

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS INSAR PARA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA DO DISTRITO FEDERAL

Bárbara Hass Miguel ¹, Edson Eyji Sano ²

¹Universidade de Brasília, Instituto de Geociências - Campus Darcy Ribeiro - 70910-900 – Brasília -DF, Brasil, babs.hass@gmail.com ²Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, SCEN Trecho 2, L4 Norte - 70818-900 - Brasília - DF, Brasil, edson.sano@ibama.gov.br

RESUMO

Neste estudo, foi avaliado o potencial das imagens de radar do satélite Sentinel-1A (banda C) para discriminar classes representativas de uso e cobertura da terra do Distrito Federal. Dois produtos single look complex (SLC) de junho e julho de 2018 foram convertidos para coeficientes de retroespalhamento e coerência interferométrica. Foi gerada uma composição colorida RGB a partir de imagens de coerência, intensidade de retroespalhamento e razão de retroespalhamento. Essas imagens foram classificadas pelo método supervisionado *Support Vector Machine*. A acurácia da classificação foi verificada pelo coeficiente Kappa (0,64) e pela exatidão global (75,7%). A coerência mostrou-se eficiente na identificação de corpos d'água e da área urbana. Os resultados foram satisfatórios para a classificação de uso e cobertura da terra do Distrito Federal, no entanto, houve confusão entre algumas classes e erros de comissão na classe área urbana. Futuras pesquisas devem ser realizadas com imagens do Sentinel-1A para contornar esses problemas.

Palavras-chave — Interferometria, coerência, Sentinel-1A, SAR, uso e cobertura da terra.

ABSTRACT

In this study, the SAR images of Sentinel-1A satellite (C band) were used to discriminate representative land cover and land use classes of Federal District. Two single look complex products (SLC) from June and July 2018 were converted to backscatter coefficients and interferometric coherence. An RGB color image was generated from images of coherence, backscattering intensity and backscatter ratio. The images were classified by the supervised method Support Vector Machine. The classification accuracy was verified by Kappa index (0.64) and by global accuracy (75.7%). The coherence was shown in the identification of water bodies and the urban area. The results were satisfactory for the classification, however, there was confusion between some classes and commission errors in the urban class. Future searches should be performed with Sentinel-1A images to work around these issues.

Key words — Interferometric, coherence, Sentinel-1A, SAR, land cover.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de uso e cobertura da terra é essencial para o entendimento da dinâmica ambiental e para a compreensão das possíveis implicações decorrentes de mudanças causadas pela ação antrópica. Nesse contexto, a utilização das imagens de sensores remotos na confecção de mapas de uso e cobertura da terra é uma técnica muito difundida, devido à necessidade de identificar a dinâmica espacial de mudanças sobre grandes áreas [1].

Os sensores ópticos são mais fáceis de serem interpretados, porém, são sensíveis à visibilidade atmosférica. Este problema os torna pouco adequados à obtenção de imagens em algumas épocas do ano, devido à cobertura persistente de nuvens em algumas regiões. Já os sensores de micro-ondas, entre os quais se incluem os radares de abertura sintética (SAR), podem ser utilizados sob condições adversas de visibilidade. Contudo, é necessário aprimorar técnicas de processamento desses dados, entre as quais encontra-se a interferometria [2].

A interferometria SAR (InSAR) está baseada na combinação de duas imagens SAR, adquiridas sobre a mesma área, com uma geometria de aquisição ligeiramente diferente uma da outra, para garantir o efeito de interferometria, ou diferença de fase [3]. A diferença de fase entre pixels de mesma coordenada nas imagens está relacionada à distância entre as duas trajetórias de pulsos de energia eletromagnética durante as aquisições (linha-base) e a altitude correspondente no solo [4].

Combinando interferometria e polarimetria, que nada mais é que a natureza vetorial das ondas eletromagnéticas dos alvos imageados, é possível maximizar a coerência interferométrica, que é a medida da correlação entre as duas imagens utilizadas no processamento interferométrico. A coerência também é um indicativo da qualidade de fase do interferograma, visando a geração de modelos de elevação mais precisos.

Dessa forma, o objetivo desse estudo é avaliar o potencial das imagens de coerência interferométrica do Sentinel-1A, banda C, para discriminar classes representativas de uso e cobertura da terra do Distrito Federal. As imagens de coerência interferométrica utilizadas nesse estudo foram obtidas a partir de pares de imagens *single look complex (SLC)* de junho e julho de 2018.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo, com uma extensão de 2862,26 km², corresponde à porção noroeste do Distrito Federal (Figura 1). A área selecionada engloba a cidade de Brasília, o Lago Paranoá, o Parque Nacional de Brasília e a Reserva Ecológica do IBGE, dentre outras feições.

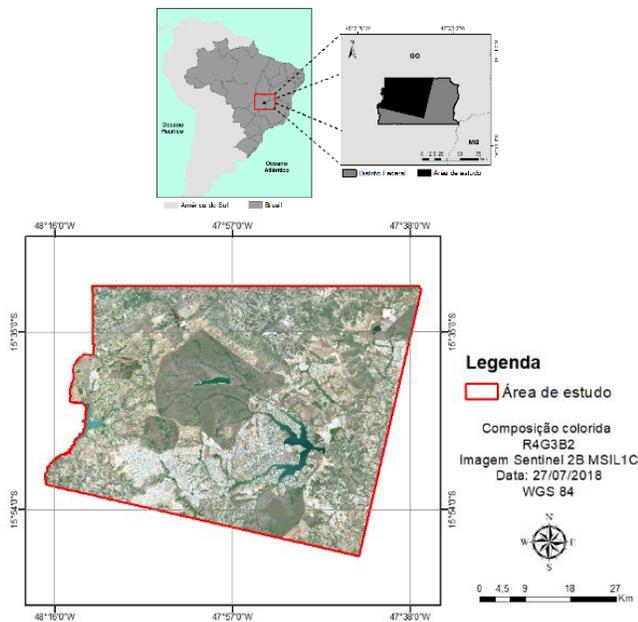


Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima predominante na área de estudo é a tropical com estações seca e chuvosa bem definida (tipo Aw na classificação climática de Köppen), com temperaturas médias mensais superiores a 18 °C e precipitação média anual de 1.540 mm, concentrados entre os meses de outubro e abril. A vegetação é representativa do bioma Cerrado, isto é, mosaico heterogêneo de formações campestres, savânicas e florestais [5].

2.2. Processamento de dados SAR

Neste trabalho, foram utilizadas imagens do Sentinel-1A (nível de processamento: SLC) da Agência Espacial Europeia (ESA), obtidas em 12 de junho e 18 de julho de 2018 (órbita descendente, polarizações VV e VH e 5x20 m de resolução espacial). Os dados foram processados no *Sentinel Application Platform* (SNAP) da ESA (Figura 2).

Primeiramente, as imagens passaram pelo processo de *split* e correção de órbita, selecionando-se uma subárea para minimizar o esforço computacional. Na geocodificação das imagens, foi utilizado o modelo digital de elevação obtido pelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Nesta operação, os dados foram georreferenciados para o

referencial geodésico WGS84 e reamostrados para uma resolução de 15 m por meio de uma interpolação bilinear. Ambas as imagens SAR foram convertidas para coeficiente de retroespalhamento (σ^0 , unidade em decibéis - dB).

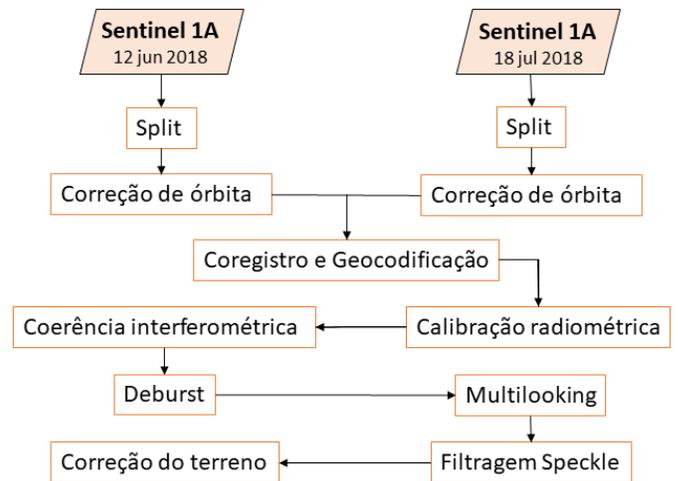


Figura 2. Fluxograma das etapas do processamento de dados SAR.

A coerência γ de duas imagens SAR complexas é definida de acordo com a seguinte equação:

$$\gamma = \frac{E\{uv^*\}}{\sqrt{E\{|u|^2\}E\{|v|^2\}}}$$

Onde E é o valor esperado, u e v são as duas imagens complexas coregistradas e v^* é o complexo conjugado de v [3 - 4] [6]. O tamanho da janela de intervalo de coerência foi definido como 10 e o tamanho da janela de azimute de coerência foi de 1.

Em seguida, procederam-se as operações *deburst* para fundir as subfaixas de cada imagem e *multilooking* para converter as imagens de alcance inclinado em alcance no terreno. Para atenuar o ruído (*speckle*) das imagens, aplicou-se o filtro passa-baixa Lee [7]. Por fim, aplicou-se ainda uma correção de terreno *Range-Doppler*.

2.3. Classificação e validação

Dos processamentos mencionados no item anterior, foram geradas três imagens: "coerência", "intensidade de retroespalhamento" e "razão de retroespalhamento". A composição RGB colorida utilizada para a classificação foi gerada com imagens na polarização VV devido a menor presença de ruídos. Colocou-se a imagem de intensidade de retroespalhamento no canal vermelho, a imagem de razão de retroespalhamento no canal verde e a imagem de coerência no canal azul (figura 3).

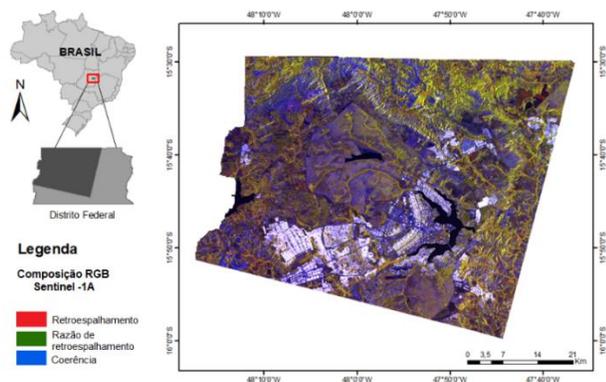


Figura 3. Composição colorida R (retroespalhamento VV) G (razão de retroespalhamento VV) B (coerência VV) de imagens Sentinel-1A.

Esta composição RGB foi submetida à classificação supervisionada pelo algoritmo *Support Vector Machine* (SVM). Os algoritmos de aprendizagem de máquina SVM têm como objetivo a determinação de limites de decisão que produzam uma separação ótima entre classes por meio da minimização dos erros [8].

Para examinar a eficiência do sensor Sentinel-1A em discriminar as diferentes características da imagem, foram definidos cinco tipos de uso e cobertura da terra (Tabela 1): área urbana, água, vegetação, pastagem e agricultura.

Tabela 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra.

Classes	Descrição
Área urbana	Cidades consolidadas e condomínios habitacionais em consolidação
Água	Corpos d’água (lagos e reservatórios)
Vegetação nativa	Áreas ocupadas por matas nativas de porte arbóreo
Pastagem	Áreas campestres
Agricultura	Áreas de cultivo perene ou permanente

A validação da classificação foi realizada através da coleta de amostras de treinamento em uma imagem Sentinel-2 do dia 27 de julho de 2018 da área de estudo. Foram coletadas amostras em uma composição colorida R11G8G5 de 10 m de resolução espacial. Essas bandas correspondem aos canais SWIR, NIR e vermelho do Sentinel-2, respectivamente. A banda 11 do Sentinel-2, naturalmente de 20 m de resolução precisou passar por um processo de reamostragem de pixels por vizinho mais próximo. Além dessa etapa, foi realizada a correção atmosférica da imagem através do algoritmo Sen2Cor dentro da plataforma Snap. Por fim, a acurácia da classificação supervisionada foi avaliada através de uma matriz de confusão e do coeficiente Kappa [9].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta o padrão de distribuição da coerência para as diferentes classes de cobertura terrestre. Os valores mais altos foram observados para a classe área urbana, enquanto valores mais baixos foram observados para a pastagem, vegetação, agricultura e corpos d’água, respectivamente.

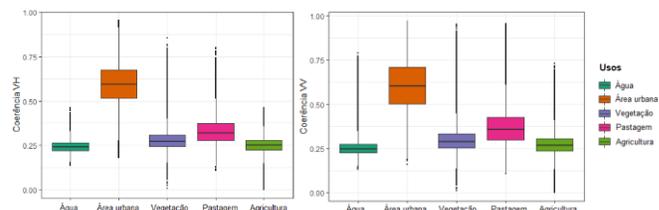


Figura 4. Distribuição da coerência das classes de uso e cobertura da terra nas polarizações VH e VV.

O valor de coerência varia de 0 a 1, sendo inversamente correlacionada com o grau de aleatoriedade dos dispersores entre as duas imagens SAR interferentes. Isto diminui com o movimento ou alterações físicas dos espalhadores, por exemplo, as áreas de vegetação ou floresta, entretanto, os alvos artificiais como as áreas urbanas podem permanecer coerentes por um período relativamente mais longo, resultando em maior correlação [10].

A área de estudo apresentou um valor de coerência médio muito baixo devido principalmente à cobertura vegetal dominante na área. Por isso, é preciso ressaltar que as imagens utilizadas nesse estudo correspondem a estação seca do Distrito Federal, que se inicia em maio e termina em setembro e, conseqüentemente, muitas árvores perdem as suas folhas, mudando os padrões de vegetação para se adequar a estação seca.

De acordo com a classificação (Figura 5), a maior parte da área de estudo é composta pela classe “vegetação”, com 45,4% do total da área, seguida pela classe “pastagem” com 41,3% do total. Já as outras classes apresentaram áreas bem menores. A classe “área urbana” apresenta 9% do total, seguida pela classe “agricultura” com 2,4% e o restante, cerca de 1,9% do total da área de estudo pertence à classe “água”.

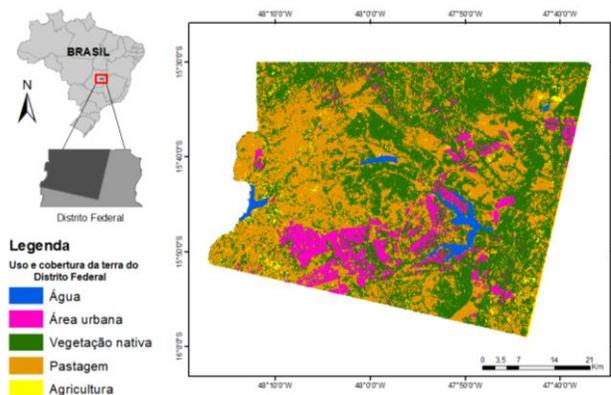


Figura 5. Resultado da classificação supervisionada de imagens do Sentinel-1A pelo algoritmo SVM.

A exatidão global e o coeficiente Kappa da imagem classificada foram de 75,7% e 0,64, respectivamente. Os resultados indicaram que a combinação de coerência com intensidade de retroespalhamento contribuiu para uma classificação de uso e cobertura da terra satisfatória.

É possível notar algumas diferenças de contraste entre as classes de uso e cobertura da terra, principalmente na classe “área urbana” e “água” na composição RGB. Esse destaque é previsível conforme já mencionado nos estudos anteriores [6] [11]. A matriz de confusão está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de confusão da classificação do uso e cobertura da terra em [%].

	Água	A. urb.	Veg.	Past.	Agric.	U acu.
Água	100	0	0	0	0	100
Á. Urb.	0	53,29	1,81	0,96	4,5	96,21
Veg.	0	11,54	94,62	3,48	0	88,67
Past.	0	17,91	1,89	84,41	27,73	16,66
Agric.	0	17,26	1,67	11,16	67,77	18,30
Prod.	100	53,29	94,62	84,41	67,77	
Acur.						

De acordo com a matriz de confusão, as classes “água” e “vegetação” obtiveram a maior acurácia, enquanto as classes “área urbana” e “agricultura” foram as classes que apresentaram as maiores confusões. O classificador não conseguiu detectar a diferença entre as classes “agricultura” e “pastagem”. Enquanto que para a classe “área urbana” houve erros de comissão de praticamente todas as classes, com exceção da classe “água”.

4. CONCLUSÕES

Nesse estudo, foi avaliado o potencial da coerência interferométrica do Sentinel-1A para a classificação do uso e cobertura da terra do Distrito Federal. A análise e os resultados do estudo indicaram que a combinação de coerência, intensidade de retroespalhamento e razão de retroespalhamento pode ser efetivamente utilizada como uma composição colorida para a discriminação das diferentes classes de uso e cobertura da terra. Os resultados mostraram o bom potencial do Sentinel-1 para classificação supervisionada SVM do uso e da cobertura da terra, com 0,64 de coeficiente Kappa e 75,7% de exatidão global. A imagem de coerência mostrou-se eficiente principalmente na identificação de corpos d’água e da área urbana na imagem, entretanto, houve confusão entre as áreas agrícolas e de pastagem e erros de comissão na classe área urbana. Futuras pesquisas devem ser realizadas com imagens do Sentinel-1A para contornar esses problemas.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Congalton, R. G.; Gu, J.; Yadav, K.; Thenkabail, P.; Ozdogan, M. Global land cover mapping: A review and uncertainty analysis. *Remote Sensing*, v. 6, n. 12, pp. 12070-12093, 2014.
- [2] Khalil R. Z.; Haque, S. InSAR coherence-based land cover classification of Okara, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, v. 21, pp. S23-S28, 2018.
- [3] Gaboardi, C. Utilização de imagem de coerência SAR para classificação do uso da terra: Floresta Nacional do Tapajós. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002, 139 p.
- [4] Wegmüller, U.; Werner, C. Retrieval of vegetation parameters with SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 35, n. 1, pp.18-24, 1997.
- [5] Marengo, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*, v. 13, n. 27, pp. 149-176, 2010.
- [6] Wegmüller, U.; Santoro, M.; Werner, C. On the estimation and interpretation of Sentinel-1 TOPS InSAR coherence. In: Proceedings of FRINGE, ESA SP. European Space Agency, 2015.
- [7] Lee, J.S. Speckle Analysis and Smoothing of Synthetic Aperture. *Computer Graphics and Image Processing*, v. 17, pp. 24-32, 1981.
- [8] Tso, B.; Mather, P. M. *Classification methods for remotely sensed data*. New York: Taylor & Francis, 2009. 332 p.
- [9] Stehman, S. V. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, v. 62, n. 1, pp. 77-89, 1997.
- [10] Srivastava, H. S.; Patel, P.; Navalgund, R. R. Application potentials of synthetic aperture radar interferometry for land-cover mapping and crop-height estimation. *Current Science*, v. 91, n. 6, pp. 783-788, 2006.
- [11] Strozzi, T.; Dammert, P. B.; Wegmüller, U.; Martinez, J. M.; Askne, J. I.; Beaudoin, A.; Hallikainen, N. T. Land use mapping with ERS SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 38, n. 2, pp. 766-775, 2000.