

ANÁLISE GLOBAL DE COBERTURA DA TERRA A PARTIR DE DADOS ESA CCI-LC

Lorena de Moura Joia Gomes¹, Isadora Haddad Ruiz²

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja, Cep: 12227-010, São José dos Campos - SP, Brasil
{¹lorena.gomes; ²isadora.ruiz}@inpe.br

RESUMO

Ações que promovam o monitoramento da dinâmica da cobertura da terra são primordiais para o desenvolvimento sustentável global. Assim, informações geoespaciais tem permitido cada vez mais o acesso a dados em diferentes escalas de tempo e espaço, o que amplia ações intergovernamentais em áreas como mudanças climáticas, suprimento de alimentos, conservação da biodiversidade e outros. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar dados do produto CCI-LC 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 apresentam variações significativas no período analisado, enquanto Urbano apresenta aumento e demais classes oscilações (redução e aumento). De forma a complementar esta análise, o trabalho direciona novas abordagens para tornar o código mais eficiente para manipulação do produto CCI-LC.

Palavras-chave — Classe temática, linguagem de programação, mudanças.

ABSTRACT

Actions that foment monitoring of land cover are important for global sustainable development. Therefore, geospatial information increasingly allows access to data in different variations of time and space, or that expands intergovernmental actions in areas such as climate change, food supply, biodiversity conservation and others. In this context, the purpose of the work was to analyze data from ESA CCI-LC product, from 2000 to 2015, using the Python programming language to verify land cover changes. The results indicate that classes such as water, permanent ice and sparse vegetation do 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, the work directs new approaches to make the code more efficient for handling the CCI-LC product.

Key words — Thematic class, programming language, changes.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento sobre as mudanças na cobertura da terra de ecossistemas terrestre é fundamental para compreender a dinâmica dos processos de modificação da paisagem, e se tornou demanda crescente no meio técnico científico. Conjuntamente, tecnologias de observação da Terra, como o sensoriamento remoto orbital, emergiram para contribuir com a coleta de dados em diferentes resoluções espaciais (regional e global) e temporais (mensal e anual) [1].

A detecção de alterações nos ecossistemas naturais, assim como o avanço das atividades econômicas e expansão urbana é de extrema importância, pois estes processos envolvem aspectos de conservação da biodiversidade, mudanças no clima, ciclo do carbono [6] e ciclo hidrológico, transformações de paisagens que desempenham serviços ecológicos essenciais ao equilíbrio da vida na Terra.

Pensando nisso, desde o ano 2000 produtos de cobertura da terra (*Land Cover* - LC), com enfoque em diferentes setores, vêm sendo desenvolvidos [4]. Entre eles está o programa *Climate Change Initiative* (Iniciativa sobre Mudança Climática - CCI) da *European Space Agency* (Agência Espacial Europeia - ESA) [3,4], criado, a partir da integração de dados de diferentes satélites, para atender demandas científicas sobre as mudanças climáticas globais.

Atualmente o CCI-LC possui série temporal de 1992 a 2015 com dados anuais que necessitam de processamento para extração de informações. A aplicação de linguagem de programação para gerenciar grande volume de dados (*big data*), surge como ferramenta potencial a manipulação de informações geoespaciais como as do produto CCI-LC, sendo amplamente aplicada. O uso de software livres (*open source*) para análise de dados tem promovido a abertura e propagação do conhecimento na era da ciência aberta (*open science*) [2]. Nesta perspectiva, a linguagem *Python* tem sido explorada por diversas áreas, o que vêm possibilitando a replicabilidade e aperfeiçoamento das pesquisas pela disponibilidade dos códigos utilizados em seu desenvolvimento [2].

Com base no presente exposto, este trabalho tem por objetivo utilizar a linguagem de programação Python para obter informações acerca da mudança de cobertura da terra global nos anos de 2000, 2005, 2010 e 2015, a partir dos dados CCI-LC. As alterações ao longo do tempo serão apresentadas e o código utilizado no processamento será disponibilizado para toda comunidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise proposta foi aplicada em escala global e buscou detectar mudanças nas classes temáticas de cobertura da terra. Com ampla extensão, o globo terrestre apresenta elevada variabilidade de ecossistemas naturais e antropogênicos que devido ao aumento populacional e demanda por recursos naturais vêm sendo amplamente modificados nas últimas três décadas [6].

Em virtude das características citadas anteriormente, o produto empregado no estudo foi o CCI-LC da ESA. Os mapas possuem cobertura global com sistema de coordenadas geográficas WGS 84 (*World Geodetic System*) e foram derivados da integração de cinco sensores imageadores (AVHRR, 1992-1999, 1km; SPOT, 1999-2013, 1km; MERIS, 2003-2012, 300m; PROBA-V, 2014-2015, 1km). Com resolução espacial de 300 metros, resolução temporal anual, estão disponíveis 24 mapas no período de 1992-2015 em diversos formatos e apresentam 22 classes temáticas de cobertura da terra, estabelecidas com base na classificação do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) [3]. O acesso aos dados e a documentação é possível pela plataforma <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>.

Para o desenvolvimento do trabalho foram adquiridos mapas anuais no formato GeoTiff referente aos anos 2000, 2005, 2010 e 2015. O intervalo de 5 anos foi adotado para maximizar a detecção de mudanças no período, pois alterações de classes são detectadas se persistirem por mais de dois anos [3]. Em sequência o processamento foi realizado na plataforma de *kernels Jupyter* do pacote Anaconda. As etapas de processamento consistiram em estruturar códigos de linguagem de programação *Python* capazes de validar os metadados, identificar as mudanças nas matrizes *raster* e gerar gráficos e tabelas, para identificar mudanças.

Para sofisticar o resultado das transições no uso e cobertura do solo, inicialmente as imagens foram reclassificadas por meio do agrupamento das classes pré-existent. Assim, todas as subdivisões da agricultura foram agrupadas na classe Agricultura (A), as subdivisões de florestas foram agrupadas na classe Floresta (F), e assim sucessivamente para as demais categorias, reduzindo as 22 classes para 11 classes finais, com base na classificação adotada pelo IPCC. Na Tabela 1 são apresentadas as classes adaptadas e seus respectivos valores de referência IPCC e CCI-LC.

Logo, as análises das transições foram realizadas em linguagem Python, por meio de uma matriz 3D, agrupando os quatro anos estudados (2000, 2005, 2010 e 2015), que permitiu detectar e quantificar as alterações no uso e cobertura da terra ao longo dos anos estudados. Por fim, foram geradas tabelas e gráficos a fim de contribuir com os resultados e para a análise final das mudanças da cobertura do solo.

Classes (adaptado)	Classes de cobertura da terra	Classes CCI-LC
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
4	Áreas alagadas (L)	180
5	Urbano (U)	190
6	Vegetação arbustiva (P)	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

Tabela 1 - Reclassificação do uso e cobertura do solo.

Fonte: Autores deste trabalho.

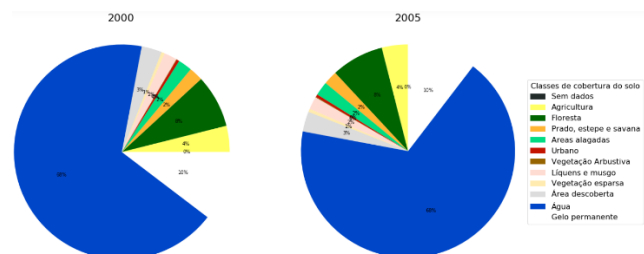
3. RESULTADOS

A etapa de validação dos metadados verificou a compatibilidade entre os dados para o processamento. Todos os arquivos apresentaram os mesmo metadados e, portanto, foram considerados aptos a realização do processamento.

Os gráficos abaixo exibem os percentuais das áreas ocupadas por cada classe de cobertura da terra referente a cada ano. Como na análise não houve a remoção da classe água, 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 sem dados não foi verificada em nenhum dos anos.

Em segundo lugar, destaca-se áreas de gelo permanente, com cerca de 10%, enquanto em terceiro, quarto e quinto ocorrem áreas ocupadas por florestas (aproximadamente 8%), agricultura (cerca de 4%) e áreas descobertas (média de 3%), respectivamente. As outras classes, como vegetação arbustiva e prado, estepe e savana ocupam em média aproximadamente 2% do globo e as demais classes ocupam uma pequena extensão, abaixo de 2%.

A Tabela 2 e na Figura 1 são apresentadas detalhadamente as porcentagens de ocupação de cada classe analisada na área, conforme os anos estudados (2000, 2005, 2010 e 2015). Em ambos fica evidente as classes predominantes, água e gelo permanente, seguido das demais com pequenas variações entre os anos.



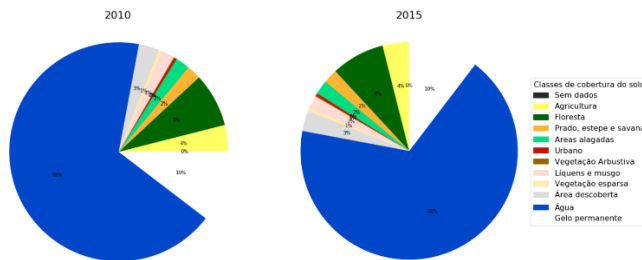


Figura 1 - Percentual das classe de uso e cobertura do solo global referente aos anos 2000, 2005, 2010 e 2015

Fonte: Autores deste trabalho.

Classes de cobertura da terra	Percentual anual (%)			
	2000	2005	2010	2015
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)	2,096	2,1072	2,1091	2,1144
Áreas alagadas (L)	0,42	0,4049	0,4004	0,3998
Urbano (U)	0,0701	0,0928	0,1053	0,1196
Vegetação arbustiva (P)	2,1057	2,0936	2,0922	2,0992
Vegetação esparsa (P)	0,5054	0,5054	0,5054	0,5054
Líquens e musgos (M)	1,9301	1,9135	1,9111	1,9123
Área descoberta (D)	3,0367	3,028	3,014	3,0054
Água (W)	67,5845	67,5794	67,5743	67,5744
Gelo permanente (S)	10,3768	10,3768	10,3768	10,3768

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

Fonte: Autores deste trabalho.

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 e tabela 3 apresentam a variabilidade no período, indicando aumento e redução das classes entre os anos.

Como é possível observar, as oscilações apresentam baixa variabilidade, onde valores negativos indicam redução e positivos aumento. Entre as classes temáticas, a classe Urbano e Prado, estepe e savanna são as únicas que apresentam aumento em todos os anos, as demais aumentam e diminuem no período.

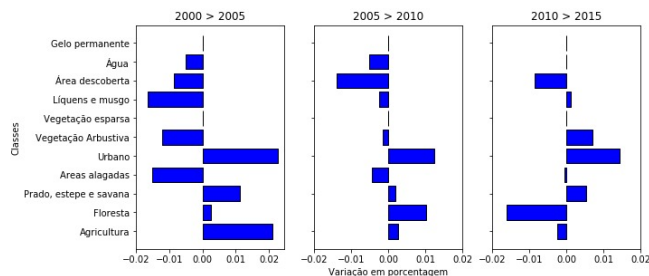


Figura 2 - Percentual de variação das classes entre os anos (2000 > 2005, 2005 > 2010 e 2010 > 2015)

Fonte: Autores deste trabalho.

Classes de cobertura da terra	Percentual de mudança (%)		
	2000 > 2005	2005 > 2010	2010 > 2015
Sem dados (N)	0	0	0
Agricultura (A)	0,0211	0,0027	-0,0024
Floresta (F)	0,0025	0,0102	-0,0162
Prado, estepe e savana (G)	0,0112	0,0019	0,0053
Áreas alagadas (L)	-0,0151	-0,0045	-0,0006
Urbano (U)	0,0227	0,0125	0,0143
Vegetação arbustiva (P)	-0,0121	-0,0014	0,007
Vegetação esparsa (P)	0	0	0
Líquens e musgos (M)	-0,0166	0	0,0012
Área descoberta (D)	-0,0087	-0,014	-0,0086
Água (W)	-0,0051	-0,0051	0,0001
Gelo permanente (S)	0	0,0001	0

Tabela 3 - Variações referentes à cada classe de uso e cobertura do solo para os anos estudados (2000-2015).

Fonte: Autores deste trabalho.

4. DISCUSSÃO

O estudo sobre a dinâmica do uso e cobertura do solo é de extrema relevância para compreender a interação entre seus elementos naturais formadores e suas permanentes modificações condicionadas, ou não, pelas intervenções do homem. Logo, o presente estudo analisou as mudanças globais de uso e cobertura da terra entre no período de 2000 a 2015.

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, e então os resultados são dados gerais sobre o uso e cobertura da terra ao longo de todo globo. Em virtude da escala de análise e devido a resolução especial média do produto CCI-LC, o nível de detalhamento para determinadas classes não foi garantido, portanto é necessário atenção quanto a utilidade desse para aplicações específicas.

Para uma melhor análise das variações, a figura 2 e tabela 3 exibem as transições entre os anos de 2000-2005, 2005-2010 e 2010-2015. Pode-se verificar que a redução e o aumento obtiveram pouca variação ao longo dos anos, apresentando-se entre $\pm 0,02\%$.

Os resultados desta análise indicaram, portanto, que a classe de Agricultura demonstrou redução apenas nos últimos cinco anos (2010 > 2015), assim como Floresta, onde de 2010 para 2015 houve a maior redução significativa quando comparada aos demais anos. A classe Urbano, por sua vez, demonstrou aumento no período analisado, junto a classe Prado, estepe e savanna. Gelo permanente e Vegetação esparsa não demonstraram mudanças significativas no período, e as demais classes demonstraram oscilações, reduzindo e aumentando nos 15 anos analisados. Salienta-se que a classe Água possui uma relação direta com as águas oceânicas, sendo que para análises específicas sobre águas interiores seria necessário delimitar o processamento apenas para áreas continentais.

Entre os anos, diagnosticou-se que entre 2000 e 2005 foi o período com maiores variações na cobertura da terra, reduzindo nos demais períodos. No intervalo de 2005 a 2010 as variações começam a reduzir casos como Líquens e musgos, Áreas alagadas e Agricultura, com aumento da classe Floresta e Urbano. No período seguinte, 2010 a 2015, as variações reduzem ainda mais, não demonstrando alterações nas classes de Água e pouca em Áreas alagadas, em contrapartida Floresta apresenta redução.

5. CONCLUSÕES

A proposta de elaborar um código baseado na linguagem de programação *Python* para observar mudanças na cobertura da terra a partir do produto CCI-LC mostrou-se eficiente. Entretanto é necessário aperfeiçoamento para análise específica da acurácia do produto, pois pode-se 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.

No âmbito das aplicações direcionadas as pesquisas de mudanças climáticas, o produto CCI-LC é de alta relevância, pois apresenta cobertura global e diversas classes temáticas. 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, exemplo disso seria avaliar a cobertura da terra em 1992, 2002 e 2015, o que possivelmente resultará em variações maiores entre as classes.

De forma complementar, outros dados oriundos de sensoriamento remoto apresentam potencial para detectar e relacionar as mudanças de cobertura da terra a alterações na disponibilidade dos recursos naturais como a água e, neste sentido, contribuir para diferentes áreas científicas.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

7. REFERÊNCIAS

[1] Almeida, C.A.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C.G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, pp. 291-302, 2016.

[2] Chiavegatto Filho, A.D.P. Uso de big data em saúde no Brasil: perspectivas para um futuro próximo. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 24, n. 2, pp. 325-332, 2015.

[3] Defourny, P., Santoro, M., Kirches, G., Wevers, J., Boettcher, M., Brockmann, C., Lamarche, C., Bontemps, S. *Land Cover CCI Product User Guide Version 2.0*. UCL-Geomatics, Louvain-la-Neuve, Belgium, pp. 1-105, 2017.

[4] Grekousis, G.; Mountrakis, G.; Kavouras, M. An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. *International Journal of Remote Sensing*, 2015, DOI: 10.1080/01431161.2015.1093195.

[5] Hua, T.; Zhao, W.; Liu, Y.; W, S.; Yang, S. Spatial Consistency Assessments for Global Land-Cover Datasets: A Comparison among GLC2, CCI LC, MCD12, GLOBCOVER and GLCNMO. *Remote Sensing*, n. 10, pp. 1-18, 2018, DOI:10.3390/rs10111846.

[6] Li, W.; MacBean, N.; Ciais, P.; Defourny, P.; Lamarche, C.; Bontemps, S.; Houghton, R.A.; Peng, S. 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, pp. 219–234, 2018.