

## Intercomparação de produtos AQUA&TERRA/MODIS e Suomi-NPP/VIIRS sobre o Brasil

Jurandir Ventura Rodrigues<sup>1</sup>  
Simone Sievert da Costa<sup>1</sup>  
Rogério da Silva Batista<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Caixa Postal 01 – 12630000 - Cachoeira Paulista - SP, Brasil  
{jurandir.rodrigues, simone.sievert, rogerio.batista}@cptec.inpe.br

**Abstract.** This study aims to intercompare the atmospheric and surface products from MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) on board AQUA and TERRA with those from VIIRS (Visible Infrared Imager Radiometer Suite) from Suomi-NPP (VIIRS/S-NPP). VIIRS is the MODIS heritage, with more fine radiometric and spectral resolution. The products that are compared are: cloud mask, cloud phase, aerosol optical depth, NDVI and continental surface temperature for a specific day. Results shows that VIIRS has improved on cloud retrieval in comparison to MODIS. Although both sensor has the same cloud mask, VIIRS algorithm classified 7 types of cloud phase while MODIS has 5. Aerosol optical depth from MODIS and VIIRS show good agreement with ground base data from AERONET. It is important observe that VIIRS is a satellite sensor of third generation with the concern to create and present products processed with quality and precision for determine events of the atmosphere, surface and ocean.

**Palavras-chave:** hyperspectral sensor, satellite data processing, remote sensing, sensor hyperespectral, processamento de dados de satélite, sensoriamento remoto

### 1. Introdução

Com o avanço tecnológico e científico de satélite polar e geoestacionário, envolvendo resoluções espacial e temporal, é fundamental uma infraestrutura de processamento para a aquisição de dados dentro de um prazo viável a colaborar de fato com os diagnósticos de previsão de tempo e em alguns casos diretamente com a sociedade. Os satélites de órbita polar permitem obter informações com alta resolução espacial e espectral.

O sensor MODIS abordo dos satélites Terra e Aqua foi uma revolução que proveu diversas informações para as mais amplas áreas do monitoramento do continente, oceano e atmosfera. O sensor MODIS apresenta 36 canais, sendo 2 no espectro do visível e com 250 metros de resolução espacial, 5 no infravermelho próximo com 500 metros e os demais nos espectros infravermelho e termal com resolução de 1000 metros (Tabela 1). As informações dos dados dos satélite Terra e Aqua para o sensor MODIS estão arquivados em mais de 10 anos de dados e permite gerar conhecimento de diversas variáveis meteorológicas e ambientais (Rudorff et al. 2007) além de ser validado por diversos grupos. Associado a boa experiência e referência com o sensor MODIS, a nova geração de satélites de órbita polar Suomi-NPP (*S-NPP*) contem o sensor VIIRS (*Visible Infrared Imager Radiometer Suite*). O VIIRS possui 22 canais, com melhor resolução espacial para os canais denominados moderados (canais de 1 a 16, Tabela 1). O S-NPP foi lançado em Outubro de 2011 e passou a disseminar os dados de forma mais constante de forma global via servidores de acesso ou através de antenas de recepção. O INPE está recepcionando os dados dos sensores MODIS-TERRA e AQUA desde de 2002, e recentemente os dados do S-NPP, mais especificamente desde outubro/2013.

O MODIS e VIIRS fornece diariamente imagens de alta resolução espectral e radiométrica do visível até o infravermelho terrestre (Tabela 1). As vantagens do VIIRS em

relação MODIS estão na resolução espectral de alguns canais e na largura da faixa de varredura. Ambos podem produzir um mesmo conjunto de variáveis, permitindo o monitoramento contínuo da atmosfera, superfície continental e oceânica. Esse aspecto é importante para estudos climáticos que precisam de uma longa série de dados.

A Figura 1 mostra consecutivamente a passagem e órbita dos satélites Terra, Aqua e NPP que permite identificar o centro da passagem ocorrida nos horários mencionados na própria linhas em branco. Estes satélites são polares e somente passam no mesmo local a cada 16 dias.

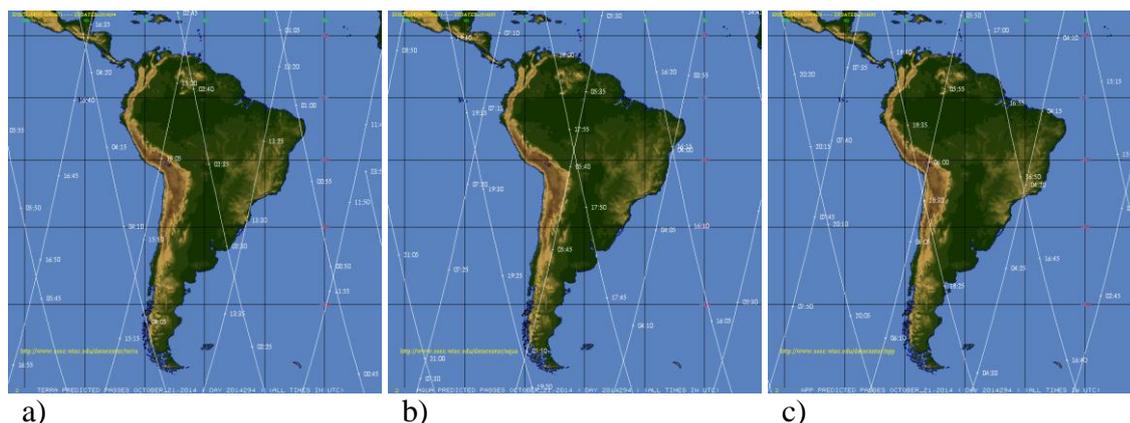


Figura 1. Órbita do satélite para o dia 21/10/2014 - TERRA (a), AQUA (b) e NPP (c)

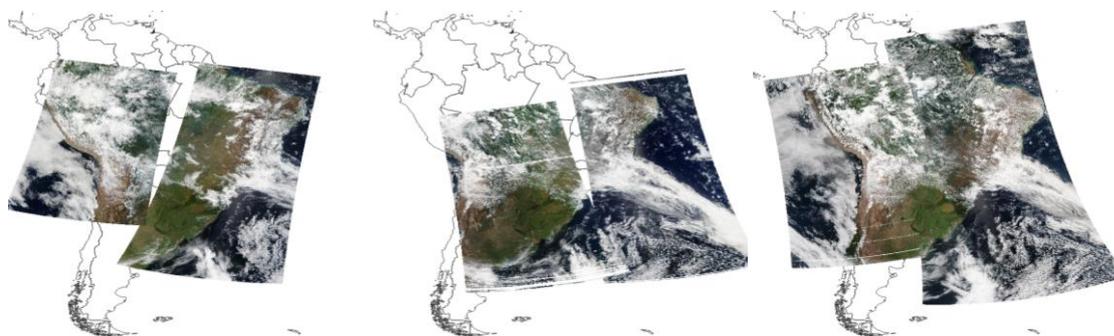
Os satélites AQUA e S-NPP (Figura 2), têm os horários próximos e podem permitir um trabalho de acoplamento de produtos de forma que a área inferida pelo sensor seja estendida, ou avaliada em diferentes horários. Neste sentido, é que o presente estudo se enquadra no conhecimento dos produtos S-NPP em comparação com aqueles do Terra e Aqua. O satélite TERRA possui o horário de passagem com aproximadamente uma hora anterior para a área mais ao leste da América do Sul em relação ao horário mais próximo e está na posição descendente em relação à posição ascendente do AQUA e S-NPP, porém dependendo da variável também pode ser considerado ou utilizá-lo na variação de horários aumentando a resolução temporal entre estes satélites. Ocorre em média 2 passagens na descendente e ascendente com a variação de 90 minutos entre duas passagens.

## 2. Metodologia de Trabalho

Este estudo utilizou os produtos dos satélites TERRA, AQUA e S-NPP gerados através do algoritmo de processamento IPOPP (*International Polar Orbit Processing Package*). As imagens são provenientes do sistema de banco de dados do INPE, as quais são recepcionadas pelas antenas localizadas em Cuiabá-MT e Cachoeira Paulista-SP. As imagens são recepcionadas pelo CDSR-DGI/INPE (*Centro de Dados de Sensoriamento Remoto – Divisão de Geração de Imagens*) que geram os arquivos de dados brutos para serem processados pelo CPTEC/INPE. Os produtos do S-NPP estão sendo processados e armazenados desde janeiro/2014. Os algoritmos referentes aos produtos podem ser encontrados nos ATBDs (*Algorithm Theoretical Basis Document*), referente a cada tipo e nível de produto.

Neste estudo realizou uma intercomparação dos dados do VIIRS/S-NPP com os dados do MODIS/AQUA & TERRA. Procurou identificar um dia em que todas as passagens dos satélites estivessem disponíveis e sem falhas. Foi selecionado o dia 21/10/2014, em que as imagens permitem avaliar diferentes alvos, tais como céu claro, nebulosidade, queimadas, continente e oceano (Figura 2). No dia estudado, a área de cobertura pelo conjunto de satélite

inclui o praticamente todo o continente brasileiro, parte do oceano Pacífico e Atlântico. Importante notar que toda a extensão do oceano Atlântico próximo à costa brasileira é monitorada. Neste dia percebe-se a nebulosidade se estende do continente ao Oceano Atlântico associada a *Zona de Convergência do Atlântico Sul*. Considerando a proximidade dos horários de passagens dos satélites, o presente estudo visa realizar uma comparação dos produtos de nuvens, aerossol e de superfície inferidos pelos sensores MODIS e VIIRS.



a) 15:00 e 13:21 UTC

b) 17:45 e 16:12 UTC

c) 18:24 e 16:40

Figura 2. RGB da passagem de satélite na data 21/10/2014. TERRA- descendente (a), AQUA - ascendente (b), S-NPP - ascendente (c).

Tabela 1. Canais do sensor VIIRS/S-NPP similar ao MODIS/AQUA&TERRA

S-NPP - VIIRS				AQUA/TERRA - MODIS		
Canal viirs	Largura espectral	Tipo da banda	Resolução espacial	Canal modis	Largura espectral	Resolução espacial
M1	0.402 - 0.422	Vis/Reflective	750 m	8	0.405 - 0.420	1000 m
M2	0.436 - 0.454	Vis/Reflective	750 m	9	0.438 - 0.448	1000 m
M3	0.478 - 0.488	Vis/Reflective	750 m	10	0.483 - 0.493	1000 m
M4	0.545 - 0.565	Vis/Reflective	750 m	12	0.546 - 0.556	1000 m
M5	0.662 - 0.682	Vis/Reflective	750 m	13	0.662 - 0.672	1000 m
				14	0.673 - 0.683	1000 m
M6	0.739 - 0.754	Near IR	750 m	15	0.743 - 0.753	1000 m
M7	0.846 - 0.885	Near IR	750 m	16	0.862 - 0.877	1000 m
M8	1.23 - 1.25	Shortwave IR	750 m	5	1.23 - 1.25	500 m
M9	1.371 - 1.386	Shortwave IR	750 m	26	1.360 - 1.390	1000 m
M10	1.58 - 1.64	Shortwave IR	750 m	6	1.628 - 1.652	500 m
M11	2.23 - 2.28	Shortwave IR	750 m	-	-	-
M12	3.61 - 3.79	Med-Wave IR	750 m	20	3.660 - 3.840	1000 m
M13	3.97 - 4.13	Med-Wave IR	750 m	22	3.929 - 3.989	1000 m
M14	8.4 - 8.7	LongWave IR	750 m	29	8.4 - 8.7	1000 m
M15	10.26 - 11.26	LongWave IR	750 m	31	10.780 - 11.280	1000 m
M16	11.54 - 12.49	LongWave IR	750 m	32	11.770 - 12.270	1000 m
DNB	0.5 - 0.9	Vis/Reflective	750 m	4	0.545 - 0.565	500 m
				11	0.526 - 0.536	1000 m
				12	0.546 - 0.556	1000 m
				13	0.662 - 0.672	1000 m
				14	0.673 - 0.683	1000 m
15	0.743 - 0.753	1000 m				

				<b>16</b>	0.862 - 0.877	1000 m
				<b>17</b>	0.890 - 0.920	1000 m
<b>I1</b>	0.6 - 0.68	Vis/Reflective	375 m	<b>13</b>	0.662 - 0.672	1000 m
				<b>14</b>	0.673 - 0.683	1000 m
<b>I2</b>	0.85 - 0.88	Near IR	375 m	<b>16</b>	0.862 - 0.877	1000 m
<b>I3</b>	1.58 - 1.64	Shortwave IR	375 m	<b>6</b>	1.628 - 1.652	500 m
<b>I4</b>	3.55 - 3.93	Med-Wave IR	375 m	<b>20</b>	3.660 - 3.840	1000 m
<b>I5</b>	10.5 - 12.4	LongWave IR	375 m	<b>31</b>	10.780 - 11.280	1000 m

### 3. Resultados e Discussão

Este estudo visa apresentar uma análise da intercomparação de produtos similares inferidos pelos satélites TERRA, AQUA e S-NPP. A Figura 3 mostra classificação de nuvens em 5 categorias para os mesmos horários da Figura 2. Nota-se o Rio Grande do Sul, norte da Argentina e Uruguai apresentam condições de céu claro (sem nebulosidade) para todas as passagens e satélites. Por outro lado, as passagens a oeste dos satélites AQUA (17:45 UTC) e NPP (18:24 UTC) identificam alguns pixels distintos. O AQUA tende classificar como probabilidade de nuvens (Prob. Cloudy, pixel em vermelho), enquanto o NPP mostra probabilidade de céu claro (Prob. clear). A distinta classificação pode estar associada aos diferentes horários e resolução do pixel. Regiões de transição de pixels de céu claro e nuvens, geralmente difícil de classificar. Sendo assim importante negligenciar pixels que estão na borda das nuvens para evitar falsos alarmes.

A Figura 4 mostra a classificação de fase da nuvem. Os produtos MODIS e VIIRS apresentam distintas categorias (5 versus 7). O sensor VIIRS além de incluir as categorias do MODIS, possui as categorias parcialmente nublado (Par.Cld) e cirrus. O detalhamento do tipo de nuvem, principalmente cirrus, pode estar relacionado com a melhor largura espectral do VIIRS (0,015 versus 0,03 do MODIS) e resolução espacial (750 m do VIIRS versus 1 km do MODIS).

Importante mencionar que no oeste do Rio Grande do Sul, a máscara de nuvens do MODIS identifica a região como céu “claro” (Figura 3 b), enquanto que o VIIRS classifica como “probabilidade de claro”. Para essa mesma região, o produto de identificação de fase classifica a região como “parcialmente nublado” (Par.Cld) pelo algoritmo do VIIRS e “sem classificação” para o MODIS. Ambos os produtos (máscara e fase) são importantes para a inferência de outros produtos. Sendo assim, estes são geralmente usados no controle de qualidade no processo de inferência de outras variáveis geofísicas.

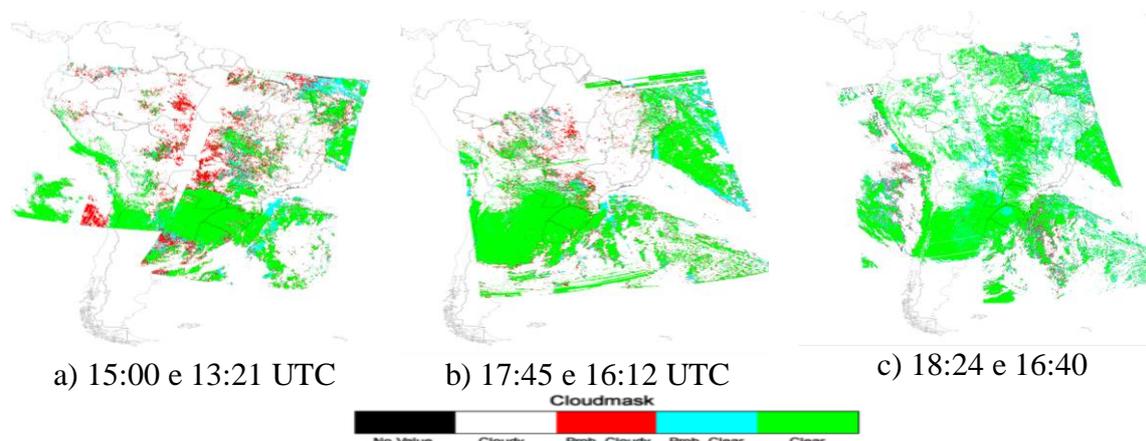


Figura 3. Máscara de nuvem para o dia 21/10/2014: TERRA (a), AQUA (b) e S-NPP (c)

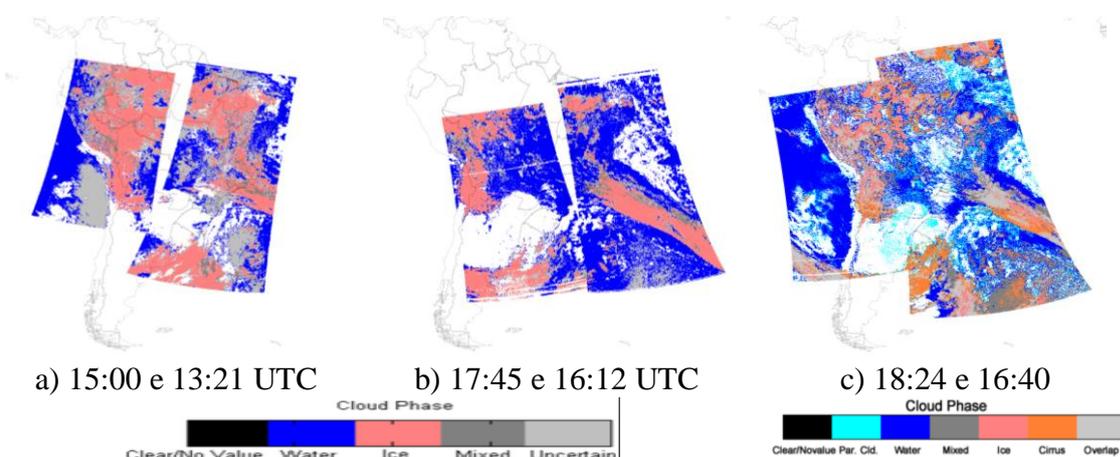


Figura 4. Fase da nuvem para o dia 21/10/2014: TERRA (a), AQUA (b) e S-NPP (c)

A Figura 5 mostra o AOD do MODIS e VIIRS para uma área localizada sobre o estado do Mato Grosso, uma região em que ocorre intensa atividades de queimadas. Verifica-se que o satélite S-NPP apresenta maior capacidade em detectar os aerossóis em decorrência da melhoria na resolução espacial e espectral do sensor VIIRS.

Apenas para comparação, dados observacionais de superfície da AERONET do sítio de Cuiabá-Miranda (Latitude 15.02° e Longitude 56.02°) indica que AOD em 500 nm médio diário é de 0,522 e os dados correspondentes para o satélite são: 0,5 (MODIS/TERRA) 0,45 (MODIS/AQUA) e 0,5 (VIIRS/NPP).

Além de produtos associados a atmosfera, o VIIRS produz informações de superfície. Exemplos de dados de superfície são Temperatura da Superfície Continental (Figura 6) e NDVI (Figura 7). Composição NDVI (3 dias) utilizando o VIIRS é também apresentado (Figura 7 d) para ilustrar a distribuição espacial do vigor da vegetação para curto período no mês Julho de 2014.

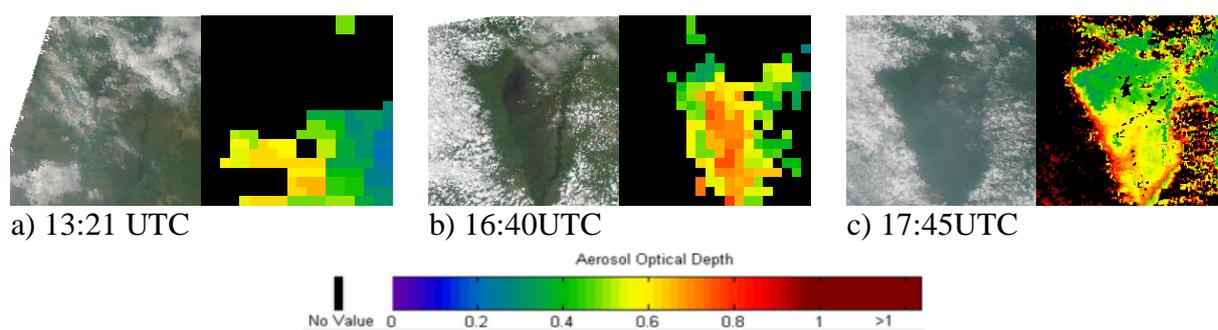


Figura 5. Profundidade óptica do aerossol para o dia 21/10/2014: TERRA (a), AQUA (b) e S-NPP (c). Longitude: 59 a 57° W e Latitude: 19 a 21° S no oeste da região do Mato Grosso do Sul.

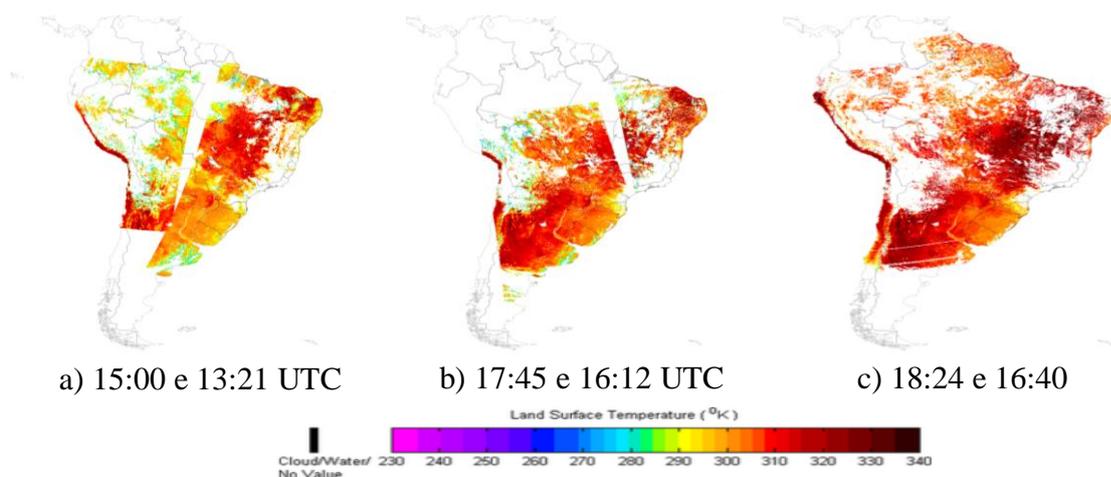


Figura 6. Temperatura da superfície continental para o dia 21/10/2014: TERRA (a), AQUA (b) e S-NPP (c)

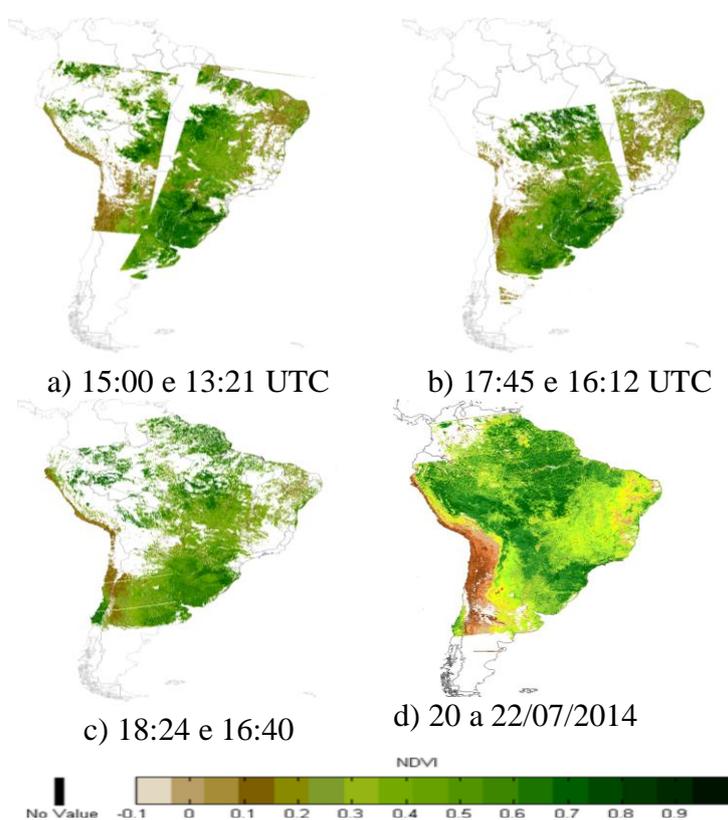


Figura 7. Índice de Vegetação (NDVI) para o dia 21/10/2014: TERRA (a), AQUA (b), NPP (c) e maior valor acumulado do dia 20 a 22/07/2014

#### 4. Conclusões

Os satélites ambientais permitem obter informações de nuvens e aerossóis cada vez mais detalhadas, principalmente os satélites de última geração como AQUA, TERRA e S-NPP, e futuramente o GOES-R. O satélite de terceira geração como o S-NPP, é um sucessor dos satélites AQUA, TERRA e NOAA. O presente estudo visou apresentar alguns produtos de

nuvens, aerossóis e de superfície baseados nas informações do satélite S-NPP. Estes produtos são intercomparados com os dados do sensor MODIS/TERRA e AQUA. A vantagem de intercomparação, está nos horários de passagens dos satélites AQUA e S-NPP. O AQUA tem passagem de aproximadamente 40 minutos antes do S-NPP. Inicialmente, procurou-se intercomparar os produtos de nuvens, pois estes são usados como controle de qualidade para as demais inferências. Apesar de apresentarem a mesma máscara de nuvens (5 categorias:), os sensores MODIS e VIIRS apresentam distintas classificação da fase da nuvem (5 versus 7). O sensor VIIRS além de incluir as 5 categorias do MODIS (Clear/NoValue, Water, Ice, Mixed e Uncertain), possui as categorias parcialmente nublado (Par.Cld) e cirrus. Maior detalhamento do tipo de nuvem, principalmente cirrus, pode estar relacionado com a melhor largura espectral do VIIRS e resolução espacial.

Outro produto que foi intercomparado foi de AOD, verifica-se que a resolução espacial VIIRS permite ter maior detalhamento da pluma de aerossol. Adicionalmente os produtos dos satélites foram comparados com os dados observacionais da AERONET e indicam um bom acordo. Apenas para ilustração outros produtos de superfície (NDVI e temperatura da superfície são apresentados para os 3 satélites. Trabalhos futuros irão realizar diversas intercomparações envolvendo maior período de dados, e dados de superfície quando disponível, como o caso do AOD e temperatura da superfície.

### **Agradecimentos**

NASA-IPOPP e Universidade Wisconsin - CIMMS

### **Referências Bibliográficas**

Rudorff, Bernardo F.T., Shimabukuro, Yosio E., Ceballos, Juan C., **O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. 2007

Dados da rede AERONET. Disponível em: < [http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type\\_piece\\_of\\_map\\_opera\\_v2\\_new](http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/type_piece_of_map_opera_v2_new) >. Acesso em: 08.nov.2014.

ATBDs MODIS. Disponível em: < <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/>>. Acesso em: 23.out.2014.

ATBDs NPP. Disponível em: < <http://npp.gsfc.nasa.gov/documents.html>>. Acesso em: 23.out.2014.

Aqua Orbit Tracks. Disponível em: <<https://www.ssec.wisc.edu/datacenter/aqua/>>. Acesso em: 23.out.2014.

NPP Orbit Tracks. Disponível em: <<https://www.ssec.wisc.edu/datacenter/npp/>>. Acesso em: 23.out.2014.

Terra Orbit Tracks. Disponível em: <<https://www.ssec.wisc.edu/datacenter/terra/>>. Acesso em: 23.out.2014.

Imagens RGB Aqua/Terra/NPP. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 27.out.2014

Coleção de imagens no Banco de Dados da DSA. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/noaa.formulario.logic?i=en>>. Acesso em: 27.out.2014