VARIEDADE ESPECTRAL DE CAMPINARANAS EM IMAGENS LANDSAT 8/OLI E ALOS/PALSAR DO ALTO RIO NEGRO, ESTADO DO AMAZONAS.

Isabel Cristina Gomes Bezerra[1], Alice Nayara Corrêa[1], Adriano José Nogueira Lima[2], Moacir Alberto Assis Campos[2]

[1]UFAM Faculdade de Ciências Agrárias - Av. Rodrigo Otávio, 6200 - Setor Sul, Coroado - CEP: 69.080-900 {isabzerra94; licenayara17}@gmail.com; [2]INPA Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia Av. André Araújo, 2.936 - Petrópolis - CEP 69.067-375 - Manaus – Amazonas {moacir.campos; adriano}@inpa.gov.br

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo identificar, caracterizar e analisar a variedade de dados espectrais das feições de Campinarana, em imagens ópticas e de radar. O estudo foi realizado em áreas do inventário florestal realizado em 2011, no município São Gabriel da Cachoeira, estado do Amazonas. As imagens e mapas temáticos foram reunidas em ambiente SIG, onde foram criados 450 pontos, divididos entre 3 amostras com 30 pontos para 5 tipos de Campinarana identificados. Estes pontos foram utilizados para extrair as informações espectrais das imagens, tendo em vista a ANOVA. A área total da cobertura vegetal referente aos limites da região de estudo corresponde a 1.689.916,5 ha, e que 47,2% deste total é composto por subgrupos de Campinarana. Análises visuais e dos valores espectrais permitiram comprovar diferenças significativas entre os subgrupos de Campinaranas, tanto nas imagens ópticas como, de radar.

Palavras-chave — Sensoriamento remoto, SIG, processamento digital de imagem, geoprocessamento, Amazônia.

ABSTRACT

The objective of this work was to identify, characterize and analyze the variety of spectral data of the Campinarana features, in optical and radar images. The study was carried out in areas of the forest inventory carried out in 2011, in the municipality of São Gabriel da Cachoeira, state of Amazonas. The images and thematic maps were gathered in a GIS environment, where 450 points were created, separated between 3 samples with 30 points for 5 Campinarana types identified. These points were used to extract the spectral information from the images, in view of ANOVA. The total area of vegetation covering the limits of the study area corresponds to 1,689,916.5 ha, and that 47.2% of this total is composed of subgroups of Campinarana. Visual and spectral values analysis allowed to verify significant differences between the subgroups of Campinaranas, both in optical and radar images.

Key words — *Remote Sensing, GIS, Digital Image Processing, Geoprocessing, Amazon.*

1. INTRODUÇÃO

A extrapolação de dados de campo para áreas mais extensas via sensoriamento remoto (SR), requer mapeamento preciso das tipologias florestais. Formações florestais identificadas nas imagens como feições homogêneas em suas características e com seus limites devidamente delineados refletirão na qualidade das informações nelas baseadas. A pesquisa florestal, com o desenvolvimento das geotecnologias, demanda cada vez mais, dados espaciais de alta qualidade. Os mapas de vegetação e demais mapas temáticos oficiais são obsoletos ou não estão disponíveis para toda a Amazônia brasileira. Inventários florestais e de biomassa como os realizados pelo Laboratório de Manejo Florestal-LMF, do INPA [1] [2] são a base para vários estudos, em escalas local ou regional, incluindo a estimativa da biomassa por sensoriamento remoto. Inventários em larga escala ajudam no desenvolvimento de mapas detalhados de vegetação e uso da terra, oferecendo uma rica fonte de dados no nível do solo para a validação e calibração de dados de sensoriamento remoto [3].

As imagens do SR carregam informações que correspondem às respostas das interações entre a energia eletromagnética e a cobertura do solo [4]. Ademais, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a integração e a combinação de informações referentes a uma determinada área de interesse. No ambiente SIG, é possível capturar, armazenar, consultar, manipular e analisar dados georreferenciados [5]. Cor, tonalidade e textura são alguns dos elementos de interpretação visual para detecção de diferenças entres as feições. Todavia, para classificação automática por meio de algoritmos, a expressão numérica desses elementos é essencial. Por esta razão os valores digitais dos pixels são a primeira opção de análise.

A disponibilidade de dados e a facilidade das ferramentas de análise permitem estudos mais robustos para separação das feições no mapeamento automático. A geração de métricas e descritores que deem suporte ao mapeamento é de importância significativa para pesquisa em manejo florestal. Por esta razão, a pergunta inicial é: Qual a diferença entre os dados espectrais de formações florestais, em imagens ópticas e de radar atualmente disponíveis?

O presente estudo teve por objetivo investigar a variedade de dados espectrais em imagens de sensoriamento remoto relativa às Campinaranas em localidades de São Gabriel da Cachoeira. Imagens ópticas e de radar foram analisadas

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings

para detectar a separação das tipologias de Campinaranas, inicialmente por meio de uma abordagem estatística convencional. Os resultados podem ser usados em algoritmos baseados em objetos (GEOBIA), para obtenção de mapas atualizados e mais precisos para aplicação diversa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de São Gabriel da Cachoeira, mesorregião norte do estado do Amazonas, a aproximadamente 850 km da capital, entre as latitudes 0°51'14,241''N e 0°27'27,108'' S e longitudes de 67°40'49,923'' O e 66°35'8,99'' O. A área foi delimitada com base nas parcelas do inventário florestal realizado no ano de 2011, conforme a Figura 1. O clima do município é Af, ou seja, tropical úmido, caracterizado pela elevada temperatura média do ar, que varia entre 24º C e 27°C, com média mensal sempre superior a 18°C e pela alta pluviosidade — superior 2000 mm de precipitação total anual e precipitação média mensal superior a 60 mm em todos os meses do ano [6]. A vegetação desta área, na sua maior parte, é de floresta ombrófila densa submontana, floresta ombrófila densa de terras baixas e por diferentes tipos de Campinaranas,

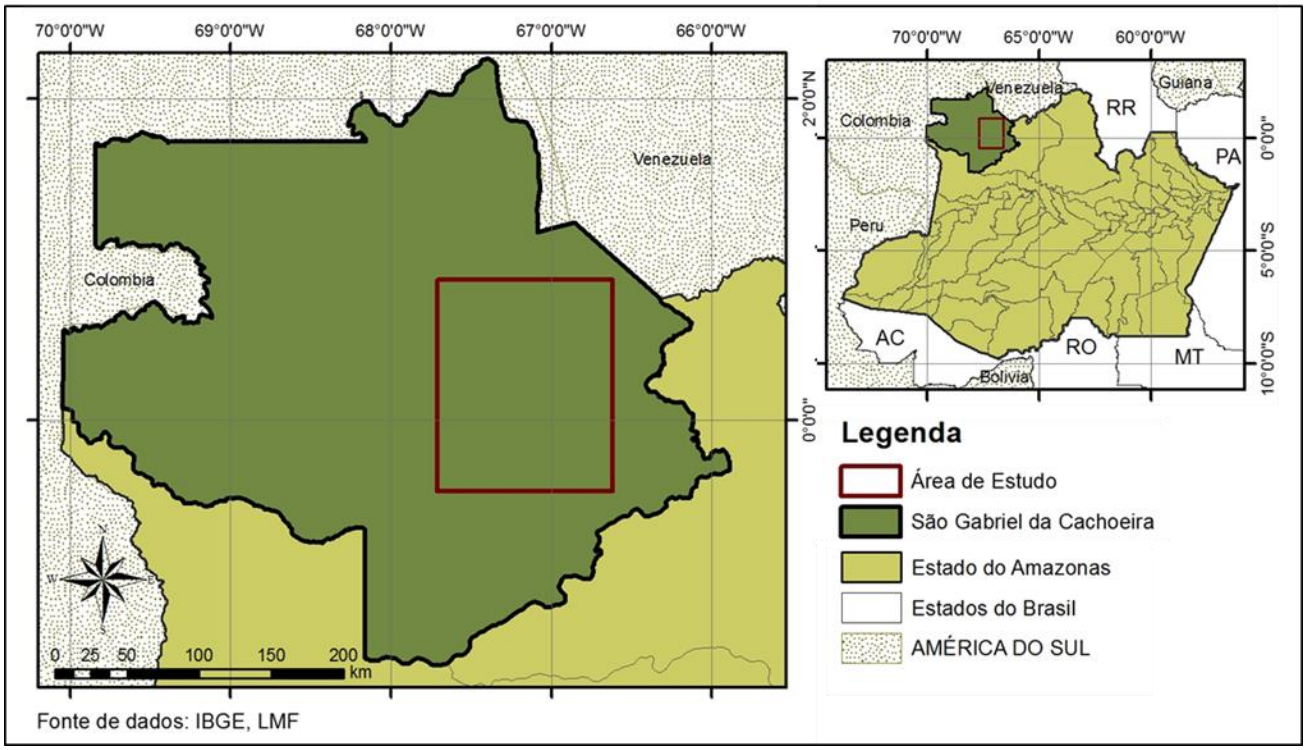

Figura 1. Localização da área de estudo no município São Gabriel da Cachoeira, no estado do Amazonas.

cujo solo, em sua maior parte é do tipo espodossolo arenoso.

Um conjunto de imagens, do Landsat 8/OLI (*Operational Land Imager*), ALOS/PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) e o MDE (Modelo Digital de Elevação) SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) foram utilizadas para este estudo. Na Tabela 1 são apresentadas as imagens com respectivas informações de data de aquisição e referencias espacial. As imagens captadas pelo sensor OLI do Landsat 8 e SRTM foram baixadas do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey-USGS), e as imagens ALOS/PALSAR foram adquiridas do site *Alaska Satellite Facility* (ASF) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapas temáticos foram adquiridos tanto do site do IBGE quanto do acervo do Laboratório de Manejo Florestal – INPA\LMF.

As imagens foram preparadas para integração em ambiente SIG. Os polígonos dos diferentes tipos de Campinaranas, encontrados na área de estudo, foram utilizados para extração de dados das imagens. Foram estabelecidas 3 amostras, cada uma contendo 30 pontos (repetições) a fim de extrair os valores espectrais contidos nas imagens ópticas (bandas) e radar (polarizações). Foram estabelecidos ao todo 450 pontos amostrais localizados nas imagens Landsat 8/OLI e nas imagens ALOS/PALSAR. Os valores espectrais foram reunidos e compilados para análises estatísticas (Descritiva e ANOVA).

3. RESULTADOS

A análise do mapa de vegetação, dentro dos limites da área de estudo, retornou uma extensão de 1.768.969,5 ha. Na Tabela 1 estão reunidos os resultados referentes às formações vegetais que constituem a área, evidenciando

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings

as Campinaranas. As feições que mais se destacam pela extensão territorial são a Campinarana Florestada Sem Palmeira (C1) por apresentar maior área e a Arborizada Com Palmeira (C4) menor. Nota-se que, dentre as formações vegetais, a extensão territorial das Campinaranas na região de São Gabriel da Cachoeira é bastante significativa. Na área de estudo, elas representam 796.333,6 ha, o que correspondem a, aproximadamente, 47,12% do total de cobertura vegetal encontrada.

Tabela 1. Extensão (em ha) das formações da área de estudo, obtida dos polígonos do mapa temático da vegetação.

Tipo de vegetação	Área (ha)
Campinarana Florestada Sem Palmeira (C1)	750893,578
Campinarana Florestada Com Palmeira (C2)	1825,918
Campinarana Arborizada Sem Palmeira (C3)	26778,172
Campinarana Arborizada Com Palmeira (C4)	533,974
Campinarana Arbustiva Com Palmeira (C5)	16301,927
Floresta Ombrófila Aberta Submontana Com Palmeiras	39732,077
Floresta Ombrófila Densa Submontana Dossel Emergente	470258,054
Floresta Ombrófila Densa Submontana Dossel Uniforme	319999,703
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Emergente	16745,685
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Uniforme	46847,454

3.1. Comportamento espectral das Campinaranas nas imagens Landsat 8/OLI e ALOS/PALSAR

A análise das médias e desvio dos valores espectrais nas bandas do Landsat 8/OLI mostram que, as mesmas não variam de maneira brusca. Para a Campinarana Arborizada sem palmeira (C3), as bandas 2, 7 e principalmente a banda 6 apresentam uma variação significativa em comparação as demais Campinaranas.
Na Tabela 2, são apresentados os valores de média e desvio dos valores espectrais de cada polarização das imagens de radar. As médias dos valores espectrais, em geral, não variam de maneira brusca, com exceção das amostras pertencentes à Campinarana arborizada sem palmeira (C3) e Campinarana arborizada com palmeira (C4) na polarização HH.

Tabela 2. Valores espectrais das polarizações HH e HV das imagens ALOS/PALSAR, separados por amostras dos subgrupos de Campinaranas.

TIPO DE CAMPINARANA	AMOSTRA	POLARIZAÇÃO HH		POLARIZAÇÃO HV	
		MÉDIA	DESV.P.	MÉDIA	DESV.P.
C1	1	5722	1069.295	2199	401.051
	2	5406	920.002	2314	339.382
	3	6061	1238.896	2292	421.288
C2	1	6166	1091.029	2226	492.529
	2	6127	1480.949	2345	416.439
	3	5959	1378.414	2401	382.139
C3	1	10398	2761.049	2499	448.370
	2	9699	1908.557	2467	608.234
	3	10138	2426.508	2649	421.061
C4	1	6608	1405.991	2018	326.831
	2	7626	1492.255	2280	397.194
	3	6409	900.227	2176	346.273
C5	1	8610	1432.581	2386	396.132
	2	8321	1731.254	2071	328.556
	3	8633	2289.751	2356	419.800

2.3 Separabilidade dos subgrupos de Campinaranas nas imagens

Observou-se que os valores de *p*, nas ANOVAS desenvolvidas, tanto para as bandas, quanto para as polarizações, se encontram abaixo do limite de significância estabelecido de 5%, sendo assim, existe pelo menos uma média de valor espectral significativamente diferente nas bandas da imagem Landsat 8/OLI e nas polarizações das imagens do ALOS/PALSAR. Nas bandas do sensor OLI, 2, 3 e 4, a Campinarana arborizadas sem palmeira se difere das demais, enquanto que nas bandas 6 e 7 o mesmo ocorre, porém, com a Campinarana florestada com palmeira. Na banda 5 observou-se que a Campinarana florestada com palmeira e a Campinarana arborizadas sem palmeira têm uma razoável discriminação em suas médias. Com base nisso, pode-se afirmar que a banda 5 é a que melhor se aplica quando se utiliza de valores espectrais para separar as Campinaranas nas imagens Landsat/OLI, conforme o observado na Tabela 3.

Tabela 3. Teste de comparação de médias nas diferentes bandas das imagens Landsat 8/OLI para subgrupos de Campinarana

LANDSAT 8 OLI					
	C1	C2	C3	C4	C5
BANDA 2	8637	8654	8900	8662	8682
AGRUPAMENTO	B	B	A	B	B
BANDA 3	7895	7955	8172	7994	7981
AGRUPAMENTO	B	B	A	AB	AB
BANDA 4	6827	6776	7069	6909	6886
AGRUPAMENTO	B	B	A	B	B
BANDA 5	1624	1923	1532	1676	1613
AGRUPAMENTO	B	A	C	B	B
BANDA 6	9057	2151	6803	9484	8091
AGRUPAMENTO	A	B	A	A	A
BANDA 7	6518	6939	6888	6504	6587
AGRUPAMENTO	B	A	A	B	B

O teste de Tukey para os dados das imagens PALSAR, mostra que a Campinarana arborizada sem palmeira se diferencia em ambas polarizações HH e HV, presente na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados do teste de comparação de médias nas diferentes polarizações das imagens ALOS/PALSAR para as Campinarana.

ALOS/PALSAR					
	C1	C2	C3	C4	C5
POLARIZAÇÃO HH	5730	6084	10078	6881	8521
AGRUPAMENTO	D	CD	A	C	B
POLARIZAÇÃO HV	2268	2324	2538	2158	2271
AGRUPAMENTO	AB	AB	A	B	AB

4. DISCUSSÃO

As análises visuais derivaram informações a respeito da característica próprias da Campinarana, apesar da imprecisão dos mapas temáticos. Por meio das análises, observou-se que cada feição de Campinarana comporta-se de maneiras distintas entre si, podendo variar de acordo com o encharcamento do solo, apresentando

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings

características visuais de cor, tonalidade e textura distintas. Estas diferenças são explicadas, em parte, pela abertura e homogeneidade do dossel e pela presença umidade do solo, elemento de associação das formações Campinaranas que é descrito pelo IBGE [7].

Nas imagens de radar, as Campinarana arborizada sem palmeira e C. arbustiva com palmeira se destacam das demais, por apresentarem áreas em tons de cinza mais claros. Isto significa que ocorreu maior reflexão da superfície quando ocorre a interação com a REM emitida pelo sensor, assim, pode-se afirmar que estas feições estão sobre superfície úmida ou alagada. As Campinaranas florestada sem palmeira e C. arborizada com palmeira se mostraram semelhantes, com textura homogênea. Enquanto que a Campinarana florestada com palmeira, apesar de se localizar em ilhas em meio aos igarapés, não possui solo úmido e apresenta textura rugosa quando comparada às demais.

A diferenças encontradas nas imagens de radar são devidas as características das Campinaranas arborizadas, constituídas por arvoretas, pouco desenvolvidas, estabelecidas em depressões e planícies permanentemente encharcadas [7]. Compreendendo esta feição e sabendo que as imagens de radar são sensíveis a variações no conteúdo de água presente nos solos e nas plantas [8], essa distinção pode ser indicada pela presença de um solo encharcado e próximo de igarapés, resultando em valores espectrais maiores captados pelo sensor, diferenciando assim, esta feição das demais.

5. CONCLUSÕES

As diferenças na variedade de dados espectrais que discriminam os subgrupos de Campinaranas e das demais formações vegetais nas imagens Landsat 8/OLI e ALOS/PALSAR foram comprovadas estatisticamente. As características destes dados espectrais nas diferentes bandas e polarizações podem ser utilizadas em algoritmos para classificar as manchas de Campinaranas e seus subgrupos. A caracterização da tipologia por imagens de satélites recentes implica em mapas mais precisos e atualizados.

6. REFERÊNCIAS

[1] Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot,Y. “Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira”. Acta Amazonica, v.28, n.2, pp.153-166. 1998.

[2] Higuchi, N.; Chambers, J.; Santos, J. dos; Ribeiro, R.J.; Pinto, A.C.M.; Silva; R.P. da; Rocha, R.M.; Tribuzy, E.S. “Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central”. Floresta, v.34, n. 3, pp.295- 304. 2004.

[3] GOND, Valéry et al. “Vegetation structure and greenness in Central Africa from Modis multi-temporal data”. Phil. Trans. R. Soc. B, v. 368, n. 1625, pp. 20120309, 2013.

[4] Florenzano, T.G. 2011. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3a ed. São Paulo: Oficina de Textos. 128 p.

[5] Maguire, D.J.; Goodchild, M.F.; Rhind, D. (Eds.). “Geographical Information Systems: Principles and Applications”. 2a ed. John Willey and Sons, New York. pp.537 1991.

[6] BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA 19. “Pico da Neblina: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra”. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. pp.446. 1976.

[7] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. “Série Manuais Técnicos em Geociências”. Rio de Janeiro. pp.271. 2012

[8] Viana, S. N. “Análise de imagens do satélite ALOS PALSAR para discriminar fitofisionomias do bioma Cerrado: estudo de caso no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal. pp.31. 2013.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings