

Variabilidade temporal do uso e cobertura da terra em escala global a partir de dados ESA CCI-LC

Lorena de Moura Joia Gomes¹, Isadora Haddad Ruiz¹, Gilberto Ribeiro de Queiroz²,
Thales Sehn Korting², Douglas F. M. Gherardi³, Lênio S. Galvão³

¹ Divisão de Observação da Terra e Geoinformática – Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais (INPE)

Caixa Postal 12.227 – 010 – São José dos Campos, SP – Brasil

{lorena.gomes; isadora.ruiz; Gilberto.queiroz; thales.korting;
douglas.gherardi; lenio.galvao}@inpe.br

Abstract. *Geospatial information increasingly allows data in different variations of time and space, promoting expansion of intergovernmental actions. In this context, the objective of this work was to analyze data from the ESA CCI-LC (Climate Change Initiative - Land Cover) product, from 2000 to 2015, using the Python programming language to verify land cover changes. The results indicated that classes such as water, permanent ice and sparse vegetation did not present significant variations in the analyzed period, while urban presents an increase and other classes of use (reduction and increase). In order to complement this analysis, we suggested new approaches to make the code more efficient for handling the CCI-LC product.*

Resumo. *Informações geoespaciais tem permitido cada vez mais o acesso a dados em diferentes escalas de tempo e espaço, o que amplia ações intergovernamentais. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar dados do produto global CCI-LC (Climate Change Initiative - Land Cover) da ESA, no período de 2000 a 2015, através da linguagem de programação Python, para verificar as mudanças de cobertura da terra. Os resultados indicam que classes como Água, Gelo permanente e Vegetação esparsa não apresentaram variações significativas de cobertura no período analisado. Por outro lado Urbano apresentou aumento de cobertura. De forma a complementar esta análise, o trabalho indica novas abordagens para tornar o código mais eficiente para manipulação do produto CCI-LC.*

1. Introdução

O monitoramento das mudanças no uso e cobertura da terra se tornou demanda crescente no meio técnico científico [Li et al. 2018], permitindo diagnosticar alterações nos ecossistemas naturais em escala global. Dessa forma, tecnologias de observação da terra, como o sensoriamento remoto orbital, permitem a coleta de dados em diferentes resoluções espaciais (regional e global) e temporais (mensal e anual) [Almeida et al. 2016].

Desde o ano 2000 diversos produtos de cobertura da terra (*Land Cover* - LC), com enfoque em áreas de pesquisas como suprimento de alimentos, mudanças climáticas e recursos hídricos, estão sendo desenvolvidos [Grekousis, Mountrakis e Kavouras 2015]. Dentre eles, destaca-se o programa *Climate Change Initiative* (Iniciativa sobre Mudança Climática - CCI) da *European Space Agency* (Agência Espacial Europeia - ESA) [Grekousis, Mountrakis, Kavouras, 2015, Hua et. al. 2018]. Este programa foi criado, a partir da integração de dados de diferentes satélites, para atender demandas científicas sobre as mudanças climáticas globais, usando séries anuais de 1992 a 2015.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma análise, em escala global, das mudanças de cobertura da terra comparando-se os anos de 2000, 2005, 2010 e 2015, a partir dos dados CCI-LC. Essas análises serão realizadas com ferramentas de software livre geoespaciais no ambiente *Python*. As mudanças ao longo do tempo e o código utilizado no processamento, serão disponibilizados para toda a comunidade no GitHub.

2. Materiais e métodos

O produto empregado no estudo foram os mapas anuais de cobertura global produzidos pelo CCI-LC da *European Space Agency* derivados da integração de cinco sensores imageadores, com datas e resoluções espaciais respectivamente: AVHRR, 1992-1999, 1km; SPOT, 1999-2013, 1km; MERIS, 2003-2012, 300m; PROBA-V, 2014-2015, 1km. A resolução espacial do produto CCI-LC é de 300 metros, disponíveis em 24 mapas para o período de 1992-2015 em diversos formatos. Estes mapas apresentam 22 classes temáticas de cobertura da terra, estabelecidas com base na classificação do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) [Defourny et al. 2017]. O acesso aos dados e documentação é possível pela plataforma ESA/CCI Viewer¹.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados mapas anuais de cobertura de todo o planeta no formato GeoTiff referentes aos anos 2000, 2005, 2010 e 2015. O intervalo de 5 anos foi adotado para maximizar a detecção de ao menos uma mudança no intervalo, pois alterações de classes são detectadas se persistirem por mais de dois anos [Defourny et al. 2017] e o mapeamento teve início em 1992. Em sequência o processamento foi realizado na plataforma Jupyter do pacote Anaconda. Por ser uma linguagem de programação flexível e amplamente utilizada atualmente, as etapas de processamento consistiram em estruturar códigos de linguagem de programação *Python* capazes de validar os metadados quanto ao sistema de coordenada de referência e identificar as mudanças das classes temáticas de cobertura da terra nas matrizes. Para a manipulação e processamento dos dados foram utilizadas bibliotecas *GDAL*, *Numpy*, *Pandas*, *Matplotlib* e *Plotly*.

As imagens foram reclassificadas por meio do agrupamento das classes pré-existentis para ressaltar as grandes classes de interesse. Assim, as classes relacionadas a agricultura foram agrupadas na classe Agricultura (A), as de florestas foram agrupadas na classe Floresta (F), e assim sucessivamente para as demais categorias, reduzindo as 22 classes para 11 classes finais (Tabela 1).

A análise das mudanças percentuais das diferentes classes ao longo do tempo, foram realizadas em linguagem *Python*, por meio de uma matriz 3D, comparando as classes nos quatro anos estudados (2000, 2005, 2010 e 2015) e agrupando-as, para detectar e quantificar as alterações no uso e cobertura da terra ao longo dos anos estudados.

Tabela 1. Reclassificação do uso e cobertura da terra

<i>Classes (adaptado)</i>	<i>Classes de cobertura da terra</i>	<i>Classes CCI-LC</i>
0	Sem dados (N)	0
1	Agricultura (A)	10, 11, 12, 20, 30, 40
2	Floresta (F)	50, 60, 61, 62, 70, 71, 72, 80, 81, 82, 90, 100, 110, 160, 170
3	Prado, estepe e savana (G)	130

¹ <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>

4	Áreas alagadas (L)	180
5	Urbano (U)	190
6	Vegetação arbustiva (B)	120, 121, 122
7	Líquens e musgos (M)	140
8	Vegetação esparsa (P)	150, 151, 152, 153
9	Área descoberta (D)	200, 201, 202
10	Água (W)	210
11	Gelo permanente (S)	220

3. Resultados

O percentual anual de cobertura para cada imagem analisada entre 2000 e 2015 para algumas classes apresentou pequena ou nenhuma variação ao longo do tempo, dentre elas, as áreas de S, cerca de 10%, de cobertura, áreas ocupadas por F (aproximadamente 8%), A (cerca de 4%) e D (média de 3%). As outras classes, como B e G ocupam em média aproximadamente 2% do globo e as demais classes ocupam uma pequena extensão, abaixo de 2%. Na Tabela 2 são apresentadas detalhadamente as porcentagens de ocupação de cada classe analisada na área, conforme os anos estudados (2000, 2005, 2010 e 2015).

Tabela 2. Porcentagens de cada classe para a área de estudo referente a cada ano estudado (2000, 2005, 2010 e 2015)

<i>Classes de cobertura da terra</i>	<i>Percentual anual (%)</i>			
	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2015</i>
Sem dados (N)	0	0	0	0
Agricultura (A)	3,9297	3,9508	3,9535	3,9511
Floresta (F)	7,9451	7,9476	7,9578	7,9416
Prado, estepe e savana (G)	2,0960	2,1072	2,1091	2,1144
Áreas alagadas (L)	0,4200	0,4049	0,4004	0,3998
Urbano (U)	0,0701	0,0928	0,1053	0,1196
Vegetação arbustiva (B)	2,1057	2,0936	2,0922	2,0992
Líquens e musgos (M)	1,9301	1,9135	1,9111	1,9123
Vegetação esparsa (P)	0,5054	0,5054	0,5054	0,5054
Área descoberta (D)	3,0367	3,0280	3,0140	3,0054
Água (W)	67,5845	67,5794	67,5743	67,5744
Gelo permanente (S)	10,3768	10,3768	10,3768	10,3768

Como na análise não houve a remoção da classe W, esta foi identificada como predominante e ocupa a maior parte do globo (média de 67,58%), como já é de conhecimento geral, e a classe N não foi verificada em nenhum dos anos. Logo, a Figura 2 exibe os percentuais das áreas ocupadas por cada classe de cobertura da terra referente a cada ano, desprezando a apresentação da classe W e N já que não houve alterações ao longo dos anos.

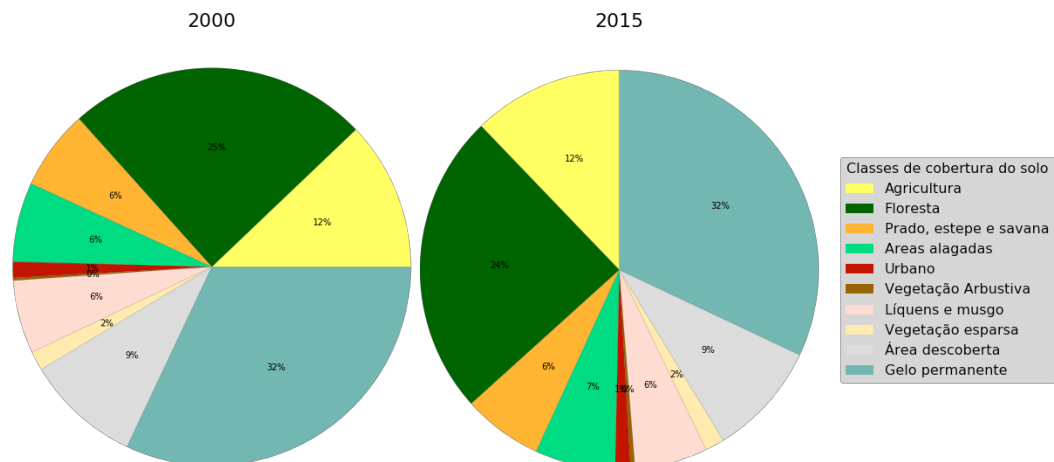


Figura 1. Percentual das classes de uso e cobertura da terra global referente aos anos 2000 e 2015

Observa-se que as porcentagens são quase regulares, indicando que as classes não sofreram grandes variações ao longo dos 15 anos analisados. No entanto, destacam-se apenas as classes de gelo permanente e vegetação esparsa que efetivamente permaneceram constantes ao longo dos anos estudados. Ainda sobre as mudanças entre os anos, a Figura 2 apresenta a variabilidade no período, indicando aumento e redução das classes entre os anos.

Como é possível observar, as oscilações apresentam baixa variabilidade entre -0,02 e 0,02. Entre as classes temáticas, a classe Urbano (U) e Prado, estepe e savana (G) são as únicas que apresentam aumento em todos os anos. As demais aumentam ou diminuem no período.

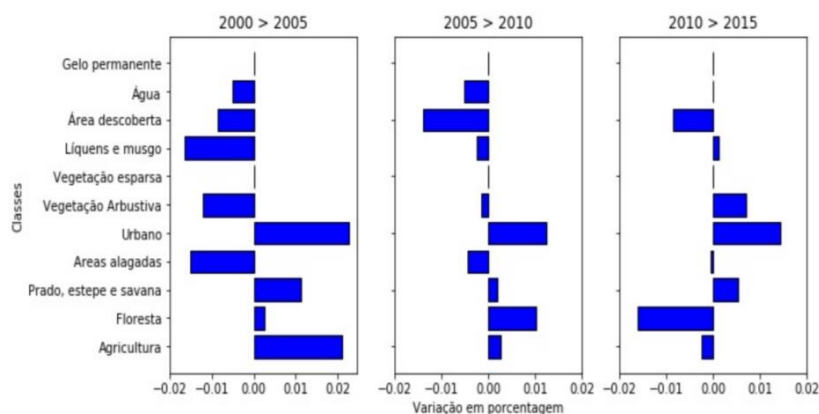


Figura 2. Percentual de variação das classes entre os anos (2000 para 2005, 2005 para 2010 e 2010 para 2015)

4. Discussão

Como já apontado anteriormente, a análise demonstrou que houve uma estreita variação entre quase todas as classes ao longo dos anos. No entanto, vale destacar que como a análise é global, ela não possui uma riqueza de detalhes. Consequentemente os resultados são dados gerais sobre o uso e cobertura da terra.

Em virtude da escala de análise e devido a resolução espacial média do produto CCI-LC, o nível de detalhamento para determinadas classes não foi garantido. Portanto é necessário atenção quanto a utilidade destes resultados para aplicações específicas.

Para uma melhor análise das variações, a Figura 2 exibe as transições entre os anos de 2000-2005, 2005- 2010 e 2010-2015. Pode-se verificar que a redução e o aumento de cobertura mostraram pouca variação ao longo dos anos, apresentando-se entre $\pm 0,02\%$ da média. Os resultados desta análise indicaram, portanto, que a classe de Agricultura (A) apresentou redução apenas nos últimos cinco anos (2010 > 2015), assim como Floresta (F), que mostrou maior redução de 2010 para 2015 quando comparada aos demais anos.

A classe Urbano (U), por sua vez, aumentou em cobertura no período analisado, junto com a classe Prado, estepe e savana (G). Gelo permanente (S) e Vegetação esparsa (P) não mostraram mudanças significativas no período, apresentando oscilações em cobertura nos 15 anos analisados. Salienta-se que a classe Água (W) possui uma relação direta com as águas oceânicas. Para análises específicas sobre águas interiores seria necessário delimitar o processamento apenas para áreas continentais.

O período de 2000 a 2005 apresentou maiores variações na cobertura da terra, que se reduziu nos demais anos. No intervalo de 2005 a 2010 as variações de cobertura diminuíram para Líquens e musgos (M), Áreas alagadas (L) e Agricultura (A), ocorrendo aumento da classe Floresta (F) e Urbano (U). No período seguinte, 2010 a 2015, as variações reduziram ainda mais, não mostrando alterações nas classes de Água (W), com alguma alteração de cobertura na classe Áreas alagadas (L). Em contrapartida, Floresta (F) apresentou redução de cobertura.

5. Conclusão

O código elaborado baseou-se na linguagem de programação *Python* para observar mudanças na cobertura da terra, a partir do produto CCI-LC, e está disponível para consulta no seguinte endereço: <https://github.com/ser-347/esa-cci-sankey>. Entretanto, é necessário aperfeiçoamento para análise específica da acurácia do produto, pois podem ocorrer transições impossíveis nas mudanças de classes. Além disso, outros produtos de *Land Cover* podem complementar as observações e estudo sobre os dados CCI-LC, aplicando-os em diferentes escalas espaciais e temporais.

Para esta aplicação as classes foram adaptadas e apresentaram boa representação da cobertura global. Para futuras aplicações, recomenda-se a replicabilidade da análise para um período maior de observação. Um exemplo disso seria avaliar a cobertura da terra em 1992, 2002 e 2015, que possivelmente resultará em variações maiores entre as classes.

Referências

- Almeida, C.A., Coutinho, A.C., Esquedo, J.C.D.M, Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C.G., Dessay, N., Durieux, L., Gomes, A.R. (2016) “High spatial resolution land use and land cover mapping of de Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data.” *Acta Amazonica*, v. 46, n.3, p. 291-302.
- Defourny, P., Santoro, M., Kirches, G., Wevers, J., Boettcher, M., Brockmann, C., Lamarche, C., Bontemps, S. (2017) “Land Cover CCI Product User Guide Version 2.0. UCLGeomatics”, Louvain-la-Neuve, Belgium, p. 1-105.

- Grekousis, G.; Mountrakis, G.; Kavouras, M. (2015) “An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products.” *International Journal of Remote Sensing*, DOI: 10.1080/01431161.2015.1093195.
- Hua, T.; Zhao, W.; Liu, Y; W, S.; Yang, S. (2018) “Spatial Consistency Assessments for Global Land-Cover Datasets: A Comparasion among GLC2, CCI LC, MCD12, GLOBCOVER and GLCNMO.” *Remote Sensing*, n. 10, p. 1- 18, DOI:10.3390/rs10111846.
- Li, W.; MacBean, N.; Ciais, P.; Defourny, P.; Lamarche, C.; Bontemps, S.; Houghton, R.A.; Peng, S. (2018) “Gross and net land cover changes in the main plant functional types derived from the annual ESA CCI land cover maps (1992–2015).” *Earth System Science Data*, v. 10, p. 219–234.