

INTERPRETAÇÃO VISUAL DE PONTOS EM IMAGENS HISTÓRICAS LANDSAT (1985-2017) PARA A CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NOS BIOMAS BRASILEIROS.

Sérgio Henrique de Moura Nogueira¹, Adriano Silva de Faria², Andressa Araújo³, Gislaine Camargos⁴, Ana Paula Matos e Silva⁵, Jaila Raiane⁶, Pedrina Polli Razoto⁷, Igor Henriques Sanches Silva⁸, Leandro Leal Parente⁹, Laerte Guimarães Ferreira¹⁰

¹serque@gmail.com; ²fariasilvaadriano@gmail.com; ³andressaaraujo.ufg@gmail.com; ⁴gislainegeo13@gmail.com; ⁵annapaulamatos@hotmail.com; ⁶jaila.raiane@hotmail.com; ⁷pedrinapolli@gmail.com; ⁸igorhenriquesanches@gmail.com; ⁹leal.parente@gmail.com; ¹⁰lapig.ufg@gmail.com

Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) – UFG, CAMPUS II Samambaia, Goiânia - GO, Brasil

RESUMO

A interpretação visual de alvos em imagens satelitárias pode fornecer um importante conjunto de dados para calibração de algoritmos com fins de modelagem e mapeamento de uso e cobertura do solo. Este trabalho teve como objetivo construir um conjunto georreferenciado de pontos para todo o território brasileiro. Para cada par de coordenadas foram atribuídas classes de uso e cobertura do solo referente a cada ano no período de 1985 e 2017. Foram utilizadas imagens Landsat provenientes dos sensores TM, ETM+ e OLI. Buscou-se também abordar os critérios adotados, dificuldades e especificidades encontradas no que tange a interpretação de imagens em cada um dos 6 biomas brasileiros.

Palavras-chave — Interpretação de imagens, uso e cobertura, Landsat, amostras de treinamento.

ABSTRACT

Visual inspection in satellite imagery can provide an important data set for calibrating algorithms for LULC modeling and mapping purposes. The objective of this work was to construct a georeferenced set of points for the whole Brazilian territory. For each pair of coordinates, land use and land cover classes were assigned for each year in the period of 1985 and 2017. Landsat images from the TM, ETM + and OLI sensors were used. It was also sought to address the adopted criteria, difficulties and specificities found regarding the interpretation of images in each of the 6 Brazilian biomes.

Key words — Image interpretation, land use and land cover, Landsat, training samples.

1. INTRODUÇÃO

Mapear a dinâmica de uso do solo é um importante instrumento para a gestão do território. Diversos métodos já foram propostos e aplicados para diferentes situações [1]. Com o avanço do Big Data, a criação e uso de conjuntos amostrais assume uma grande importância no que se refere ao treinamento de algoritmos de classificação.

A organização destes conjuntos pode envolver um processo de interpretação visual de imagens. Este processo parte do princípio que o intérprete deve compreender a representação da paisagem, onde comportamento espectral dos alvos, da formação dos padrões de cor, tonalidade, textura, e forma, associados aos respectivos contextos espaciais, oferecem subsídios para uma boa classificação.

Este trabalho teve como objetivo criar um conjunto de dados baseado na inspeção visual de 30.449 pontos georreferenciados, com o respectivo histórico de uso e cobertura para período de 32 anos (1985-2017). Os dados gerados serviram como amostras de treinamento para o mapeamento das áreas de pastagem realizado no âmbito da coleção 3 do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho compreendeu a totalidade do território brasileiro com seus respectivos biomas. O sorteio dos pontos teve por referência as cenas WRS-Landsat, sobre as quais foram sorteados 100 pontos distribuídos dentro e fora de uma máscara de pastagem criada para o ano de 2015 [2]. A quantidade de pontos sorteados dentro desta máscara foi definida a partir da proporção da área de pastagem presente em cada cena. Para as cenas com proporção de pastagem inferior a 10%, um mínimo de 10 pontos foi sorteado dentro destas áreas. O total de pontos sorteados nas cenas correspondentes aos limites com outros países, e o oceano,

foi proporcional a área ocupada pelo território brasileiro, resultando em 31.449 pontos. Destes, 7.210 (~23%) foram sorteados dentro da máscara de pastagem referente ao ano de 2015, enquanto 24.239 (~77%) foram sorteados fora da máscara e portanto em outros usos.

Os pontos foram carregados na ferramenta online *Temporal Visual Inspection – TVI* [3] e posteriormente inspecionados por um conjunto de 7 intérpretes. Para os anos de 1985 a 2017 foram disponibilizadas imagens Landsat, referentes aos períodos seco e chuvoso. Um gráfico com a série temporal MODIS de NDVI (2000-2017) foi utilizado como suporte à decisão dos intérpretes. Outros dados complementares foram incluídos, tais como o nome do município, bioma e o respectivo par de coordenadas para consultas em plataformas externas (e.g. Google Earth, CanaSat, SatVeg.).

As classes utilizadas na inspeção visual foram: pastagem cultivada, pastagem natural, agricultura anual, agricultura perene, cana-de-açúcar, silvicultura, vegetação nativa, natural não vegetada, lavrado ou campinarana, desmatamento, regeneração, água, banco de areia, solo exposto, estrada, mosaico de ocupação, área urbana e não observado. Os critérios de classificação foram definidos e discutidos previamente, antes do início do processo de inspeção, considerando aspectos como forma, textura, tonalidade, cor, contexto e assinatura temporal na série MODIS (para o período de 2000-2017). Materiais auxiliares, com a caracterização socioambiental de cada bioma, foram fornecidos aos 7 intérpretes. Cada ponto foi interpretado por 3 pessoas e chamou-se de classe consolidada aquela com 2 ou mais votos. Os pontos sem classe consolidada (com 3 votos distintos) tiveram sua classe final atribuída por supervisor, responsável também por auxiliar a equipe de intérpretes, conduzir condução de reuniões semanais e auditar as inspeções.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classe com a maior quantidade de pontos inspecionados foi “vegetação nativa”, representando 64% do total inspecionado entre 1985 e 2017. Em 1985 esta classe correspondeu a 71% das inspeções, enquanto em 2017 tal classe correspondeu a 58% da quantidade de pontos inspecionada neste ano. A classe “pastagem cultivada” representou 21% do total do total de pontos inspecionados. Em 1985, esta classe correspondeu a 16% das inspeções, enquanto em 2017 tal classe passou a corresponder a 23% do total inspecionado neste ano. A evolução temporal da distribuição das inspeções pelas classes e uso e cobertura pode ser observada na Tabela 1.

Classe	1985-1995	1996-2006	2007-2017
Vegetação nativa	21644	19933	18699

Pastagem cultivada	5787	6880	7260
Agricultura anual	1026	1401	1826
Pastagem natural	729	697	629
Área urbana	523	596	625
Água	533	552	563
Silvicultura	192	241	404
Lavrado e campinarana	376	371	369
Cana-de-açúcar	112	181	368
Mosaico de ocupação	182	194	213
Regeneração	61	119	152
Agricultura Perene	82	106	146
Estrada	82	95	105
Banco de areia	22	25	31
Natural não vegetada	26	26	26
Não observado	53	14	17
Desmatamento	12	13	10
Solo Exposto	1	1	2

Tabela 1. Média de pontos por classe inspecionada nos períodos 1985-1995, 1996-2006 e 2007-2017.

Considerando a diferença da quantidade de pontos inspecionados em 1985 e 2017, notou-se um aumento considerável dos pontos correspondentes a “agricultura anual”. Em 1985 foram 882 pontos classificados, enquanto que para o ano de 2017 foram atribuídos 2018 pontos para esta classe. Observou-se também um avanço de pontos atribuídos à “silvicultura”, com a interpretação de 173 pontos em 1985 e 461 pontos em 2017. Este acréscimo na quantidade de pontos também foi observado em outras classes antrópicas, como “agricultura perene”, “cana-de-açúcar”, “área urbana”, “mosaico de ocupação” e “estradas”. O aumento da quantidade de pontos na classe “água” pode ser justificado pela construção de reservatórios.

A diversidade morfoedafoclimática, bem como os aspectos sociais e econômicos impôs algumas limitações para a criação de critérios e chaves de interpretação semelhantes para todo o território brasileiro, o que dificultou o processo de inspeção visual, principalmente nos biomas Caatinga e no Pampa.

3.1. Caatinga

A semelhança espectral entre pastagens e áreas de vegetação nativa mais abertas representou uma dificuldade para a distinção entre estas duas classes. Um fator que contribui para esta confusão é o manejo menos intensivo adotado na atividade pecuária deste bioma, caracterizado pela uso de forrageiras nativas (herbáceas, arbustivas e arbóreas).

Desta forma, além dos critérios de cor, textura, tonalidade e forma, buscou-se por uma melhor definição de

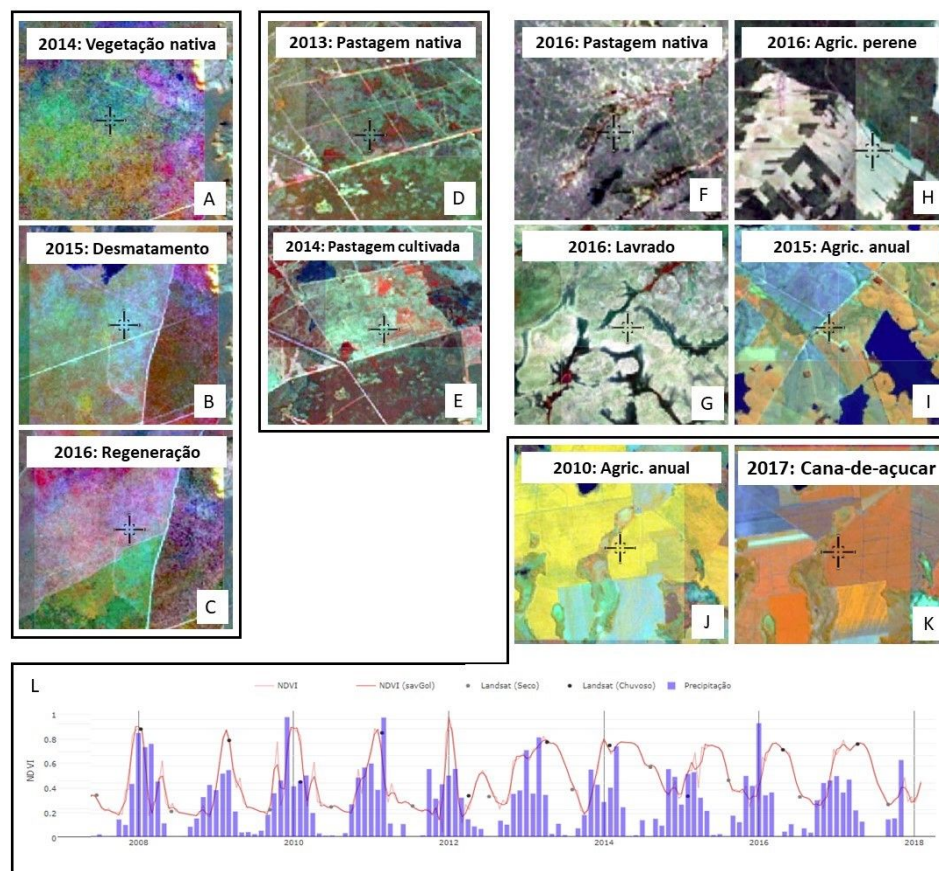


Figura 1. Média de pontos por classe inspecionada nos períodos 1985-1995, 1996-2006 e 2007-2017.

critérios para o contexto espacial dos pontos inspecionados. Foram consideradas como “pastagem natural” (Figura 1F) as áreas de vegetação nativa, em especial fitofisionomias campestres com alto grau de antropização (e.g. presença de trilhas e casas) associadas a padrões distantes de outras áreas nativas mais preservadas.

Também foram observadas dificuldades para a distinção entre as classes “pastagem cultivada”, “agricultura anual” e “agricultura perene”. As duas primeiras apresentam padrões semelhantes nas imagens do período seco, com uma maior distinção proporcionada por imagens do período chuvoso. Nas áreas com agricultura perene, em especial cultivos de caju (Figura 1H), a principal dificuldade de distinção ocorreu nas áreas recém-plantadas e com um maior espaçamento entre as árvores.

3.2. Pampa

Houve dificuldades na distinção entre as classes “pastagem cultivada” e “agricultura anual”. Assim como na Caatinga, esta dificuldade também se justifica pela diferença do manejo adotado em relação ao restante do Brasil. Entretanto, no Pampa há uma maior intensidade no manejo

de pastagens, sendo frequente o cultivo de azevém durante o inverno. Por este motivo, as pastagens cultivadas deste bioma tendem a apresentar um vigor vegetativo mais elevado.

Também foram encontradas dificuldades na diferenciação de pastagens cultivadas e cultivos de arroz, haja vista que a presença de gado nestas áreas é algo comum durante o período de pousio (Figura 1I). Confusões entre “pastagem cultivada” e “pastagem nativa” foram observadas pelo fato de que neste bioma, ambas as classes apresentam praticamente os mesmos padrões de cor, tonalidade, textura, forma e contexto.

Outros fatores também dificultaram a interpretação dos alvos neste bioma, tais como uma maior homogeneidade na distribuição de chuvas durante o ano e uma maior fragmentação da paisagem e diversidade de cultivos nas áreas mais declivosas.

3.3. Mata Atlântica

A fragmentação da paisagem também se mostrou uma dificuldade recorrente no processo de interpretação dos pontos para o bioma Mata Atlântica. Destaca-se também a

presença de áreas abandonadas nas proximidades áreas urbanas. A identificação da assinatura temporal referente ao cultivo de cana-de-açúcar no gráfico correspondente a série temporal do NDVI MODIS se mostrou fundamental para a atribuição de pontos para esta classe (Figuras 1J, 1K e 1L). Também foram observadas, em especialmente no estado do Paraná, áreas com uso recorrente de integração lavoura-pecuária. No caso de variação intranual entre pastagem e agricultura, definiu-se o uso como agricultura.

3.4. Cerrado

As principais dificuldades ocorreram na diferenciação das classes “vegetação nativa” e “pastagem nativa”, sobretudo em fitofisionomias campestres e áreas úmidas. Os pontos interpretados como “desmatamento” se referiram às áreas recém-desmatadas (Figura 1A e 1B), sem ainda terem sido destinadas para algum uso específico. Alguns desmatamentos não se reverteram para usos específicos nos anos posteriores, sendo assim incorporados à classe “regeneração” (Figura 1C).

3.5. Pantanal

Alguns pontos inspecionados apresentaram uma variação interanual entre água e outros usos. Para variações intranuais considerou-se o uso no período seco. Assim como em outros biomas, houve dificuldade na diferenciação entre as classes “pastagem cultivada” e “pastagem nativa”. Para a primeira foram consideradas as áreas periodicamente inundadas com traços de manejo (e.g. estradas, trilhas e edificações) e quebras abruptas do padrão regional (formas, textura, tonalidade e cor). A classe “pastagem cultivada” incluiu os pontos interpretados em áreas mais elevadas, com quebra abrupta dos padrões observados na série de imagens Landsat, indicando a supressão da vegetação nativa (herbácea, arbustiva ou arbórea) (Figura 1D e 1E).

3.6. Amazônia

Assim como no Cerrado, houve a interpretação de pontos nas classes “desmatamento” e “regeneração”. Áreas de vegetação nativa que apresentaram um porte mais baixo, semelhantes à fitofisionomias encontradas no Cerrado, foram classificadas como “Lavrado e campinarana” (Figura 1G). A distinção entre esta classe e “pastagem nativa” seguiu os mesmos critérios de contexto espacial aplicado aos outros biomas.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho inspecionou mais de 30.000 pontos distribuídos por todo o território brasileiro e apresentou os principais desafios relacionados a este esforço, inédito no

país, o qual teve como objetivo central produzir um conjunto amostral destinado ao mapeamento automático das pastagens do Brasil. Como sua proposta amostral considerou uma sorteio aleatório simples sobre áreas de não-pastagem, este conjunto de pontos pode ser utilizado para mapear outras classes de uso e cobertura da terra (e.g. agricultura, cana-de-açúcar e vegetação natural) para um bioma específico e/ou para todo o território nacional. Os mesmos podem ser utilizados também para estimativas amostrais de área, as quais permitem calcular as transições de uso da terra por meio de procedimentos estatísticos [4], e estimativas de acurácia para outras iniciativas de mapeamentos [5], possibilitando uma melhor avaliação e compreensão dos produtos de uso e cobertura da terra existentes para o Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho, situado no âmbito da iniciativa MapBiomas (<http://mapbiomas.org>), teve o apoio da Fundação Gordon and Betty Moore (GBMF), da The Nature Conservancy (TNC), do WWF Brasil, da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

7. REFERÊNCIAS

- [1] Khatami, R.; G. Mountrakis; Stehman, S.V. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 177, pp. 89-100, 2016
- [2] Parente, L.L.; Ferreira, L.G.; Faria, A.S.; Nogueira, S.H.M.; Araújo, F.M.; Teixeira, L.; Hagen, S. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 62, p. 135-143, 2017.
- [3] Nogueira, S.H.M.; PARENTE, L.L.; FERREIRA, L.G.. Temporal Visual Inspection: Uma ferramenta destinada à inspeção visual de pontos em séries históricas de imagens de sensoriamento remoto. In XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro, Brazil, 2017.
- [4] Olofsson, P.; Foody, G.M.; Herold, M.; Stehman, S.V.; Woodcock, C.E.; Wulder, M.A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, v. 148, p. 42-57, 2014
- [5] Pontius JR, R.G.; Millones, M. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, n. 15, p. 4407-4429, 2011.