

## Avaliação da cobertura de nuvens e cobertura de dados MODIS sobre a Amazônia nos anos de extremos climáticos de 2009 e 2010

Egídio Arai<sup>1</sup>  
Liana Oighenstein Anderson<sup>2,3</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1,4</sup>  
Marcos Adami<sup>1</sup>  
Valdete Duarte<sup>1</sup>  
Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{ egidio, yosio, adami, valdete, laragao }@dsr.inpe.br

<sup>2</sup> Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais – CEMADEN  
Parque Tecnológico de São José dos Campos, Estrada Doutor Altino Bondensan, 500, São José dos Campos - São Paulo, 12247-016  
{ liana.anderson@cemaden.gov.br }

<sup>3</sup> Environmental Change Institute, ECI, University of Oxford  
South Parks Road, Oxford, OX1 3QY, UK

<sup>4</sup> Joint Research Centre of the European Commission, Institute for Environment and Sustainability (IES)  
Via E. Fermi, 2749, I-21027 Ispra (VA), Italy

**Abstract.** Cloud cover is a major problem for optical remote sensing in the tropics. Many studies evaluated cloud coverage using Landsat images. In this study, we take a new approach, and evaluate the ascending and descending orbits of the MODIS on-board Terra platform, in order to evaluate cloud coverage and no-data in Amazônia. We have selected two years with climatic extremes for comparison: 2009, a year where floods were observed in the Amazon, and 2010, one of the driest years in the study area. Our results showed that in the Brazilian Amazon, most of the rainy season months had higher cloud coverage in 2009, while if considering the entire Amazonia and northeast of Brazil, little difference is observed between 2009 and 2010. The 2010 daily acquisition cloud free images cover a larger area than the 2009 images. On the other hand, the night-time images acquired during 2010 suggests larger areas of covered by clouds than in 2009. Areas close to the Equator present a higher number of no data due to the satellite orbit, and the southern parts of the study area exhibits higher number of acquisitions. The next phase of this study will quantify cloud coverage and no data information for both Terra and Aqua platforms, covering from 2000 to 2010.

**Palavras-chave:** Remote sensing, cloud cover, Amazon, MODIS sensor, image processing, Sensoriamento Remoto, cobertura de nuvens, Amazônia, sensor MODIS, Processamento de Imagens.

### 1. Introdução

Uma das maiores limitações da utilização de imagens ópticas são as nuvens que podem cobrir a área observada impedindo a visualização da superfície terrestre. Mas qual é a frequência em dias desta cobertura de nuvens? Ju e Roy (2008), em estudo de imagens do sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) a bordo do Landsat 7, mostraram a dificuldade de obtenção de imagens livres de nuvens, sazonalmente, nos Estados Unidos e também em todo globo terrestre. Sugawara et al. (2008) ressaltaram a dificuldade em mapear a área total cultivada com soja no

Estado do Paraná utilizando imagens Landsat devido a dificuldade de obtenção de imagens livres de cobertura de nuvens ao longo da estação de cultivo. Sano et al. (2007) mostraram que o acompanhamento sazonal do cerrado brasileiro, principalmente no verão, é dificultado pela alta ocorrência de nuvens nas imagens do satélite Landsat. Uma maior influência da presença de nuvens foi encontrada por Asner (2001) na região amazônica brasileira, onde a dificuldade de obtenção de imagens livres de nuvens é maior ao norte do rio Amazonas, chegando a ser praticamente impossível obter determinadas cenas Landsat totalmente livre de nuvens. Isto dificulta a utilização de imagens em projetos operacionais como o PRODES e DETER (Anderson et al., 2005, Shimabukuro et al., 2006 e 2012).

Apesar da importância do tema relacionado a limitações de imagens devido a alta cobertura de nuvens principalmente nos trópicos, ainda são incipientes os estudos que buscam entender e quantificar estas limitações. A maioria dos estudos focado na quantificação de frequência de cobertura de nuvens até o momento foram realizados utilizando-se dados Landsat. Neste estudo, objetiva-se realizar a avaliação da frequência de cobertura de nuvens para a região Amazônica, utilizando-se dados do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra. A maior vantagem da utilização deste sensor refere-se a disponibilidade de dados de duas passagens diárias, a ascendente e descendente. De forma a quantificar a frequência de nuvens e disponibilidade de dados em dois anos de extremos climáticos, selecionou-se o ano de 2009, em que foi registrado grandes inundações na Amazônia devido a maior pluviosidade, e portanto nuvens, e 2010, ano de seca extrema e possivelmente com menor quantidade de nuvens (Marengo et al., 2011).

## 2. Material e Métodos

A área de estudo corresponde a parte norte da América do Sul, entre as latitudes  $12^{\circ} 30' N$  e  $20^{\circ} 0' S$  e longitudes  $81^{\circ} 30' O$  e  $34^{\circ} 30' O$ , contendo a região Amazônica e o nordeste brasileiro (Figura 1).

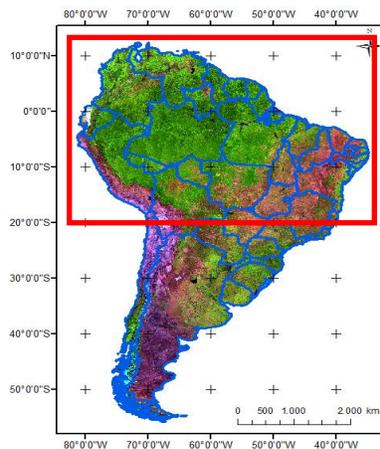


Figura 1. Área de estudo delimitada pelo retângulo vermelho.

Para este trabalho foram utilizados dois produtos do sensor MODIS, a bordo da Plataforma Terra, MOD35 e MOD03.

O produto MOD35 (*Cloud Mask*) pertence ao grupo de produtos da atmosfera e são disponibilizados em granules de 5 minutos, isto é, a cada 5 minutos de passagem é gerado um granule. Este produto é fornecido em 48 bits para cada pixel com resolução espacial de 1 km contendo informações de cobertura de nuvem (Ackerman et al., 2010) e algumas informações auxiliares como: terra/oceano, neve/não neve, etc, resultante de avaliação de 19 bandas espectrais

([http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD\\_NUMBER=35](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD_NUMBER=35)). Para a utilização do produto é necessário o georeferenciamento do mesmo com informações que se encontram em outro produto, o MOD03 (*Geolocation Data Set*) que pertence ao grupo de produtos de calibração, e contem as informações geográficas de cada pixel de 1 km ([http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD\\_NUMBER=03](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD_NUMBER=03)).

O processamento foi realizado pelo pacote MRTSwath (*MODIS Reprojection Tool Swath*) o qual georeferencia e projeta os dados, além de converter do formato HDF (*Hierarchical Data Format*) para o formato Geotiff. O formato HDF, mesmo podendo comportar uma grande quantidade de diferentes dados, não é um formato muito popular (Arai et al., 2002). Devido ao grande número de imagens a serem processadas, foi utilizado em modo linha de comando processando em lotes.

Após o processamento foi realizado o mosaico utilizando um programa desenvolvido para este estudo em IDL/ENVI, separando as passagens diurnas e noturnas (Figura 2). Os horários apresentados na Figura 2 são em UTC (*Universal Time Code*), sendo necessário subtrair 3 a 5 horas dependendo da localização.

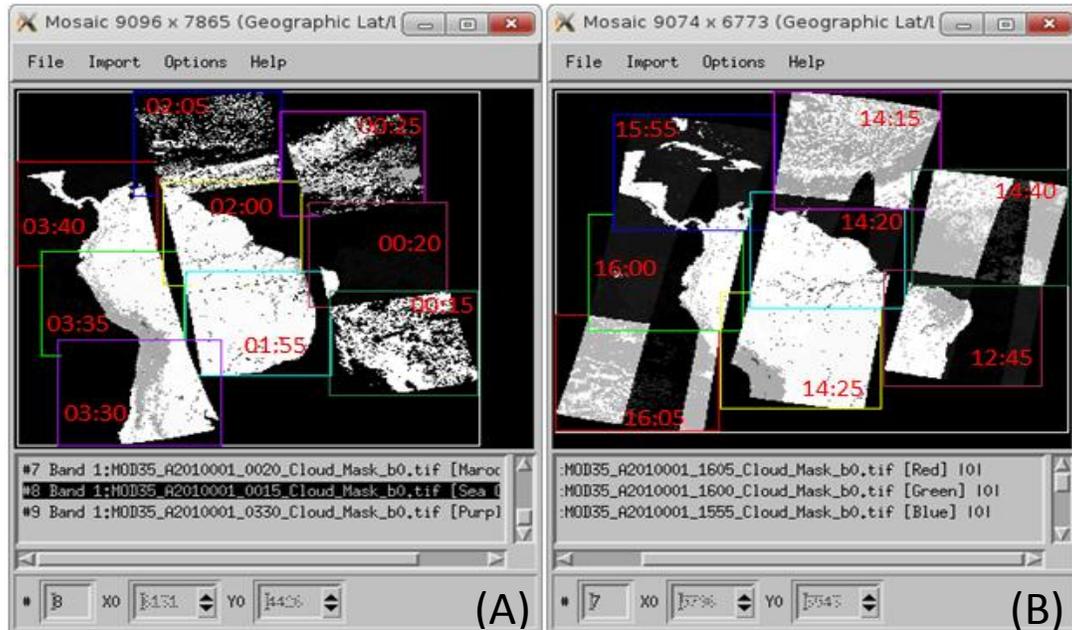


Figura 2. Exemplo de mosaicos utilizando os dados horários das passagens em UTC: A) noturno e B) diurno.

Foram utilizadas somente as informações de 2 bits do produto MOD35, onde existem quatro possibilidades: i) nublado; ii) incerto; iii) provavelmente limpo; e iv) limpo.

Os mosaicos foram processados e recortados utilizando um programa desenvolvido em IDL/ENVI. Em seguida, os mosaicos foram transformados em cinco classes, as quatro já citadas e incluindo uma classe não observado. Esta estratégia permitiu a identificação de áreas não observadas na área de estudo, e portanto a quantificação de locais com menor disponibilidade de dados devido a órbita do satélite Terra.

Finalmente foram gerados mosaicos mensais e anuais dos anos 2009 e 2010 para os períodos diurno e noturno, criando 3 produtos: i) nuvem, agrupando nublado com incerto; ii) limpo, agrupando limpo com provavelmente limpo e iii) não observado.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Comparação entre o padrão mensal da frequência de nuvens para 2009 e 2010

A cobertura de nuvem é maior no ano de 2009 do que em 2010 quando compara-se somente a Amazônia brasileira (Amz). No entanto, ao analisar toda a região continental do norte da América do sul, esta cobertura quase que se equivalem nos dois anos (Tabela 1). Isso ocorre devido a localização espacial dos fenômenos de inundações e secas que ocorreram nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. Enquanto que as inundações de 2009 localizaram-se na parte central da Amazônia brasileira (ao longo do Rio Amazonas), a seca de 2010 atingiu a parte sul da Amazônia, na região do arco do desmatamento (Marengo et al., 2011).

Os resultados obtidos mostram que no ano de 2009 existe uma cobertura de nuvem intensa sobre a Amazônia nos meses de janeiro a maio e novembro e dezembro, chegando a média de 25 dias de cobertura de nuvem no mês de março (Tabela 1), porem de junho a outubro esta cobertura de nuvem é bem menor chegando ao valor médio de 9 dias em julho (Tabela 1), como pode ser observado na Figura 3.

Tabela 1. Média de número de dias coberto por nuvens para a área continental da América do Sul (AS) e para Amazônia brasileira (Amz).

Meses	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
2009AS	23	21	23	21	19	16	13	12	14	20	20	23
2010AS	21	21	22	19	18	13	13	12	14	20	21	23
2009Amz	24	23	25	22	20	15	9	10	14	20	21	25
2010Amz	24	22	23	20	18	11	11	9	13	21	23	24

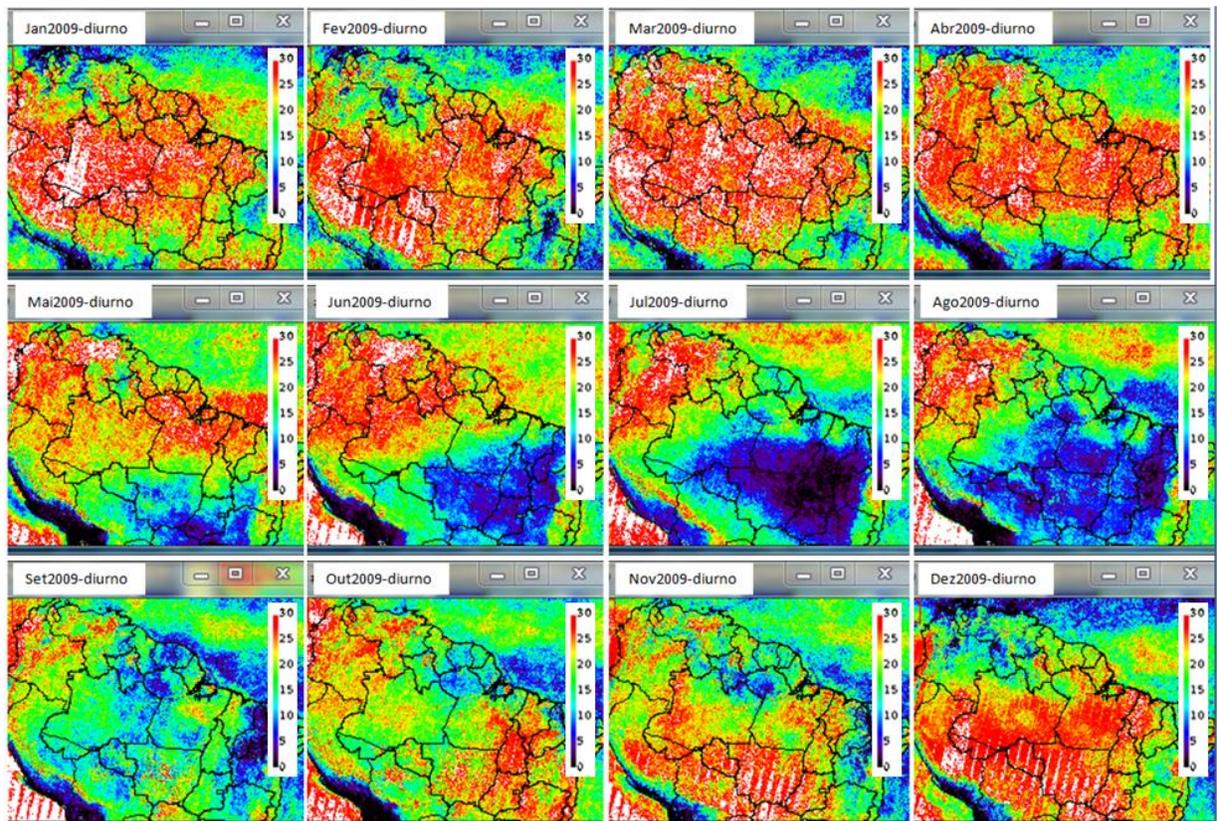


Figure 3. Número de dias com nuvens para cada mês de 2009.

Já para o ano de 2010, a cobertura de nuvem na Amazônia é menos intensa nos meses de janeiro a abril e novembro comparado com o ano de 2009. Por exemplo, no mês de março, em 2009 observou-se a média de 25 dias de cobertura de nuvem enquanto no mesmo mês em 2010 foi constatado uma média de 23 dias (Tabela 1). Durante o período de maio a outubro, o número de dias de cobertura de nuvens são menores na Amazônia brasileira, ou seja 20 dias ou menos e podemos destacar o mês de junho onde a média de dias de cobertura de nuvem é de 15 dias em 2009 e 11 dias em 2010 (Figura 4).

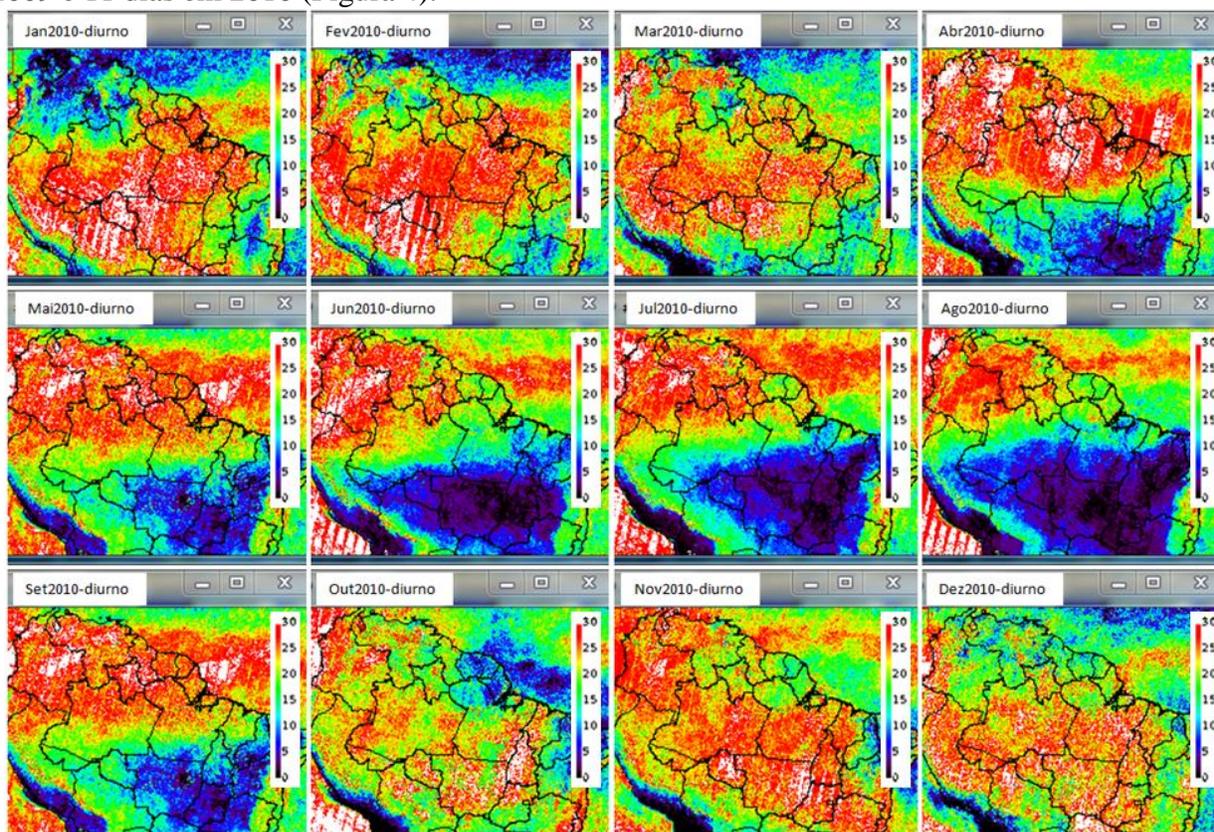


Figura 4. Número de dias com nuvens para cada mês de 2010 nas imagens diurnas. Em branco são regiões praticamente sem disponibilidade de dados, em vermelho são áreas com cobertura de nuvens de 25 a 30 dias, em tons mais escuros (azul e roxo) são regiões com 5 a 10 dias com cobertura de nuvens no mês.

### 3.2 Avaliação da frequência de nuvens para o ano de 2009 e 2010

No ano de 2009, para todo o estado do Amazonas, 243 dias em média esteve coberto por nuvens durante a passagem diurna do sensor MODIS. É curioso observar que somente o estado do Sergipe teve mais dias de nebulosidade, 254 dias em média (Tabela 2). Já no ano de 2010 esses valores são menores, 240 e 246 respectivamente para o estado do Amazonas e Sergipe, indicando um ano com menos dias de cobertura de nuvens para estas áreas (Figura 5), provavelmente devido ao ano ser de seca anômala.

**Tabela 2.** Média de número de dias coberto por nuvens para os estados brasileiros.

Estados	AC	AL	AP	AM	BA	CE	GO	MA	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO
2009	236	233	237	243	204	194	191	227	209	228	183	199	183	178	227	233	254	211
2010	218	232	238	240	196	164	151	204	179	225	167	194	155	158	205	257	246	178

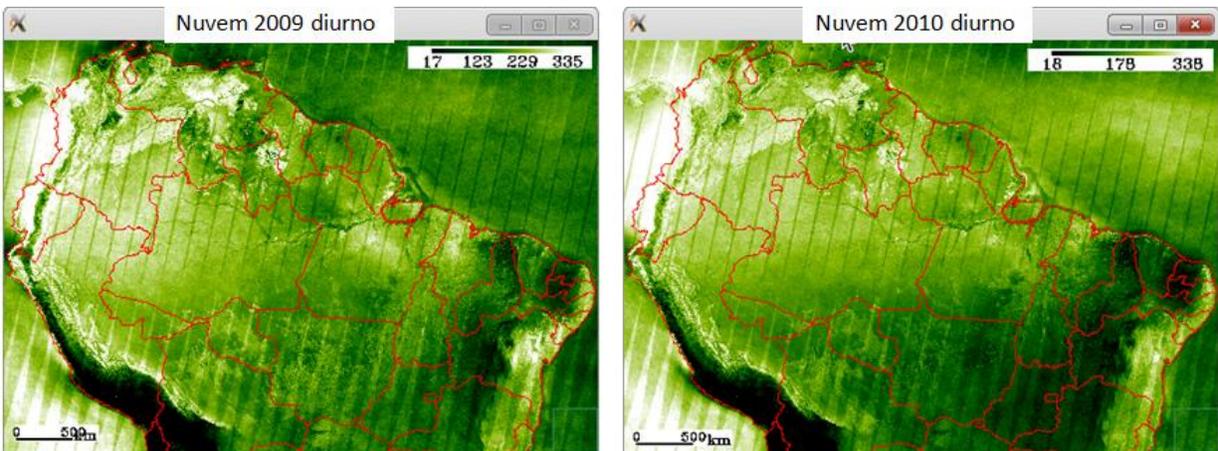
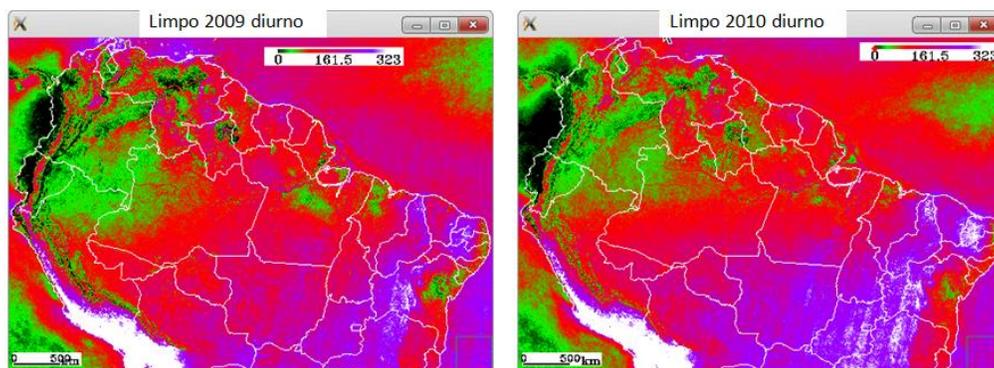


Figura 5. Número de dias com nuvens durante os anos 2009 e 2010 na passagem diurna.

Ao compararmos os dias sem cobertura de nuvem, ou seja dias limpos, entre os dois anos podemos observar que em 2009 há menor cobertura de nuvens em praticamente todos os estados analisados, com exceção a Alagoas, Amapá e Roraima, e uma considerável diferença entre a passagem diurna e noturna (Tabela 3). Esta diferença entre a passagem diurna e noturna fica evidente na Figura 6 ao observarmos o noroeste do estado do Amazonas, o norte do Peru e a Colômbia com poucos dias limpos nas passagens diurnas e menos dias nas passagens noturnas. Pode ser observado também vários dias limpos no nordeste e nos Andes.

Tabela 3. Média de número de dias sem cobertura de nuvens para os estados brasileiros da área de estudo.

Estados	AC	AL	AP	AM	BA	CE	GO	MA	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO
2009d	83	86	78	72	118	122	139	90	114	88	134	119	135	138	93	81	67	111
2010d	102	88	77	77	128	153	178	112	147	92	152	126	162	159	118	60	78	143
2009n	58	130	74	43	131	125	95	93	71	71	125	129	118	134	59	72	129	82
2010n	77	130	55	45	144	157	147	108	116	72	149	147	149	159	89	43	134	126



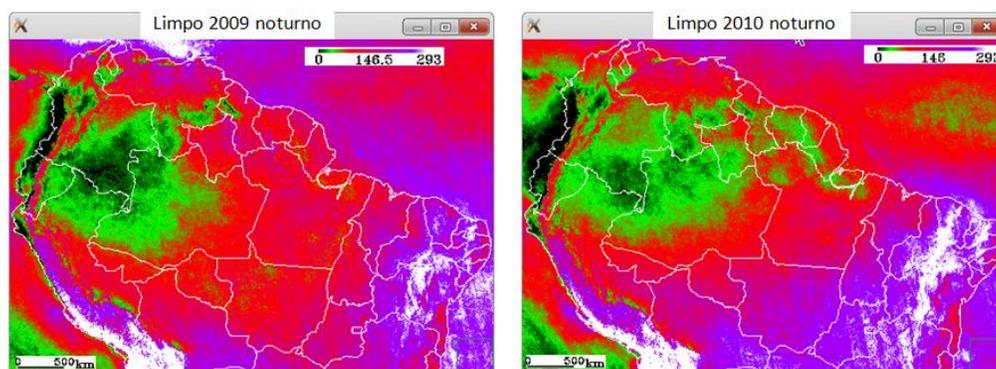


Figura 6. Número de dias sem nuvem nos anos 2009 e 2010, nas passagens diurnas e noturnas.

### 3.3 Avaliação de número de dias sem observações devido às passagens do satélite

A variação de dias sem observação obedece as passagens da plataforma Terra com o sensor MODIS, onde existe uma cobertura diária acima de 30° N e abaixo de 30° S. Quanto mais próximo a linha do equador, maior o número de dias sem observação, como são os casos dos estados do Amapá, Roraima e Amazonas com até 51 dias sem observação no ano, enquanto os estados mais distantes do equador como Goiás, possui menos dias sem observação, mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Média de número de dias não observados para os estados brasileiros da área de estudo.

Estados	AC	AL	AP	AM	BA	CE	GO	MA	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO
2009	46	46	50	50	41	49	35	48	41	49	48	47	47	49	45	51	43	43
2010	44	44	50	47	41	48	35	48	39	48	46	45	47	47	41	48	41	44

Na Figura 7 é possível observar as falhas nas imagens devido as passagens diárias. Os valores altos de dias sem passagem ocorrem no noroeste das imagens, devido a não terem sido processados por ser no oceano, e nos limites da área de interesse.

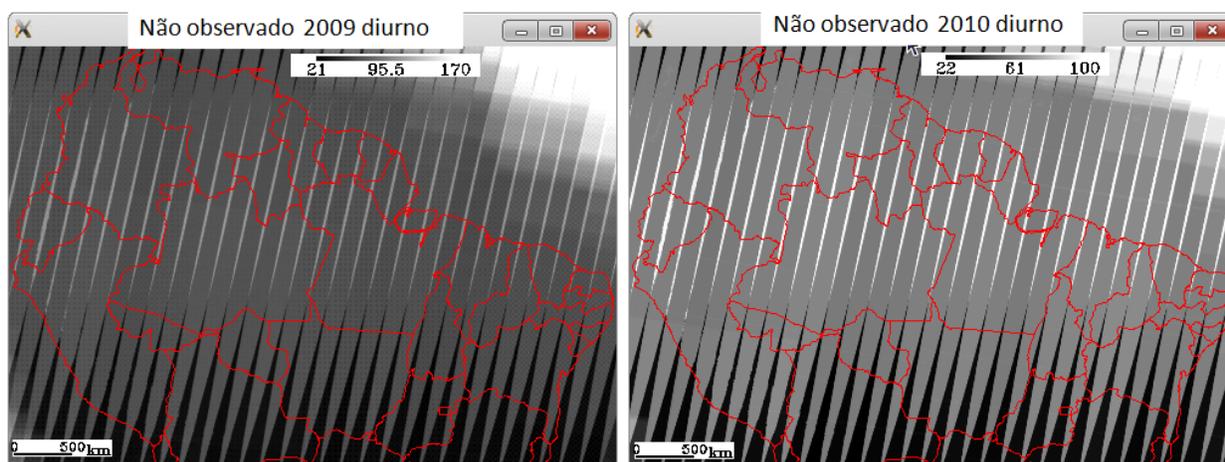


Figura 7. Número de dias não observados nos anos 2009 e 2010 nas passagens diurnas.

## 4. Conclusão

O número de dias com cobertura de nuvem é maior em 2009 do que em 2010 na Amazônia brasileira, porém ao analisar toda a área continental do norte da América do sul esta diferença não é tão significativa.

Existe diferença também na comparação das passagens diurnas e noturnas, o que mostra que não é possível analisar somente uma das passagens e a diferença de cobertura é considerável no decorrer do dia, levando-se em conta que a análise foi da média anual.

Na região próxima a linha do Equador observa-se o maior número de áreas sem observação do sensor MODIS, enquanto que na região sul da área de estudo é onde observa-se o maior número de imagens.

## Referencias

Ackerman, S., Frey, R., Strabala, K., Liu, Y. Gumley, L. Baum, B., Menzel, P. Discriminating clear-sky from cloud with MODIS algorithm theoretical basis document (MOD35). Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin – Madison, V. 6.1, 2010.

Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E. ; Defries, R.S. ; Morton, D. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, USA, v. 2, p. 315-318, 2005. doi: 10.1109/LGRS.2005.850364

Arai, E., Ning, C. H. S., Ferreira, N. J., Shimabukuro, Y. E. Uma ferramenta para a extração e processamento de dados seawifs no formato HDF: o WINSWHDF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz de Iguaçu-PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2002. Artigos, p. 3007-3011. CD-ROM, On-line. (INPE-8578-PRE/4322). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/marciana/2004/03.22.16.13>>. Acesso em: 07 ago. 2014.

Asner, G.P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, 22, 3855-3862, 2001.

INPE. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites: sistemas PRODES, DETER, DEGRAD E QUEIMADAS 2007-2008**. INPE, São José dos Campos. 47p., 2008.

Ju, J., Roy, D. P. The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. **Remote Sensing of Environment**, 112, 1196-1211, 2008.

Sano, E. E., Ferreira, L. G., Asner, G. P., Steinke, E. T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, 28, 2739-2752, 2007.

Shimabukuro, Y. E., Duarte, V., Anderson, L. O., Valeriano, D. M., Arai, E., Freitas, R. M., Rudorff, B. F. T., Moreira, M. A. Near real time detection of deforestation in the Brazilian Amazon using MODIS imagery. **Revista Ambiente & Água**, v. 1, p. 37-47, 2006.

Shimabukuro, Y.E., Santos, J.R., Formaggio, A.R., Duarte, V., Rudorff, B.F.T. The Brazilian Amazon Monitoring Program: PRODES and DETER Projects. In: Achard, F., Hansen, M.C. (Eds.), **Global Forest Monitoring from Earth Observation**. CRC Press, New York, 153-169, 2012.

Sugawara, L. M., Rudorff, B. F. T., Adami, M. Feasibility of the use of Landsat imagery to map soybean crop areas in Parana, Brazil/Viabilidade de uso de imagens do Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1763-1768, dec. 2008. doi: <10.1590/S0100-204X2008001200019>.