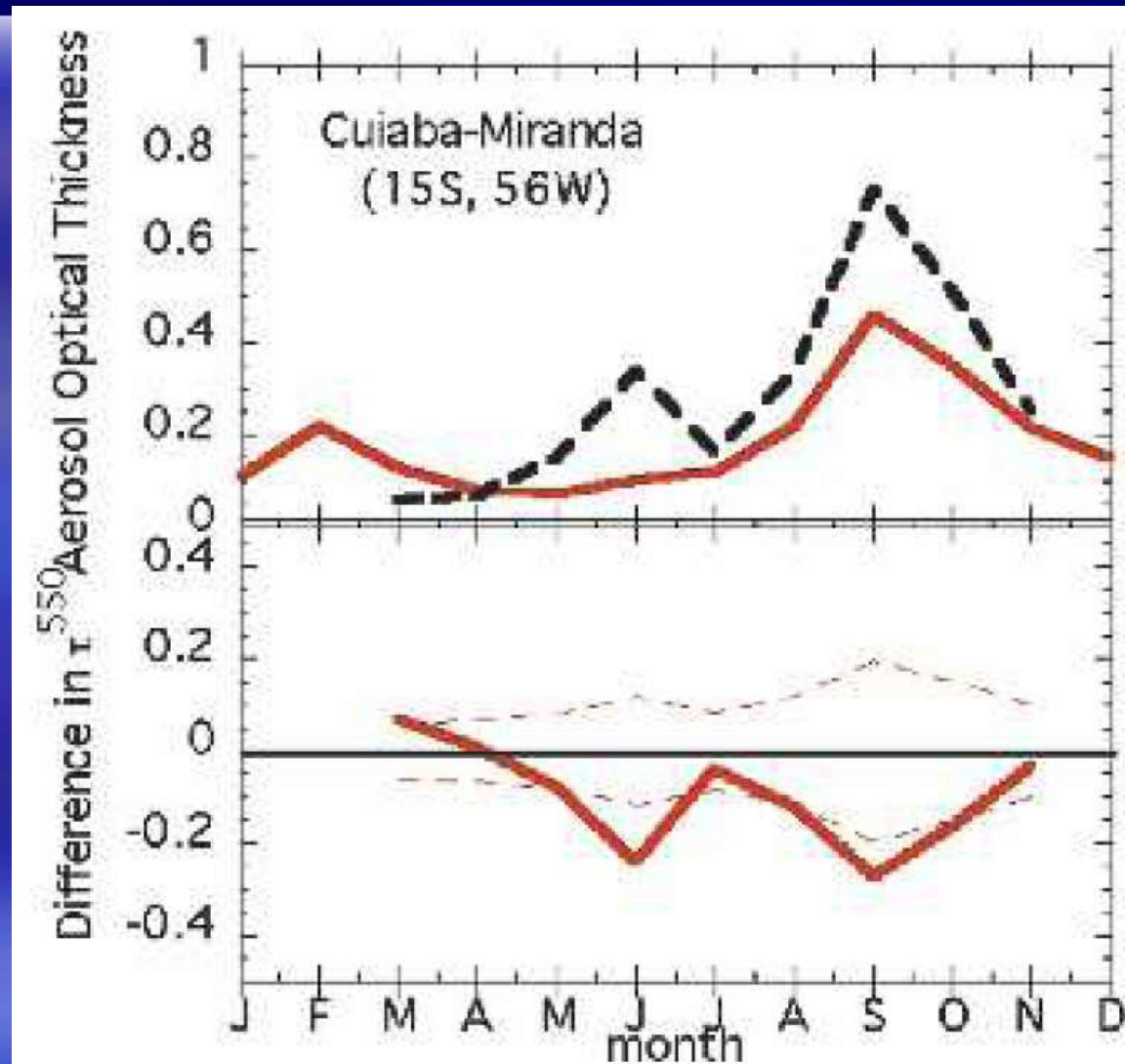
Fluxo refletido
13:40 UTC
470 nm



Validação de produtos de aerossol: sobre continentes



Validação de produtos de aerossol: sobre continentes



Discussões finais e perspectivas futuras

- **A NASA fornece estimativas da profundidade óptica de aerossóis e outras variáveis obtidas com o MODIS de forma operacional sobre todo o globo, baseando-se em princípios físicos empíricos da interação entre radiação solar, aerossóis e superfície.**
- **O produto operacional de aerossóis contém 64 variáveis, das quais a maior parte tem uso apenas diagnóstico. Há variáveis validadas, outras em processo de validação e ainda outras parametrizadas. A qualidade das validações depende das condições locais.**
- **Há variáveis que são recomendadas e outras que não devem ser utilizadas em aplicações.**

Discussões finais e perspectivas futuras

- **Validações em experimentos de campo mostram uma precisão global estimada em $\pm 0,15\tau \pm 0,05$. Em alguns lugares, como na Bacia Amazônica, podem ocorrer situações menos favoráveis.**
- **As simplificações do algoritmo consideradas em escalas globais podem não ser válidas em escalas regionais ou locais. Por exemplo, no caso de grandes queimadas anuais na Bacia Amazônica pode haver a contaminação do canal de 2130 nm pelo sinal de aerossóis em plumas concentradas.**

Discussões finais e perspectivas futuras

- O modelo dinâmico de aerossóis sobre o Brasil, parametrizado em função da profundidade óptica, é o mesmo utilizado em várias outras regiões do mundo, e pode não ser o mais adequado à realidade nacional.
- Em razão das aproximações, algumas variáveis do produto de aerossóis podem apresentar valores pouco realísticos, como por exemplo o expoente de Angström entre 470 e 660 nm para regiões com profundidade óptica acima de 1,0.
- Fração da profundidade óptica devido à “moda fina” deveria ser devido à “aerossol que não contém poeira de deserto”.

Discussões finais e perspectivas futuras

- **O produto de aerossóis do MODIS encontra-se constantemente em aperfeiçoamento. Na Coleção 5 serão introduzidas novas variáveis e removidas outras. Para mais informações:**
<http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/index.html>
- **Projeto de sensoriamento remoto DSA/CPTEC (fase inicial):**
 - produtos de aerossol em tempo quase-real
 - produtos de passagens arquivadas (banco de dados)
 - modelos dinâmicos para o Brasil e América do Sul
 - melhor resolução espacial e estratégias de validação

Agradecimentos

NASA/GSFC

Márcia Yamasoe (IAG/USP)

FAPESP - processos 04/10084-8 e 05/51356-3

- FIM -