

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) E ÁGUA (NDWI) PARA ANÁLISE DE DEPÓSITOS ARGILOSOS E ARENOSOS NO BAIXO CURSO DO RIO JAGUARIBE/CE

Iago Silva Rebouças¹, Cynthia Romariz Duarte²
Cláudio Ângelo da Silva Neto¹, Mateus de Paula Miranda³,

¹Graduação em Geologia - Universidade Federal Ceará, Campus do Pici, Fortaleza/CE, iago.reboucas@hotmail.com, claudioasn@gmail.com

²Universidade Federal Ceará, Departamento de Geologia – Laboratório de Geoprocessamento – GEOCE
cynthia.duarte@ufc.br

³Programa de Pós-graduação em Geologia – Universidade Federal Ceará, Campus do Pici, Fortaleza/CE, mateuspmiranda@gmail.com

RESUMO

As técnicas oriundas do sensoriamento remoto nos últimos anos têm sido de grande ajuda como ferramentas para caracterizações de áreas propícias de depósitos minerais. A ideia de uma visão do todo, viabilizada pelo uso de imagens orbitais permite não só uma análise da dinâmica sedimentar, mas também indícios de feições topográficas de solos areno-argilosos. O presente trabalho teve como objetivo realçar áreas características de solos ricos em insumos para indústrias de cerâmica estrutural através da aplicação do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) e para Água (NDWI) na região do baixo curso do rio Jaguaribe/CE. Para o desenvolvimento do trabalho, foram usadas imagens da Sentinel-2, cena T24MXV do dia 17/08/2018, referente ao período de estiagem na área de estudo. Os resultados tanto do NDVI como de NDWI evidenciaram as porções mais úmidas do solo aluvial, que em período de estiagem, sugere a presença de alvos com porções argilosas.

Palavras-chave — NDVI, NDWI, Sensoriamento Remoto, Argila, Geologia.

ABSTRACT

The techniques of sensing remote in recent years have been of great help as tools for characterization of propitious areas of mineral deposits. The idea of a view of the whole, made possible by the use of orbital images, allows not only an analysis of sedimentary dynamics, but also indications of topographic features of sandy-clay soils. The objective of this work was to highlight characteristic areas of soil rich in inputs for structural ceramic industries through the application of the NDVI and NDWI in the region of the lower Jaguaribe/CE. For the development of the paper, images of Sentinel-2, scene T24MXV of 08/17/2018, were used for the period of drought in the study area. The results of both NDVI and NDWI showed the wetter portions of the alluvial soil, which in the drought period suggests the presence of clayey targets.

Keywords — NDVI, NDWI, Remote Sensing, Clay, Geology.

1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto nos últimos anos vem cada vez mais mostrando sua importância como auxílio em caracterizações litológicas, de bacias hidrográficas ou mesmo como realce de feições topográficas sugestivas de solos com potenciais de depósitos minerais. Regiões inseridas em vales fluviais dependendo das antigas dinâmicas temporais, podem apresentar viabilização na exploração tanto de argilas ou mesmo de areia. O vale Jaguaribe situado no nordeste do estado do Ceará, apresenta trechos de menor energia fluvial permitindo o depósito de materiais argilosos e arenosos nos leitos de rios, córregos e/ou mesmo em meandros desativados. Devido as suas características morfológicas, este acúmulo acaba se evidenciando fisicamente em planícies planas e feições de antigos canais podendo ser visualizadas com maior facilidade em imagens orbitais. Segundo Paranhos Filho (2008) [1], por definição a ideia de obtenções de dados ou imagens de objetos e alvos adquiridos de forma remota, permite uma análise espacial conjunta de uma vasta área, podendo observar feições distintas de forma mais rápida e de fácil aquisição.

Desta forma, o uso de técnicas que venham a destacar porções de corpos minerais distintos é de grande estima para futuras pesquisas e explorações minerais, pois de acordo com Araujo (2016) [2] para assegurar o fornecimento de materiais naturais para seus clientes, empresas necessitam de novas áreas e recursos para exploração futura. Diante disto, algumas técnicas permitem o realce de espaços com possíveis viabilidades a explorações minerais, através de índices que venham a realçar alvos importantes. O *Índice de Vegetação de Diferença Normalizada* (NDVI) separa em função dos níveis de refletâncias solos expostos dos vegetados. Já o *Índice de Água de Diferença Normalizada* (NDWI) permite o realce de áreas das quais apresentam bons percentuais em conteúdo de água e áreas menos úmidas. A integração de ambos os índices com o um próprio para as argilas,

mostraram os motivos para a grande exploração desse tipo de mineral nas planícies de inundação do rio Jaguaribe.

1.1. Área de estudo

A área de estudo encontra-se no nordeste do estado Ceará, perfazendo a porção do baixo curso do rio Jaguaribe. A zona delimitada engloba 6 cidades, sendo estas apenas aquelas que são cruzadas pelo rio Jaguaribe, na sub-bacia do rio, totalizando uma área de 1463,01Km², sendo elas: parte do município de Limoeiro do Norte (início da sub-bacia), Quixeré, Russas, Jaguaruana, Itaiçaba e Aracati (Figura 1).

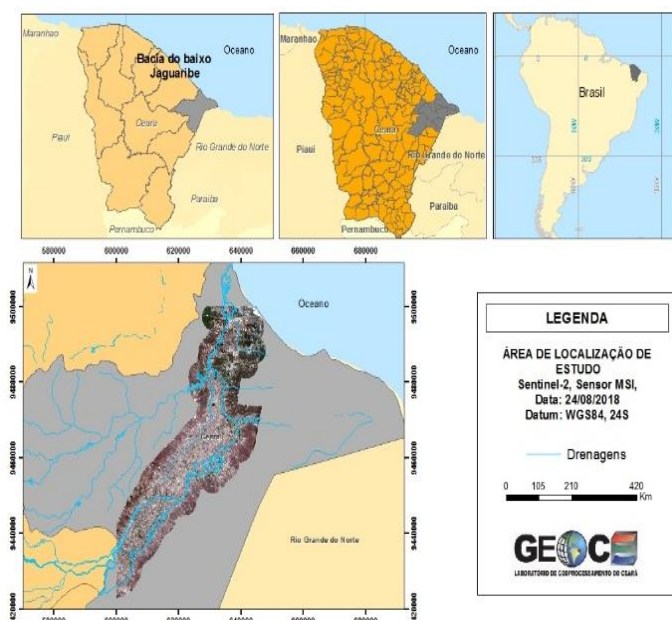


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a imagem do satélite Sentinel-2B da missão imageadora multiespectral do Programa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) do dia 17 de agosto de 2018, sendo tal cena (T24MXV) adquirida gratuitamente no portal da Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*): <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Após a aquisição, as bandas foram integradas em ambiente PDI (ENVI 5.3), que em seguida foi realizada a correção atmosférica destas, usando a técnica *Dark Subtraction* para remoção dos efeitos do espalhamento atmosférico. A escolha da área de estudo foi realizada mediante a prolongação das margens do trecho do rio Jaguaribe presente na cena trabalhada em 3,5Km. Após isso, foi realizado o cálculo de índice de vegetação (NDVI : equação 1) usando as refletividades das bandas 8a e 4 do Sentinel-2B, onde para valores de NDVI próximos de +1 seriam vegetações mais

densas, e NDVI próximo a -1, demonstrariam áreas úmidas, água e áreas urbanas.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Vis}) / (\text{NIR} + \text{Vis}) \quad (1)$$

NIR = infravermelho próximo (banda 8a)

Vis = visível (banda 4: vermelho)

O índice para água (NDWI: equação 2) proposto por McFreetts (1996) [3] foi usada a razão das bandas dos comprimentos de ondas do verde e infravermelho próximo, buscando evidências as porções mais úmidas do solo, onde para valores de NDWI>0 se comportariam como corpos úmidos (água) e, NDWI<0 para alvos menos úmidos.

$$\text{NDWI} = (\text{VIR} - \text{NIR}) / (\text{VIR} + \text{NIR}) \quad (2)$$

NIR = infravermelho próximo (banda 8a)

VIR = visível (banda 3: verde)

Os índices para as argilas podem ser calculados de duas maneiras, sendo uma delas uma razão simples de SWIR1/SWIR2. A outra forma pode ser usada por uma expressão na qual podem ser reforçando os destaques para materias com melhores respostas espectrais no infravermelho de ondas curtas (SWIR). A fórmula (equação 3), busca singularizar e diferenciar respostas expectrais das argilas e areias, para isso, foi usada a seguinte expressão:

$$\text{ARGILAS} = (\text{SWIR1} - \text{SWIR2}) / (\text{SWIR1} + \text{SWIR2}) \quad (3)$$

SWIR1 = banda 11

SWIR2 = banda 12

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta o NDVI obtido para a área e mostra uma variação em suas classes de -0,603 a 1 para os *Digital numbers* (DN's), apresentando uma média de 0,35 e desvio padrão de 0,17, onde para valores negativos, ou seja próximo a -1 os corpos d'água e solos úmidos são realçados, e para valores próximos a 1 a vegetação é destacada. A Tabela 1 traz os dados da interpretação das classes obtidas pela aplicação do NDVI.

Seguindo o padrão proposto por McFreetts (1996), o NDWI obtido para a área exibe variações de classes no intervalo de -1 a 0,645 (Tabela 2, Figura 3), com média de -0,39 e desvio padrão de 0,15, sendo os valores próximos a 1 correspondentes as porções mais úmidas, e as proções mais claras, tendendo ao branco as áreas com menor umidade no solo.

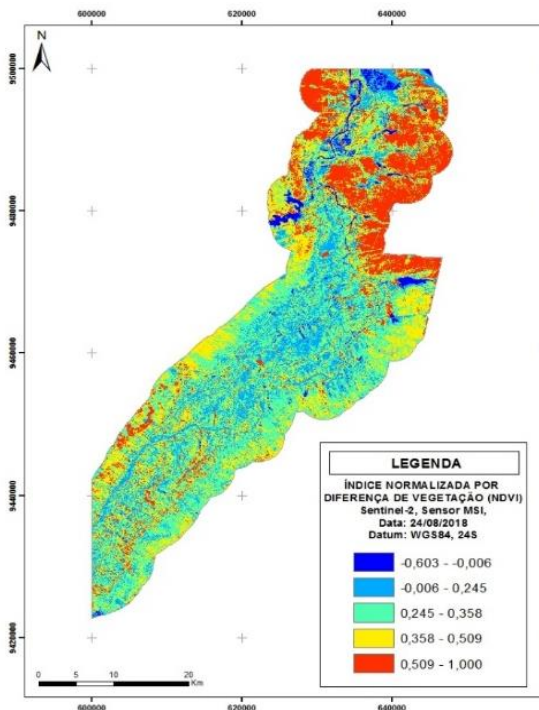


Figura 2. Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

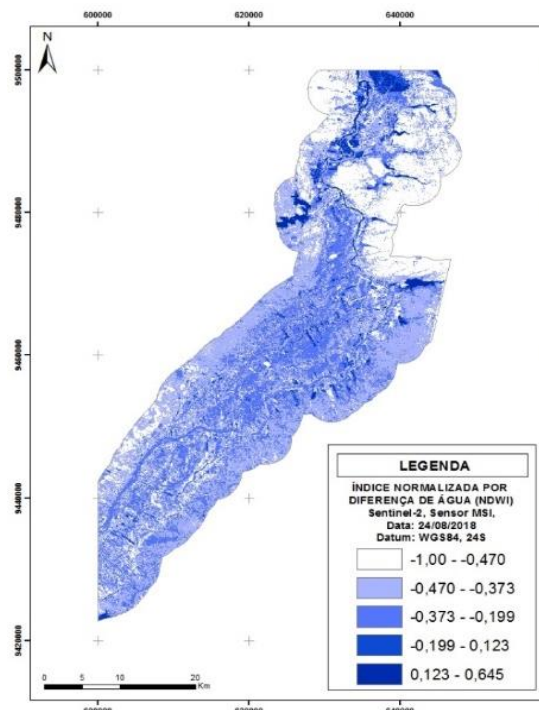


Figura 3. Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI)

CLASSES	NDVI	ALVO	COR
1	-0.603 a -0.006	Água	Azul escuro
2	-0.006 a 0.245	Solo úmido	Azul claro
3	0.245 a 0.358	Solo exposto	Verde
4	0.358 a 0.509	Vegetação Baixa	Amarelo
5	0.509 a 1,00	Vegetação Densa	Vermelho

Tabela 1. Tabela interpretativa do Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI)

CLASSES	NDWI	ALVO	COR
1	-1,00 a -0,470	Vegetação Densa	Branco
2	-0,470 a -0,373	Vegetação Baixa	Azul muito claro
3	-0,373 a -1,990	Solo úmido	Azul claro
4	-1,990 a 0,123	Solo úmido	Azul menos escuro
5	0,123 a 0,645	Água	Azul Escuro

Tabela 2. Tabela interpretativa do Índice de água da diferença normalizada (NDWI)

4. DISCUSSÃO

O período da aquisição da imagem utilizada foi escolhida em virtude ao período de estiagem local, momento este que se tem o mínimo possível de vegetação cobrindo o solo. Em situação de seca, a aplicação de índices de que venham realçar a umidade, são métodos bem sugestivos para o realce de solos argilosos, uma vez que estes têm uma maior capacidade de retenção de água.

Diante dos resultados do NDVI (Figura 2), é possível notar que a bacia hidrográfica se encontra com pouca vegetação por todo o centro geográfico, permitindo a boa exposição do solo. Com essa grande exposição, é possível visualizar as porções mais úmidas, que na coloração hipotéticas, o azul escuro (-0,603 a -0,006) delimita os corpos d'água, as cores verde (0,245 a 0,358) e azul claro (-0,006 a 0,245), na respectiva ordem crescente para porções mais úmidas, a amarela (0,358 a 0,509) para vegetação de menor porte e a cor vermelha (0,509 a 1,000) marca áreas com um maior adensamento vegetal. No índice normativo da água (Figura 3) é muito importante ressaltar o olhar para as classes com NDWI > 0,

com exceção da última (0,123 a 0,645) pois esta representa os corpos hídricos, que nestes intervalos de 0,373 a 0,123 o nível de umidade no solo apresenta-se maior, o que remete a solos ou depósitos sedimentares que tenham capacidade de retenção de água, uma vez que a imagem foi obtida de um período de estiagem. Diante disto, notasse porções menos úmidas para cores mais próximas ao branco (-1 a -0,470).

A reformulação da matemática de bandas para índices de argila permite aprimorar o realce de possíveis depósitos deste mineral de origem sedimentar. Ao usar a expressão: $Argilas = (SWIR1 - SWIR2) / (SWIR1 + SWIR2)$, alvos que tem uma melhor resposta nos comprimentos de onda do SWIR1 são destacados, por exemplo podendo ser aplicadas para análises de solos argilosos e arenosos.

A figura 4, traz menção a essa ideia, evidenciando os principais locais propícios ao armazenamento de sedimentos argilosos. quanto mais próximo de 0, maiores as chances de serem encontrados de solos argilosos, de -1 para areias e centros urbanos, e quanto mais próximo de 1 maior o adensamento vegetal. No entanto, a refletância dos centros urbanos acaba se mascarando junto as argilas e areias, uma proposição se dá ao fato dos telhados das casas terem uma

composição similar aos depósitos minerais, o que lhes dão uma resposta espectral parecida.

As argilas e areias tem um comportamento espectral também parecidos, com picos de reflectância maiores nos comprimentos de ondas do SWIR1, no entanto, as areias refletem uma maior quantidade de energia, podendo assim, diferenciar-las em uma razão de infravermelho próximo pelo infravermelho de ondas curtas. Na figura 4, os solos com maiores teores de areias são aqueles em cores artificiais, os que apresentam a colocação de preta (-0,472 a 0,154) . As colorações marrons de entres as classes 2 e 3 (0,154 a 0,257), são as prováveis áreas para se encontrar os solos mais argilosos. Tabela 3)

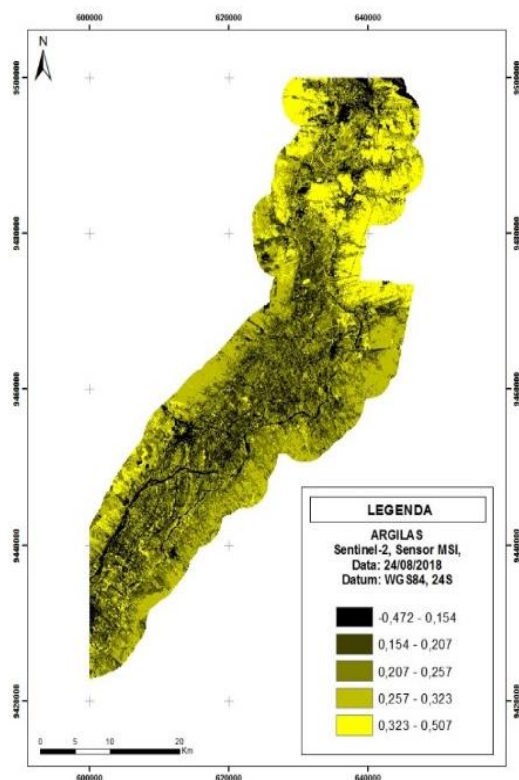


Figura 4. Áreas com solos argilosos

CLASSE	ARGILA	ALVO	COR
1	-0,472 a 0,154	Areia/ Áreas urbanas	Preto
2	0,154 a 0,207	Solos argilosos	Marrom escuro
3	0,207 a 0,257	Solos argilosos	Marrom claro
4	0,257 a 0,323	Vegetação Baixa	Amarelo escuro
5	0,323 a 0,507	Vegetação Densa	Amarelo

Tabela 3. Tabela interpretativa dos índices obtidos de solos argilosos e arenosos.

Nas expressões tanto de NDWI e NDVI, ao invéz de ser usada a banda 8 do SENTINEL-2B, foi atribuída as equações a faixa do vermelho de bordo 8a, uma vez que esta apresenta um comportamento mais próximo com a banda 5 da Landsat 8 ETM+. De acordo com Mandacini (2016) [4], do ponto de vista radiométrico, a banda 8a do programa Sentinel em valores relacionados a reflectância, é a que mais se assemelha com a banda de infravermelho próximo da Landsat 8 (Banda 5), uma vez que a faixa da 8a (Sentinel) é mais restritiva ao pico da mesma janela de absorção cuja a faixa da banda 5 da Landsat está contida. A banda 8 da Sentinel é mais similar as séries antigas, como no caso da Landsat 5 TM (Banda 4).

5. CONCLUSÕES

Os resultados dos valores obtidos de NDWI e NDVI para a região do baixo curso do rio Jaguaribe estão condizentes com o que era esperado na literatura. A escassez de vegetação devido ao período de estiagem, ajudou a expor o solo, e uma vez úmido em condições de secas, são indícios de solos com maiores teores de argilas. A aplicação dessas técnicas para mapeamentos prévios de áreas com maior possibilidade de acumulo de sedimentos argilosos é de grande importância para o movimento da economia e incentivo a pesquisa mineral.

6. REFERÊNCIAS

[1] Paranhos Filho, A.C.; Lastoria, G. e Torres, G.T., “Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado”, UFMS, Campo Grande, (p16), 2008;

[2] Araujo, M.F.S; Vieira, F.F. e Moura, E.N., “Sensoriamento remoto auxiliando a pesquisa mineral no Seridó (PB/RN)”, IV Simpósio de minerais industriais do Nordeste, João Pessoa, fonte: (<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2016/CAC00260016.pdf>), 2016;

[3] McFeets, S.K., “The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features”, University of Nebraska-Lincoln, U.S.A, fonte: (<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714>), 2007;

[4] Mandacini, E.; Bitelli, G. “Preliminary Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 Imagery for a Combined Use”, MDPI, Italy, Clement Atzberger and Prasad S. Thenkabail., fonte: www.mdpi.com/2072-4292/8/12/1014/pdf-vor, 2016