

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ÍNDICES DO SENSOR MSI - SENTINELS 2

Arthur Alves Bispo dos Santos¹ Evelyn de Castro Porto
Costa¹ Mikaella Pereira dos Santos¹ Jéssica Gonçalves
Oliveira daSilva¹ Vinicius da SilvaSeabra¹

1 - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Faculdade de Formação de Professores - Departamento de Geografia – Grupo de Pesquisas Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento (arthurdossantos26@gmail.com; evelynportocosta@yahoo.com.br; jessica.oliveira.jsc.g@gmail.com; pmikaella2@gmail.com; vinigeobr@yahoo.com.br)

ABSTRACT

The methods of object based image analysis (GEOBIA) depend on a set of descriptors capable of identifying and separating the classes predicted in the mapping. So, we can state that the obtaining of quality descriptors is determinant for the achievement of a good GEOBIA classification. The present study aims analyzing the behavior of the indexes generated from the MSI Sentinel2 sensor bands, and its efficiency in the identification of the thematic classes. It is intended to evaluate, on an exploratory characteristic, the spectral behavior of different classes from thecalculatedindices. As a methodology, the atmospheric correction of the 9 sensor bands was performed using the DOS method in the QGIS software. From the segmentation process, a sample collection was performed, which were exported containing the reflectance/radiance values for each index. Thus, it was possible to evaluate the spectral behavior of the samples, which were later grouped into classes, in the different indexes, from their statistical data. Therefore, the work intends to contribute methodologically with remote sensing techniques and GEOBIA classification, pointing out the potentialities and limitations of the main indexes worked on MSI Sentinels 2 images, being of great use for the elaboration of the mapping of the land use and landcover.

Keywords: Indexes, Spectral Behavior, Sentinels, Saline, Urban Areas

INTRODUÇÃO

A elaboração de mapeamentos de uso e cobertura da terra nos proporciona desafios que podem ser superados mediante estudos de metodologias e variáveis capazes de otimizar a realização do trabalho. Nas experiências obtidas com mapeamentos de uso e cobertura da terra no litoral leste fluminense, que contempla os municípios que vão desde Maricá até Cabo Frio, foram identificadas que as principais limitações encontradas estão no processo da modelagem, devido à complexidade das respostas espectrais de algumas classes. O processo de modelagem de áreas de salina, questão áreas particulares da área de estudo, se tornam tarefas complexas, devido a presença de diferentes respostas espectrais, que, além disso, se confundem com outras classes, tornando ainda mais difícil o processo de modelagem.

A fim de auxiliar o processo de modelagem e classificação, os índices radiométricos aparecem como excelentes ferramentas para distinguir classes em uma classificação.

Dessa forma, ao analisar o comportamento espectral de cada classe trabalhada a partir de

diversos índices, é possível avaliar o desempenho, bem como, a potencialidade de cada índice, auxiliando na organização de metodologias para a realização de mapeamentos.

Para esse trabalho foram utilizadas imagens do Sentinel 2, sensor MSI, disponibilizadas gratuitamente a partir da Agência Espacial Europeia (ESA), que oferece resoluções espaciais que variam entre 10, 20 e 60 metros nas suas 13 bandas e resolução radiométrica de 12 bits, o que permite mapeamentos em alta-média resolução. As bandas utilizadas na correção atmosférica e composição de índices foram as do visível (2, 3 e 4), infravermelho próximo (5), *Red Edge* (6, 7, 8 e 8A), e infravermelho médio (11 e 12). Segundo Santos et. al. (2017) uma das principais vantagens do uso de imagens do Sentinel 2 é a combinação de estreitas faixas espectrais, proporcionadas por quatro canais *Red Edge* (borda do vermelho) e o tempo de revisita, que contribui para estudos de identificação e monitoramento de coberturas vegetais.

As imagens do Sentinel 2 permitem que sejam gerados índices radiométricos diversos, que servem como descritores para a classificação da imagem por método GEOBIA. Os índices radiométricos são medidas capazes de identificar em imagens digitais a abundância relativa e a atividade de determinados tipos de informações, tais como áreas edificadas, cobertura vegetal, áreas inundadas, área foliar, entre outros. (FRANÇA et al, 2012). Os usos de descritores, como por exemplo, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), criado por Rouse et al (1974), que se aplica na identificação de áreas verdes ou em áreas em que a presença de vegetação é escassa, servem de elementos fundamentais na classificação da imagem, pois facilitam na identificação de florestas e áreas verdes.

Os índices mais citados pela bibliografia, usados para classificação de vegetação e água, tais como NDVI e NDWI, foram adaptados para o sensor MSI, do satélite Sentinel 2, sendo este, composto por novos algoritmos. Os índices adotados para esse estudo encontram-se disponíveis em Sentinel Hub (2018), e a partir de suas descrições e algoritmos, foi possível reconhecer as potencialidades destes índices em caráter exploratório (tabela 1).

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo analisar o comportamento dos índices gerados a partir das bandas do sensor MSI, do satélite Sentinel 2, e sua eficiência na identificação das classes temáticas. Pretende-se avaliar, em caráter exploratório, o comportamento espectral de diferentes classes a partir dos índices calculados.

TABELA 1. DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES UTILIZADOS PARA SENTINELS

Índice	Algoritmo	Potencialidade
NDVI	$(B08 - B04) / (B08 + B04)$	Vegetação
SAVI 1	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.5) * (1.0 + L1^1)$	Vegetação
SAVI 2	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + 0.9) * (1.0 + L2^2)$	Vegetação
PSSR	$B08 / B04$	Pigmento
NDWI	$(B08 - B11) / (B08 + B11)$	Água
NDWI 2	$(B03 - B08) / (B03 + B08)$	Água
NBR-RAW	$(B08 - B12) / (B08 + B12)$	Queimada
MCARI	$((B05 - B04) - 0.2 * (B05 - B03)) * (B05 / B04)$	Clorofila
GNDVI	$B08 - B03) / (B08 + B03)$	Vegetação
EVI	$2.5 * (B08 - B04) / ((B08 + 6.0 * B04 - 7.5 * B02) + 1.0);$	Vegetação
EVI 2	$2.4 * (B08 - B04) / (B08 + B04 + 1.0);$	Vegetação
NDBI	$[(B11 - B08) / (B11 + B08)];$	Áreas construídas
MNDWI	$[(B03 - B11) / (B03 + B11)]$	Água
RE-NDWI	$[(B03 - B05) / (B03 + B05)]$	Vegetação
Red Edge NDVI	$[(B08 - B06) / (B08 + B06)]$	Vegetação

Fonte: Adaptado de SentinelHub

METODOLOGIA

Para ser possível avaliar o comportamento espectral das classes de uma forma mais completa, foi realizada a correção atmosférica das bandas da cena 23KQQ, do sensor *MSI Sentinels2*. A correção foi realizada a partir do software *Qgis*, através da metodologia empírica de subtração do valor do pixel mais escuro, sendo esta a metodologia mais simples proposta na literatura (ANTUNES et al., 2012).

As interações da radiação solar e da radiação refletida por alvos da superfície terrestre

com constituintes da atmosfera interferem no processo de sensoriamento remoto, já que o espalhamento e a absorção ocasionam mudanças na direção de propagação ou perda de energia para outros constituintes atmosféricos (KAUFMAN, 1989). Sendo assim, a correção atmosférica é fundamental uma vez que as interferências causadas por diferentes tipos de gases e partículas presentes na atmosfera alteram significativamente as repostas espectrais detectadas pelos sensores orbitais. Segundo Antunes et al. (2012) os efeitos diretos por conta da absorção e do espalhamento atmosférico produzem a alteração do brilho da cena e a diminuição de contraste entre os alvos, dificultando com isso a diferenciação e identificação dos mesmos. Após a correção atmosférica das bandas, ocorreu o processo de composição das

imagens através de operações aritméticas no *software ArcGis*, na ferramenta *Calculate*

Raster. Dessa forma, as 15 composições realizadas através dos algoritmos foram inseridas no *software eCognition*, juntamente com as bandas espectrais do sensor *MSI Sentinels2*.

No *software* foi realizado o processo de segmentação da imagem, no parâmetro 150. Após a segmentação, foram editadas manualmente 381 amostras de classes do litoral leste fluminense. As classes editadas são descritas e identificadas, conforme abaixo (figura 1):

1. **Áreas Úmidas:** áreas de inundação temporária (não permanente), geralmente situadas ao entorno de corpos hídricos;
2. **Água:** lagunas e espelhos d'água;
3. **Areia:** cordões arenosos e dunas;
4. **Salina Úmida:** área em atividade produtiva, com acúmulo de águasalgada;
5. **Salina Seca:** área em atividade produtiva ou em processo de desativação, com acúmulo de salmarinho;
6. **Salina Seca Desativada:** área em que não há mais nenhuma atividade de produção de sal e que tenha indícios de vegetação nativa em processo de regeneração;
7. **Urbanização Intensa:** construções verticalizadas e contínuas.
8. **Urbanização Moderada:** ocupação dada de forma contínua, com poucas interrupções (lotes vazios);
9. **Urbanização Rarefeita:** áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas;



Figura 1. Chave de interpretação das classes utilizadas.

Em seguida, foram calculados os 15 índices (tabela 1) por operações aritméticas no *software Definiens*, para em seguida exportarmos, em uma planilha de dados, todos os segmentos (objetos) amostrados com seus respectivos valores de

classes (registros) e índices radiométricos (atributos).

A partir das tabelas, foram realizadas análises e cálculos agrupando os valores das amostras em classes. Assim, foi possível interpretar o comportamento espectral dos índices por classes. Para auxiliar a interpretação, foram calculados a média, o desvio padrão, e os valores mínimo e máximo dos índices para cada classe. Também foram construídos gráficos e matrizes de confusão, que auxiliaram no trabalho de interpretação e avaliação dos índices. Como exemplo do procedimento de análise adotado para todos os índices, observa-se a figura 2, que contém um gráfico de valores de máximo e de mínimo, além da média, que representam o comportamento espectral do índice MNDWI. A partir desse gráfico é possível a visualização dos valores por classes para esse índice, e com isso a possibilidade de distingui-las. No gráfico, as classes estão em código, numeradas de 1 a 9, seguindo a ordem da descrição das mesmas conforme visto acima.

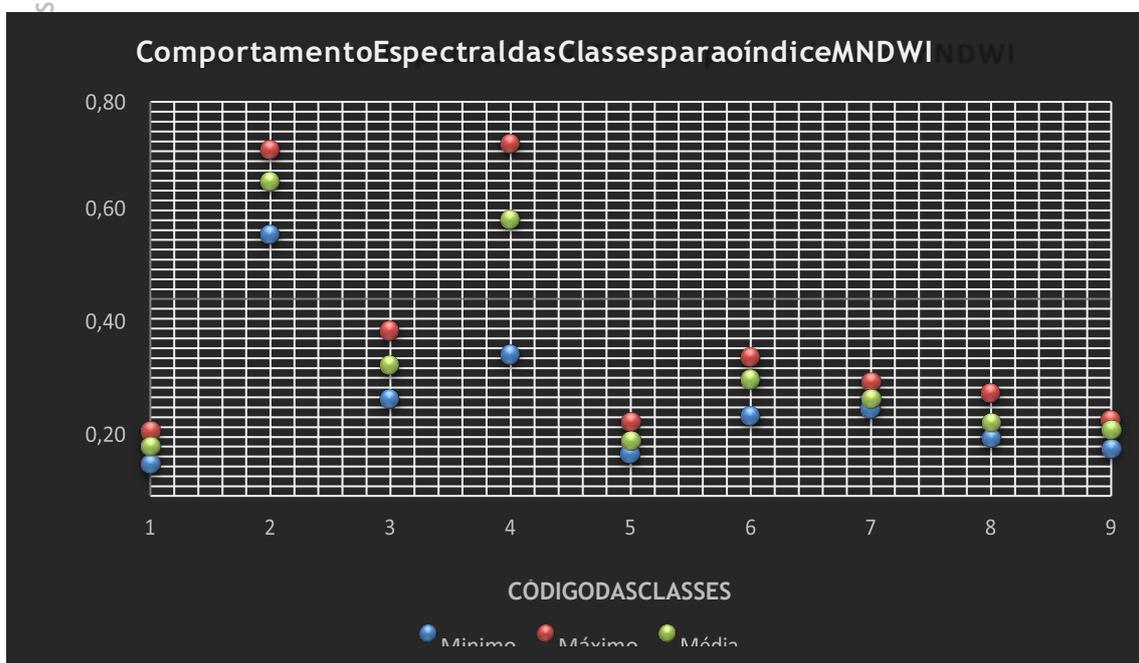


Figura 2. Comportamento Espectral das Classes para o índice MNDWI.

Por exemplo, a classe 1, de área úmida, possui valores mínimo de -0,6722 e máximo de -0,5416, enquanto que a classe 2, de água, possui valores mínimo de 0,2627 e máximo de 0,6062. Os valores das duas classes não se sobrepõem, porque o valor máximo da classe de área úmida não alcança o valor mínimo da

classe de água. Logo, são classes que se distinguem, fazendo com que o índice MNDWI seja um bom índice para separar área úmida de água. Para citar mais um caso, a classe 3, de areia possui valores mínimo de -0,4048 e máximo de -0,1288, enquanto que a classe 5, de salina seca, possui valores mínimo de -0,6283 e máximo de -0,5042. Novamente, os valores das duas classes não se sobrepõem, o máximo da classe de salina seca é de -0,5042

e o mínimo da classe de areia é de -0,4084. Assim, esse índice também se configura como um bom descritor para separar areia de salina seca.

Em contrapartida aos casos anteriores, os valores da classe 6, de salina seca desativada, e da classe 7, de urbano intenso, por exemplo, se sobrepõem e se confundem. A classe de salina seca desativada possui valores mínimo de -0,4762 e máximo de -0,2367, enquanto que a classe de urbano intenso possui valores mínimo de -0,4451 e máximo de -0,3429. Como se pode perceber, o valor máximo e mínimo da classe de salina seca desativada engloba todos os valores de urbano intenso. Logo, são classes que se confundem, fazendo com que esse índice não tenha bom desempenho para distingui-las.

Outro caso exemplificativo é o que ocorre entre as classes 2, de água, e a classe 4, de salina úmida. A classe de água possui valores mínimo de 0,2627 e máximo de 0,6062, enquanto que a classe de salina úmida possui valores mínimo de -0,2264 e máximo de 0,6289. Apesar de o valor mínimo da classe de salina úmida abranger valores que a classe de água não abrange, o seu valor máximo ultrapassa o valor mínimo da classe de água, ou seja, engloba os valores da classe de água. Por esse motivo, na avaliação do índice, ele também não é bom para separar essas classes.

A partir da análise de testes de gráficos, foram elaboradas matrizes de confusão para cada índice, contendo informações de distinção entre as classes. Vale ressaltar que esse tipo de análise foi realizado para todos os índices, e foi mencionado somente o índice MNDWI para exemplificarmos.

RESULTADOS

Interpretando as matrizes de confusão de cada índice, chega-se a uma matriz de confusão geral (figura 3), em que é possível avaliar o desempenho dos índices na distinção entre as classes. O índice NDVI, por exemplo, serviu para distinguir entre si as classes de área úmida, água, areia, salina seca, salina seca desativada, urbano intenso e urbano rarefeito. Resultados semelhantes ocorreram também no GNDVI. O RENDVI apresentou resultados bons para

identificar área úmida, água, salina úmida e salina seca. O NDWI possui potencial para distinguir área úmida, água, areia e urbano rarefeito. O MNDWI tem grande potencialidade para distinguir praticamente todas as classes propostas pelo estudo. Já o PSSR separou entre si as classes de área úmida, água, areia, salina seca, salina seca desativada, urbano intenso, urbano rarefeito.

Índice	Área Úmida	Água	Areia	Salina Úmida	Salina Seca	Salina Seca Desativada	Urbano Intenso	Urbano Moderado	Urbano Rarefeito
Área Úmida	X	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, NDBI, MNDWI		PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI		
Água	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	X	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	NDWI 2, GNDVI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, PSSR, NDWI 2, NDVI, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI
Areia	RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	X	NDWI, NBR, NDBI	RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	NDWI 2			SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, MNDWI
Salina Úmida	RENDVI, NDBI, MNDWI	NDWI 2, GNDVI	NDWI, NBR, NDBI	X	RENDVI, NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	RENDVI, NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	RENDVI, NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, NDWI 2, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI
Salina Seca		SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	X	PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI	RENDVI, PSSR, NDVI, MNDWI		
Salina Seca Desativada	PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI		RENDVI, NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI	X			SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, MNDWI
Urbano Intenso	RENDVI, PSSR, NDVI, GNDVI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, PSSR, NDWI 2, NDVI, NDVI, GNDVI, NDBI, MNDWI		NDWI, NBR, NDBI, MNDWI	RENDVI, PSSR, NDVI, MNDWI		X		SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, MNDWI
Urbano Moderado		SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI		RENDVI, NBR, NDBI, MNDWI				X	
Urbano Rarefeito		SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, NBR, NDBI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDVI, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, NBR, NDBI, MNDWI		SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, MNDWI	SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI 2, RENDWI, PSSR, NDWI 2, NDVI, GNDVI, MCARI, MNDWI		X

Figura 3. Síntese da matriz de confusão dos índices.

Os índices SAV1, SAV2, EVI e EVI2 separam apenas água e urbano rarefeito de algumas outras classes. O índice NDWI serviu para identificar majoritariamente água e área úmida, enquanto que o RENDWI somente para a distinção de urbano rarefeito de algumas outras classes. O índice NDBI separa apenas área úmida e alguns tipos de salinas, enquanto que o índice NBR distingue somente área úmida. Por fim, o índice MCARI separa apenas urbano rarefeito de algumas poucas classes.

Sob as perspectivas das classes, é importante mencionar classes que são identificadas por muitos índices, tal como a classe "água", que tem descritores capazes de separar todas as outras classes dela. A classe de salina úmida também possui descritores para distingui-la de todas as outras classes, devido seu comportamento espectral ser

similar ao da água. E mesmo com tal similaridade, existem descritores que distinguem a água e a salina úmida, que é o caso dos índices NDWI 2 e GNDVI.

Também é importante mencionar a dificuldade de índices para distinguir os urbanos, tendo índices que separam apenas urbano rarefeito de intenso. O que é um grande problema, devido as classes de urbano moderado e urbano rarefeito se confundirem bastante espectralmente no processo de classificação.

Outro ponto importante é a separação de salinas secas e salinas secas desativadas, que mesmo tendo respostas espectrais similares, possuem 3 índices capazes de separá-las, que são o PSSR, o NDVI e o GNDVI. A areia teve um bom desempenho através desses índices, mesmo não sendo possível separar as classes de urbano intenso e urbano moderado, que são classes que tem respostas espectrais que tendem a ser confundidas com essa classe. No entanto, há índices que separam a areia de outras classes com resposta espectral semelhante, como é o caso da salina seca e salina secadesativada.

A confusão entre as classes de salinas e urbanos é mantida, tendo em vista que somente o urbano intenso se distingue de salina seca, através dos índices RENDVI, PSSR e NDVI. E a classe de salina seca desativada, distinguida pela classe de urbano rarefeito (SAVI 1, SAVI 2, EVI, EVI2, RENDWI, PSSR, NDWI2, NDVI, GNDVI).

As demais classes tendem a continuarem com a dificuldade de classificação, tal como a confusão entre urbano moderado e rarefeito com salina seca e urbano intenso e moderado com salina secadesativada.

A partir dos resultados espectrais, também foi possível classificar os índices de acordo com a amplitude de classes que distinguem. Índices com alta amplitude distinguem muitas classes, e índices com baixa amplitude distinguem poucas classes, conforme pode ser visto na tabela. Como presente estudo foram utilizadas nove classes, foram considerados com alta amplitude os índices que distinguem quatro ou mais classes, e de baixa amplitude, os índices que distinguem menos de quatro classes (tabela 2). Vale ressaltar que essa sistematização é referente às classes utilizadas no estudo, podendo variar com a utilização de outras classes e em outras áreas de estudo.

TABELA 2. CLASSIFICAÇÃO DA AMPLITUDE DOS ÍNDICES

ALTA	NDVI	GNDVI	RENDVI	NDWI2	MNDWI	PSSR	-	-	-
BAIXA	SAV1	SAV2	EVI	EVI2	NDWI	RENDWI	NDBI	NBR	MCARI

É importante destacar que alguns índices possuem similaridades em seus

comportamentos. Logo, possuem os mesmos modos de desempenho para as mesmas classes. Isso ocorre com os índices SAV1, SAV2, EVI, EVI2, que possuem os mesmos comportamentos espectrais para as mesmas classes. Ambos distinguem apenas água e urbano rarefeito. A classe de água distingue-se de área úmida, areia, salina seca, salina seca desativada, urbano intenso, urbano moderado e urbano rarefeito. E a classe de urbano rarefeito distingue-se de água, areia, salina úmida, salina seca desativadas e urbano intenso. Os resultados para os quatro índices foram os mesmos, sem nenhuma variação entre eles.

Outros índices que também possuem comportamentos espectrais semelhantes são o MCARI e RENDWI. Esses índices distinguem apenas a classe de urbano rarefeito, separando urbano rarefeito de areia, salina seca desativadas e urbano intenso. A única diferença é que o índice RENDWI também distingue urbano rarefeito de água, o que não ocorre no MCARI.

A mesma coisa ocorre também com os índices NDVI e GNDVI. Eles possuem praticamente o mesmo comportamento espectral. Dentre as situações específicas, ambos distinguem salinas e cade areia, salina seca de salina seca desativadas e urbano intenso de urbano rarefeito. No entanto, ainda entre as situações específicas, possuem uma pequena diferença, no índice NDVI distinguem-se urbano intenso de salina seca, e no índice GNDVI distinguem-se água de salina úmida.

CONCLUSÕES

A partir desse tipo de estudo, percebe-se que os índices possuem um papel de grande relevância para processos de classificação que considerem variados descritores no processo de modelagem, tal como a classificação de imagem baseada em objetos (GEOBIA). Por esse motivo, a análise do comportamento dos índices para cada uma das classes temáticas é de grande importância, principalmente para o mapeamento das classes em que há dificuldade na sua identificação, ou seja, que se confundem espectralmente com outras classes.

Dentre as classes que se confundem espectralmente, que se tornam grandes desafios no processo de classificação, há algumas classes que conseguiram ser separadas por índices utilizados no estudo, como por exemplo: salina úmida de água; urbano intenso de urbano rarefeito; salina seca de salina seca desativada; areia de salina seca desativada. Também foi possível avaliar o comportamento individual de cada um dos índices, em que se constatou que alguns possuem

comportamento similar.

É importante enfatizar que este trabalho é parte inicial de um projeto de mapeamento de uso e cobertura da terra. Dessa forma, a pesquisa tem como pretensão dar continuidade aos resultados encontrados, os incorporando a processos metodológicos da elaboração de mapeamentos de uso e cobertura da terra. A fim de avaliar o desempenho dos índices como descritores no processo de modelagem, como a técnica GEOBIA, testando assim, a eficiência dos índices para as classes enfatizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M. & DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: Proceedings of the IEEE IGARSS2012, Munich, pp. 6549-6552. 2012.

FRANÇA, A. F.; TAVARES JUNIOR, J. R.; MOREIRA FILHO, J. C. C. Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas no mapeamento temático do entorno do lagoaolho d'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Anais. Recife-PE. p.001-009.06-09 de Maio de 2012. Acesso em setembro de 2016.

KAUFMAN, Y. The atmospheric effect on remote sensing and its correction. In: Asrar, G. Theory and applications of optical remote sensing. New York: John Wiley & Sons, 1989. cap. 9, p.336- 428.

SANTOS, P. P.; AUGUSTO, R. C.; RICHTER, M. Sentinels 2 - Procedimentos e potencial de utilização a partir de geotecnologias gratuitas. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 28 a 31 de maio de 2017. Santos. ISBN:978-85-17-00088-1.

SINERGISE. Laboratory for geographical information systems, Ltd. Sentinel Hub. Disponível em: https://www.sentinel-hub.com/develop/documentation/eo_products/Sentinel2EOproducts. Consultado em: 26 de julho de 2018.

ROUSE, J.; Hass, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring Vegetation System in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, 3010-3017. 1974.