DOI: 10.22411/rede2016.1002.10

REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA ISSN: 1982-5528

Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br Fortaleza, BRA

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO DOS PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS ATRAVÉS DO SAVI E ALBEDO DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM – PE

Analysis of vegetation variation of dry and rainy periods through SAVI and surface reflectance in Belo Jardim - PE municipality

Josiclêda Domiciano Galvincio [1]
João Antonio dos Santos Pereira [2]
Luciana Mayla de Aquino França [3]
Taynã Maria Pinto Lins [4]

RESUMO:

O sensoriamento remoto da superfície tem sido utilizado com sucesso na detecção da dinâmica da vegetação. Assim, o objetivo deste estudo é fazer uma análise da dinâmica das alterações da vegetação devido às variações climáticas, no município de Belo Jardim, situado no agreste pernambucano. Os índices utilizados foram o SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) e o albedo de superfície. Tais índices foram relacionados com o balanço hídrico da região para uma melhor análise. Foram utilizadas quatro imagens, sendo duas da estação chuvosa e duas da estação seca. Relacionando esses índices com dados climatológicos pôde-se verificar a influência destes no desenvolvimento da vegetação, que apresentou respostas a essas variações climáticas. No período de 1998 e 2004, na vegetação rala, período seco, ocorreu um aumento superior de mais de cinco vezes de área, saltando de 10,96% para 56,24% do município de Belo Jardim. A vegetação esparsa sofreu uma redução muito grande, caindo de 74,06% para 28,66%. Os dados sugerem uma parcial manutenção no aspecto da vegetação no período chuvoso e uma forte diminuição para o período seco.
Palavras-Chave: Vegetação, precipitação, SAVI.

ABSTRACT:

Remote sensing of the surface has been successfully used to detect vegetation dynamics. Thus, the objective of this study is to analyze the dynamics of vegetation changes due to climatic variations, in the municipality of Belo Jardim, located in the Pernambuco state. The indices used were the SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) and the surface albedo. These indices were related to the water balance of the region for a better analysis. Four images were used, two from the rainy season and two from the dry season. By correlating these indices with climatological data, the influence of these indices on vegetation development, which presented responses to these climatic variations, was verified. In the period of 1998 and 2004, in the sparse vegetation, dry period, there was a greater increase of more than five times of area, jumping from 10.96% to 56.24% of the municipality of Belo Jardim. The sparse vegetation suffered a very large reduction, falling from 74.06% to 28.66%. The data suggest a partial maintenance in the aspect of the vegetation in the rainy season and a strong decrease for the dry period.
Keywords: Vegetation, precipitation, SAVI.

[1] Dra. Bolsista de Produtividade 2 CNPq, professora da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. josicleda@gmail.com
[2] Geógrafo e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. antoniopereira.278@gmail.com
[3] Geógrafa e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. lucianamayla@hotmail.com
[4] Geógrafa pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, integrante do Grupo de Mudanças Climáticas e Eventos Extremos. taylins@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Os estudos ambientais têm se tornado cada vez mais importante no cenário atual das variações climáticas. O desenvolvimento de novas tecnologias nos sistemas de satélites propiciou à sociedade um número muito grande de informações úteis sobre diversos aspectos da superfície terrestre em forma de dados espaciais. A disponibilidade desses dados nos permite uma melhor gestão dos recursos naturais e possivelmente sua preservação. O homem, a partir do momento que atua sobre a cobertura vegetal natural de um solo, produz um desequilíbrio no meio ambiente, que podem se potencializar com as práticas inadequadas (DÍAZ e ALMAROX, 1994). Estas práticas precisam ser monitoradas e a análise da evolução espaço-temporal dos ecossistemas naturais foi propiciada pelo desenvolvimento das tecnologias dos sistemas margeadores de satélite. Neste sentido, o sensoriamento remoto da superfície terrestre tem sido usado com sucesso na detecção da dinâmica da vegetação por ser capaz de indicar as mudanças gradativas ocorridas durante seu desenvolvimento (SAKAMOTO *et al*., 2005).

A comunidade científica gerou diversos índices que tem os mais variados objetos e permitem a avaliação de diferentes elementos da paisagem. Um dos principais elementos da paisagem é a vegetação. Os índices de vegetação têm sido utilizados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada. Indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde (JENSEN, 2009).

No nordeste, mais especificamente nas regiões do agreste e sertão, são encontradas as áreas mais susceptíveis à alteração de suas espécies de plantas nativas. Isto se dá devido ao elevado grau de estresse hídrico sofrido pelas plantas decorrentes dos períodos mais secos. É aí também que ocorre uma resposta mais rápida em termos de aumento da atividade fotossintetizante nos períodos úmidos.

As características do solo têm uma considerável influência no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos, e consequentemente, no cálculo dos índices de vegetação (HUETE,1988). O SAVI (Soil-adjusted vegetation index) foi desenvolvido por Huete (1988), sendo uma técnica de transformação para minimizar a influência da reflectância do solo nos índices de vegetação espectrais que envolvem os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo e modelar, com mais precisão, a radiância infravermelha próxima nas copas mais abertas, (SILVA *et al.,* 2011).

E não só o solo tem influência na vegetação, pois a precipitação tem peso talvez até maior com relação ao desenvolvimento das plantas. O nordeste brasileiro é afetado periodicamente pela presença do evento climático chamado El Niño. Tal fenômeno é resultado de um anômalo aquecimento das águas equatoriais do oceano Pacífico. Este aquecimento provoca mudanças na circulação de grande escala da atmosfera, causando anomalias climáticas em várias regiões do globo, (ALVES e REPELLI, 1992). O El Niño tende a acentuar os períodos secos, pois ele dificulta a ação da ZCIT (Zona de convergência inter-tropical) que traz umidade do oceano Atlântico para o nordeste.

Somando a influência do solo com as condições climáticas, são geradas condições para o desenvolvimento da vegetação. Esta é um importante receptor e armazenador de radiação solar, o que ocorre devido à absorção de energia incidente pelo sistema solo-planta, e é dependente do albedo da superfície (JARVIS *et al*., 1997). O albedo de superfície, ou poder refletor da superfície é a fração incidente que é devolvida à atmosfera. Este é um parâmetro muito importante no balanço de radiação e de energia de uma superfície, (LEIVAS *et al.,* 2007).

ALLEN *et al*., (2002) afirmaram que o albedo dos corpos d'água pode variar de 0,025 a 0,348, dependendo do ângulo solar de elevação. Para grama ou pasto, essa variação é de

0,15 a 0,25. Para as culturas de milho e arroz, essa variação é de 0,14 a 0,22 e 0,17 a 0,22, respectivamente. Ainda segundo os mesmos autores, florestas coníferas e decíduas apresentam os seguintes valores: 0,10 a 0,15 e 0,15 a 0,20, respectivamente. Citado por, (SANTOS, 2009).

Um dos mais destacados algoritmos do sensoriamento remoto, muito utilizado em estudos dos fluxos de calor latente e sensível à superfície é o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land). Possibilita grande cobertura espacial e, dependendo do sensor orbital que o alimenta com dados dos canais reflectivos e termais, pode também ter grande resolução espacial. O SEBAL tem sido utilizado para estimar, de forma simples e eficaz, o albedo e a temperatura da superfície com imagens Landsat 5, (SILVA *et al.,* 2005; FERREIRA *et al.,* 2012).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo fazer uma análise da dinâmica da vegetação devido as variações do clima, no município de Belo Jardim, situado no agreste pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização e localização da área

O município de Belo Jardim (Figura 1), se localiza no Agreste pernambucano, a uma latitude 8°20′9″Sul, e uma longitude 36°25′26″Oeste. Apresenta uma população de 72.432 habitantes, possui um clima do tipo As' segundo a classificação de Köppen, está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre aproximadamente 470 a 1.100 metros. A vegetação do município é formada por Florestas Subcaducifólias e Caducifólias, próprias das áreas agrestes.

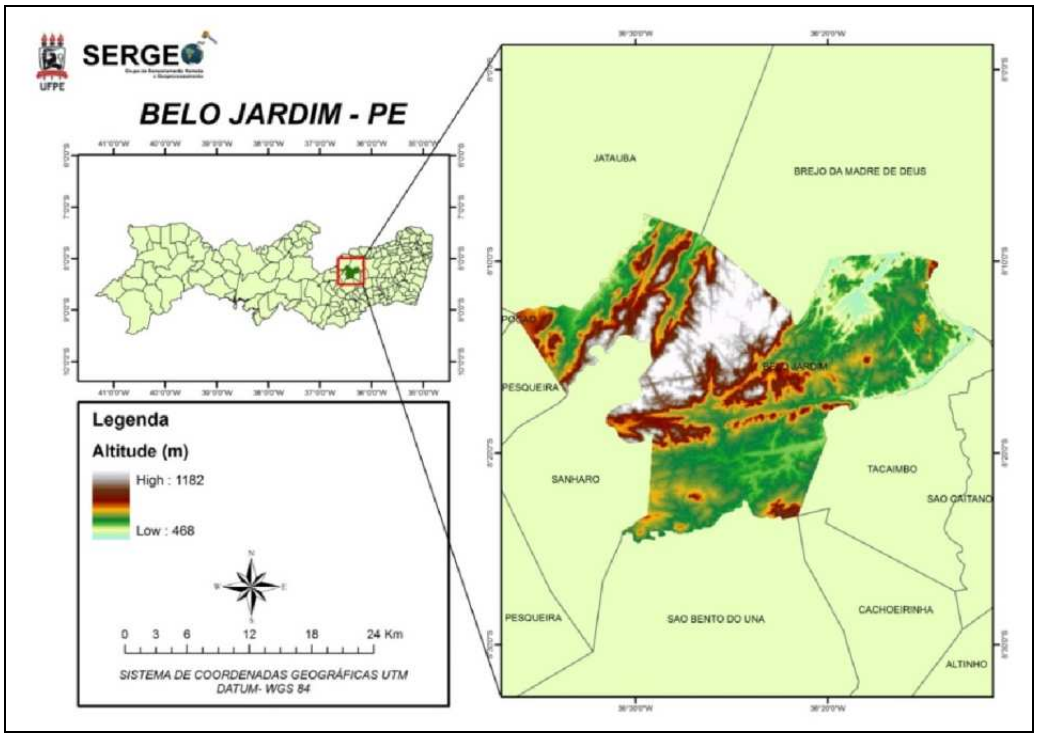

Figura 1: Localização do município de Belo Jardim

Aquisições dos dados e processamento das imagens

Para a obtenção dos índices referidos foram utilizadas neste estudo imagens de satélite processadas através de softwares como o ERDAS 9.3 e ARCGIS 9.3 (ambos trabalhados sob a licença do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO do DCG/UFPE). A cena utilizada para fazer o DEM (Modelo de Elevação Digital) foi a SC-24-X-B, obtida também de forma gratuita no site da EMBRAPA. As imagens que serviram de base para o SAVI e o albedo de superfície são provenientes do satélite Lansat5 TM na órbita 215 e ponto 66 referentes aos dias 09/05/1987 e 22/04/2010, para estação chuvosa, e 01/12/1998 e 17/12/2004, referentes à estação seca. Estas foram obtidas de forma gratuita no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). E a imagem utilizada para a ortorretificação foi obtida também de forma gratuita no site: Landsat.org.

Para serem gerados os parâmetros da referida análise foram seguidos os seguintes passos:

METODOLOGIA

Calibração radiométrica

Consiste no cômputo da radiação espectral em cada banda ($L_{\lambda i}$), em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática (OLIVEIRA, 2009). A equação utilizada é a proposta por MARKHAM e BAKER (1987 *apud* OLIVEIRA, 2009) (Eq. 1):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Onde $\mathbf{L_{\lambda i}}$ é a radiância de cada banda espectral, **a** representa o valor mínimo e **b** o valor máximo da radiância, o ND são os números digitais da imagem que podem variar de 0 a 255 e o $_i$ representa as bandas da imagem.

Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda (i) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida com através da equação (ALLEN *et al*., 2002) citado por (OLIVEIRA *et al.* 2010 e MOREIRA, E.; GALVÍNCIO, 2010):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} . \cos Z . d_r} \quad (2)$$

Onde $\rho_{\lambda i}$ é a reflectância, $L_{\lambda i}$ é a radiância da imagem, $K_{\lambda i}$ é a irradiancia espectral solar de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e d_r é o inverso do quadrado da distancia relativa Terra-Sol.

SAVI

HEUTE (1988) propôs um índice de vegetação ajustado pelo solo introduzindo um fator no NDVI para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor de NDVI dentro de -1 a +1 (Equação 3). Esse índice é calculado pela seguinte expressão:

$$SAVI= ((1+L)(\rho iv-\rho v))/((L+\rho iv+\rho v)) \quad (3)$$

Onde ρiv e ρv correspondem respectivamente às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L é constante onde: L é o fator de ajuste do solo. O fator de correção L pode

variar entre 0, para coberturas vegetais mais densas, e 1 para vegetação menos densa. O valor padrão utilizado na maioria das aplicações é 0,5, que corresponde a uma densidade vegetal intermediária (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Albedo Planetário

O albedo planetário não corrigido (Equação 4) é obtido através da soma das reflectâncias monocromáticas, sendo:

$$\alpha_{toa} = 0{,}254_{\rho 1} + 0{,}149_{\rho 2} + 0{,}147_{\rho 3} + 0{,}311_{\rho 4} + 0{,}103_{\rho 5} + 0{,}036_{\rho 7} \quad (4)$$

Onde de ρ1, ρ2, ρ3, ρ4, ρ5 e ρ7 são os albedos planetários das respectivas bandas, segundo (TASUMI, 2008).

Transmissividade Atmosférica

Em condições de céu claro, pode ser obtida por (Allen et al., 2002) (Equação 5):

$$\tau_{sw} = 0{,}75 + 2.10^{-5} z \quad (5)$$

Onde Z corresponde a altitude de cada pixel (m). Devido à área apresentar uma grande variação de altitude se fez necessário à utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDT) da área (OLIVEIRA, 2008).

Albedo de Superfície

No SEBAL – *Surface Energy Balance algorithm for Land*, o albedo da superfície r_o ou albedo corrigido devido aos efeitos atmosféricos, foi obtido através da expressão (BASTIANSSEN, 1995; MORSE *et al*., 2000; ALLEN *et al*., 2002 citados por SILVA *et al*. 2005), aplicável a dias de céu claro, (Equação 6).

$$r_0 = \frac{r_p - a'}{b'} \quad (6)$$

Em que *a'* representa o albedo da atmosfera e *b'* corresponde ao quadrado da transmissividade atmosférica, (SILVA *et al.,* 2005).

O albedo da superfície do solo exerce um controle na quantidade de energia de ondas curtas absorvida pela superfície da terra, e, consequentemente, passa a ser um importante modulador do balanço de energia na superfície, influenciando os processos físico-químicos que venham a ocorrer (MEIRELLES, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma característica peculiar de todos os anos estudados no trabalho é a presença do evento climático El Niño, Tabela 1. Este atuou de forma mais, ou menos intensa dependendo do ano. Como podemos ver no balanço hídrico dos anos das imagens analisadas, (Figura2), houve geralmente um padrão entre eles, tirando o ano de 1998, que sofreu a influência de um forte El Niño.

.

Tabela 1 - Eventos de El Niño e La Niña do período 1854 - 2006. O primeiro ano se refere ao de surgimento do evento e o segundo ao de decaimento.

EVENTOS DE EL NIÑO	EVENTOS DE LA NIÑA
1888-1889	1856-1857
1899-1900	1873-1874
1902-1903	1879-1880
1904-1906	1886-1887
1911-1912	1889-1890
1914-1915	1892-1894
1923-1924	1898-1899
1925-1926	1903-1904
1930-1931	1906-1907
1939-1942	1908-1911
1951-1952	1915-1918
1953-1954	1920-1921
1957-1958	1922-1923
1963-1964	1924-1925
1965-1966	1926-1927
1968-1970	1932-1934
1972-1973	1938-1939
1976-1977	1942-1943
1979-1980	1944-1945
1982-1983	1948-1951
1986-1988	1954-1956
1990-1992	1964-1965
1993-1995	1970-1972
1997-1998	1973-1976
2002-2005	1984-1985
	1988-1989
	1998-2000

Fonte: Renato Orrú Pedroso Gerólamo; Mary Toshie Kayano, 2010.

Uma interpretação amplamente aceita é que a variabilidade da temperatura da superfície do mar do Atlântico seja a forçante dominante das anomalias de precipitação no nordeste brasileiro, enquanto que a influência remota do Pacífico, em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outras ocasiões podem ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas (ANDREOLI e KAYANO, 2007). E esta anomalia se deu de forma acentuada nos anos onde foram analisados os períodos secos.

O mês de maio de 1987, ano da primeira imagem da estação chuvosa, foi um ano que sua precipitação ficou próxima da média histórica que é de 890mm. Nos meses de março e abril ocorreram altas precipitações, o que contribui para o aumento no porte da vegetação. A segunda imagem da estação chuvosa, capturada em abril de 2010, foi de um ano com precipitação bem superior à média história, acima dos 1300 milímetros. No entanto, a ação antrópica parece ter tido influência no resultado do índice de vegetação, tendo em vista que este apresentou uma redução nas classes com maiores índices. Deve-se também considerar que parte dos valores próximos a 0 no SAVI e acima de 35% de albedo, estão relacionados à presença de nuvens na parte sul e sudoeste do município na hora que esta área foi imageada.

Em relação às imagens do período seco, se destaca claramente o ano de 1998, pois este foi um ano extremamente anômalo, com chuvas abaixo dos 200 milímetros. A influência do El Níño dificultou a ação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), que traz umidade

para a região. A seca ocorrida em 1998 se prolongou até 1999, causando muitos danos aos municípios atingidos. Nota-se na Figura 1 a ausência de reposição hídrica, levando assim as plantas ao intenso estresse hídrico, (Figura 3), tornando-as sem folha e praticamente secas.

O ano de 2004 ficou um pouco abaixo da média, tendo precipitação pouco acima dos 700 milímetros. No entanto esta se deu de forma muito mal distribuída, pois, o mês de dezembro, data da imagem, foi precedido por meses muito secos, quase sem precipitação. A chuva se concentrou nos primeiros meses do ano, e a partir de agosto quase não choveu. Esta falta de água fez a vegetação sofrer bastante a ponto de deixar mais da metade do município com uma vegetação sem folhagem, (Figura 3).

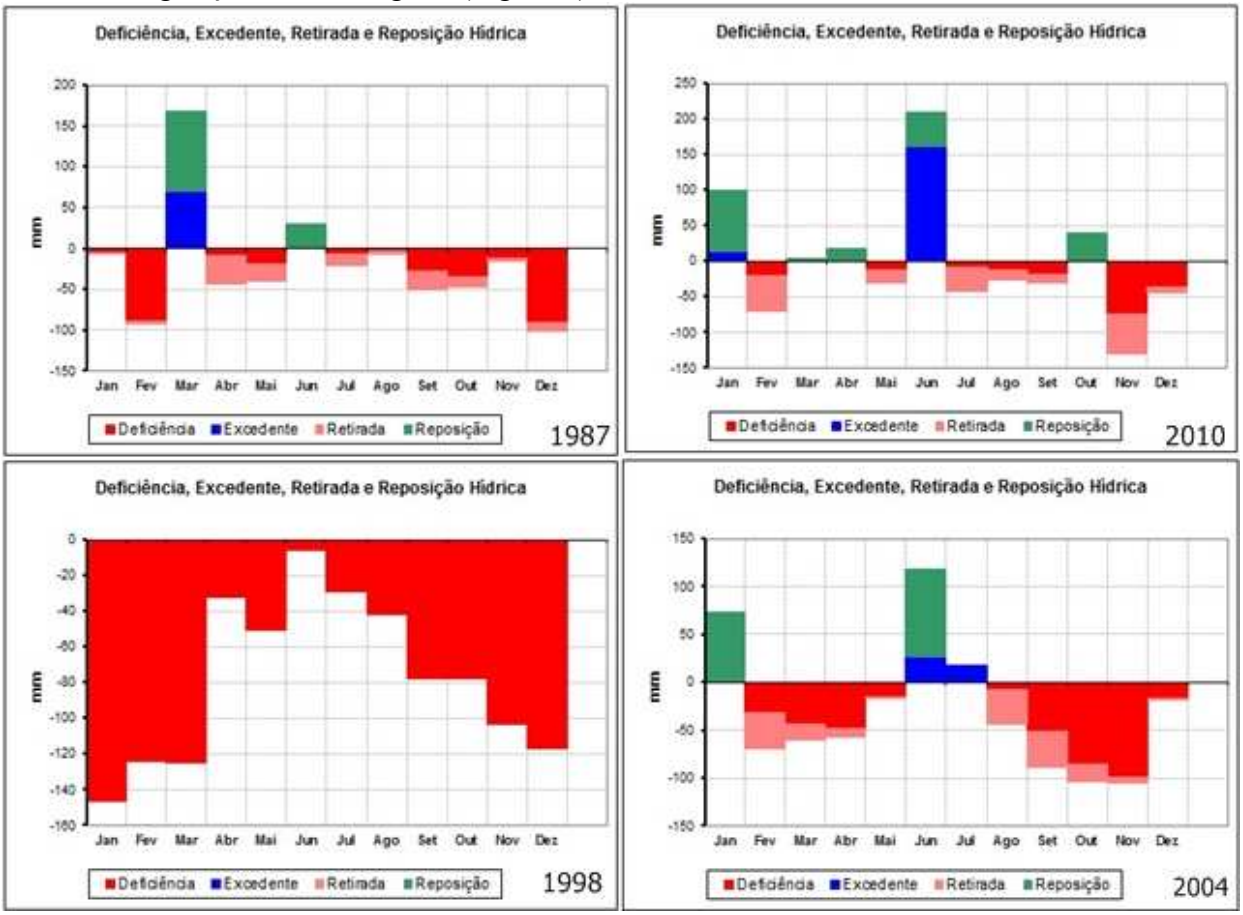

Figura 2: Balanço hídrico para os anos das imagens.

Análise do SAVI

Analisando o SAVI, (Figura 3), é perceptível a alteração do perfil da vegetação na região. Tanto nas imagens referentes à estação chuvosa quanto na seca, é notável que no período estudado houve uma redução na vegetação densa. Esta diminuição ocorre, sobretudo devido às variações climáticas, levando em consideração que a vegetação do agreste e também a caatinga no sertão são muito sensíveis a qualquer evento meteorológico. Tal alteração também pode ser creditada a vários outros fatores como o crescimento da cidade e o aumento das áreas utilizadas pela agricultura. No período chuvoso, a vegetação é mais bem distribuída pela área do município, no entanto, o índice mostra uma redução em sua classe mais densa, em que antes era de 47%, passou a representar 40% da área do município, como mostra a Figura 3. No entanto, regiões com uma vegetação com um porte um pouco menor, sofreram um sensível aumento, de 33 para 36%, e estas são as que compreendem os valores entre 0,5 e 0,6%. Isto quer dizer que há tendência de um gradual processo de declínio de sua

densidade. Este mesmo processo ocorre nas demais classes, indicando que esta tendência é geral. O que mostra que mesmo nos períodos chuvosos, esta precipitação está se dando de uma maneira não tão bem distribuída e em uma quantidade menor. Isso sugere que as alterações nas áreas mais densas dos municípios estão ocorrendo devido às alterações climáticas, associando-se à presença das atividades humanas que contribuem para que tais mudanças ocorram. Nota-se também a presença maior dos corpos hídricos no ano de 2010, lembrando que este foi um ano atípico, pois sua precipitação excedeu em muito os valores médios para o município.

Na estação seca, ocorre uma drástica mudança no perfil do dossel das plantas da região, a ponto de concentrar apenas nas áreas mais altas, entre 800 e 1100 metros, um pouco de vegetação densa. Onde no período chuvoso esta se encontra abundante, sendo no máximo reduzida a uma de transição, agora passa a ser predominantemente esparsa e rala. Tal resultado chama a atenção para as oscilações do clima que estão ocorrendo com frequência cada vez maior. Neste cenário, inicialmente o predomínio era de uma vegetação esparsa, de pequeno porte. Porém, no curto período entre as imagens de 1998 e 2004, esta majoritariamente passou a apresentar uma resposta espectral característica de vegetação rala. Essa alteração teve um aumento superior de mais de cinco vezes de área, saltando de 10,96% para 56,24% do município, (Figura 4). A vegetação esparsa sofreu uma redução muito grande, caindo de 74,06% para 28,66%, (Figura 4). Anteriormente era a classe predominante e agora se reduz a praticamente ¼ da área estudada.

A causa disso foi a pouca chuva nos meses anteriores, junto com a maior presença das ações antrópicas na região. Uma destas ações é a agricultura do município. Os principais alimentos cultivados são o feijão, o milho, a batata-doce, a banana, o café, o tomate e a cana-de-açúcar. A pecuária também exerce pressão sobre o solo do município, ajudando no seu empobrecimento e consequentemente impacta sobre a quantidade e qualidade da vegetação.

Dados como estes, reforçam a certeza de que a precipitação aliada à temperatura são fatores de grande influência na dinâmica da paisagem. Estes elementos quando somados a práticas humanas predatórias podem causar sérias transformação nos ambientes.

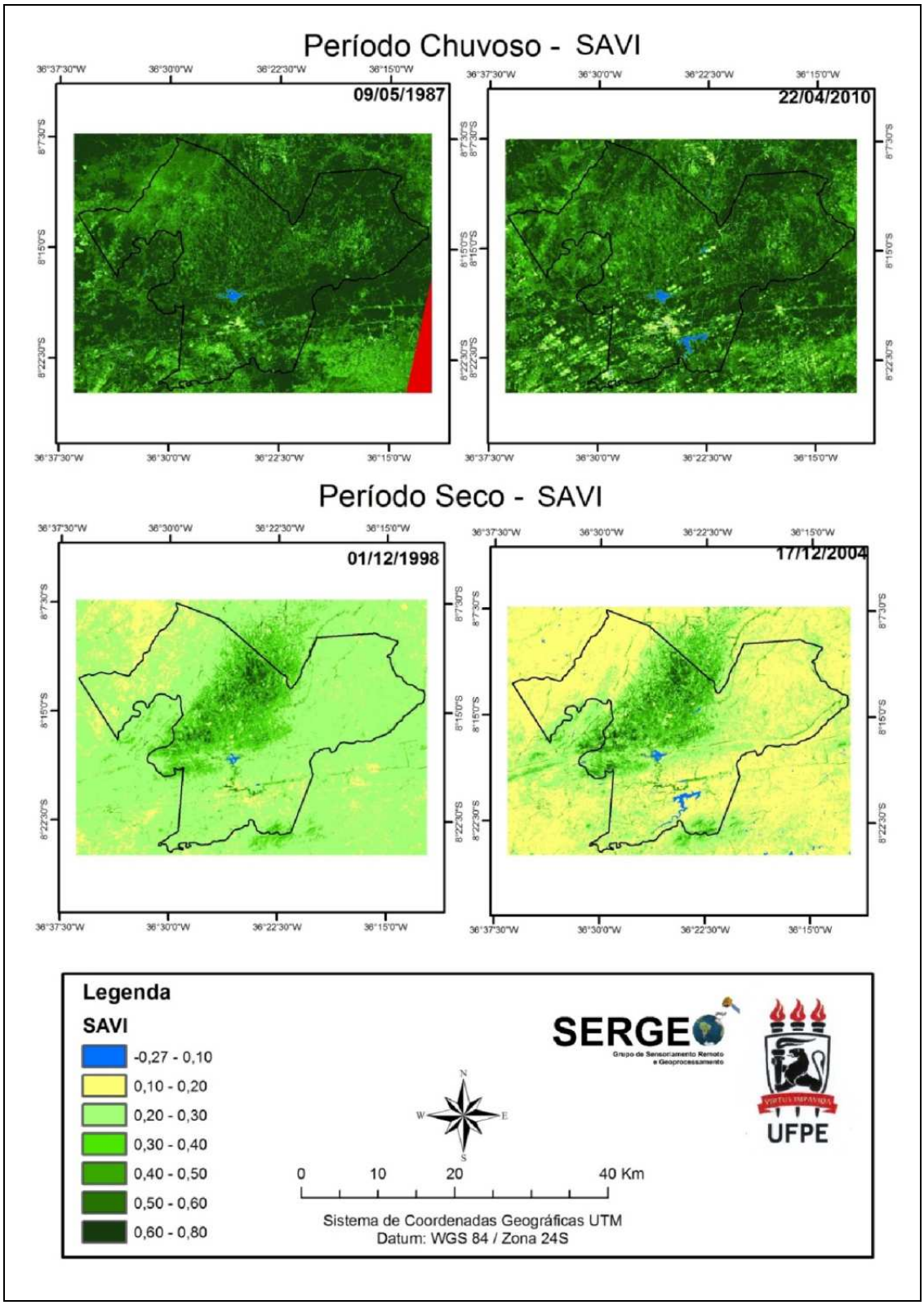

Figura 3: SAVI do município de Belo Jardim.

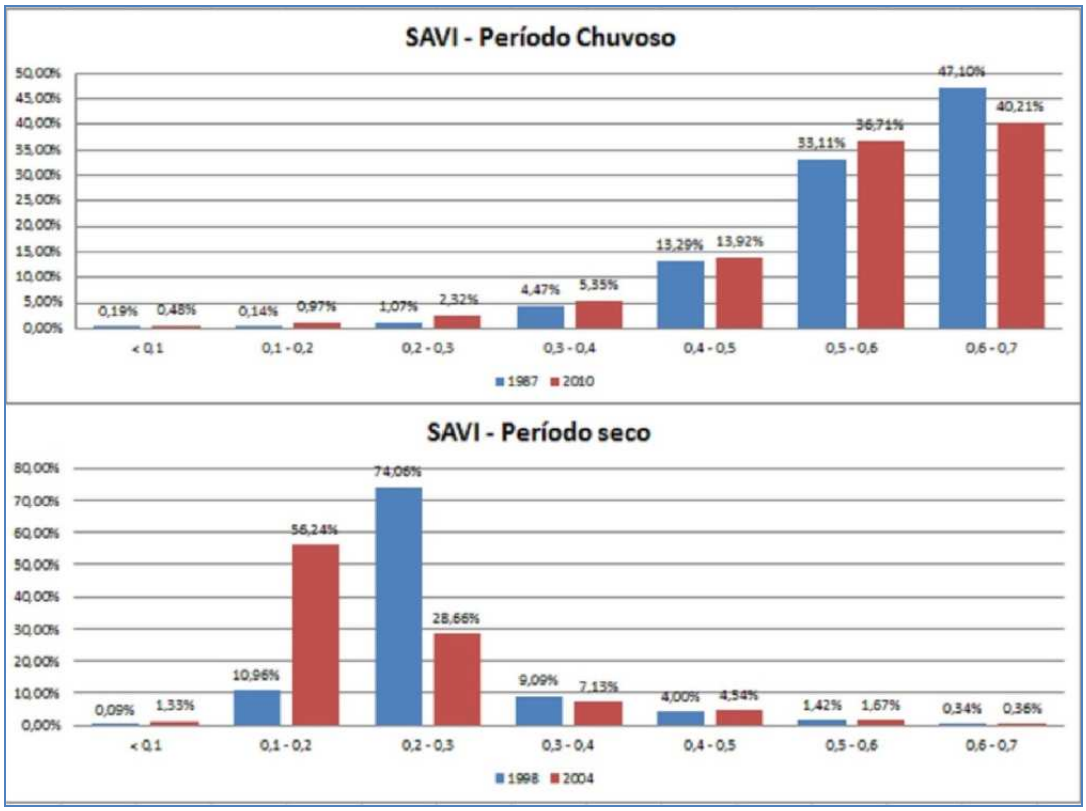

Figura 4: Classes do SAVI para Belo Jardim.

Foram obtidos resultados parecidos com os de GOMES *et al*. (2013), onde se verificou que a má distribuição da precipitação causa uma deficiência hídrica no verão, o que justifica a variação no porte da vegetação entre as diversas estações do ano.

Análise do Albedo

Na analise dos dados do albedo (Figura 5), pode-se notar que este processo de diminuição da densidade da vegetação gera uma alteração da resposta espectral na região. Com o passar do tempo, houve uma oscilação dos valores de energia refletida para a atmosfera. Os maiores valores de albedo encontrados estão ligados a superfícies com maior poder de reflexão, como solos com pouca vegetação ou expostos, como observado na literatura (Santos *et al.,* 2011).

No período chuvoso, como mostram os dados de precipitação, o ano de 2010 foi bem mais úmido que o de 1987, o que fez com que os corpos hídricos da região aumentassem seu tamanho. No entanto, assim como apontaram os dados do SAVI, o albedo mostra que a terra vem sofrendo alterações em sua fisiologia, no que tange as mudanças climáticas influenciando no porte das plantas. Houve um processo de transformação por parte da vegetação. No intervalo de 0,20 a 025, (Figura 6), ocorreu um aumento no albedo. Em geral, esse intervalo corresponde às áreas de caatinga esparsa. Ou seja, corroborando com o SAVI ocorreu uma diminuição das áreas mais densas e essas se transformaram em caatinga esparsa. Em geral, essas transformações se dão em função da menor disponibilidade hídrica, pois as espécies arbustivas praticamente desaparecem da paisagem quando a disponibilidade hídrica é muito pequena. Tendo em vista que o ano de 2010 foi mais chuvoso que o de 1987, sugere-se que os resultados retirados deste estudo são bastante aceitáveis. Um dado a se chamar a atenção é que no albedo da imagem de 2010, a classe que apresentou valores superiores a 35%, sofreu influência da presença de nuvens.

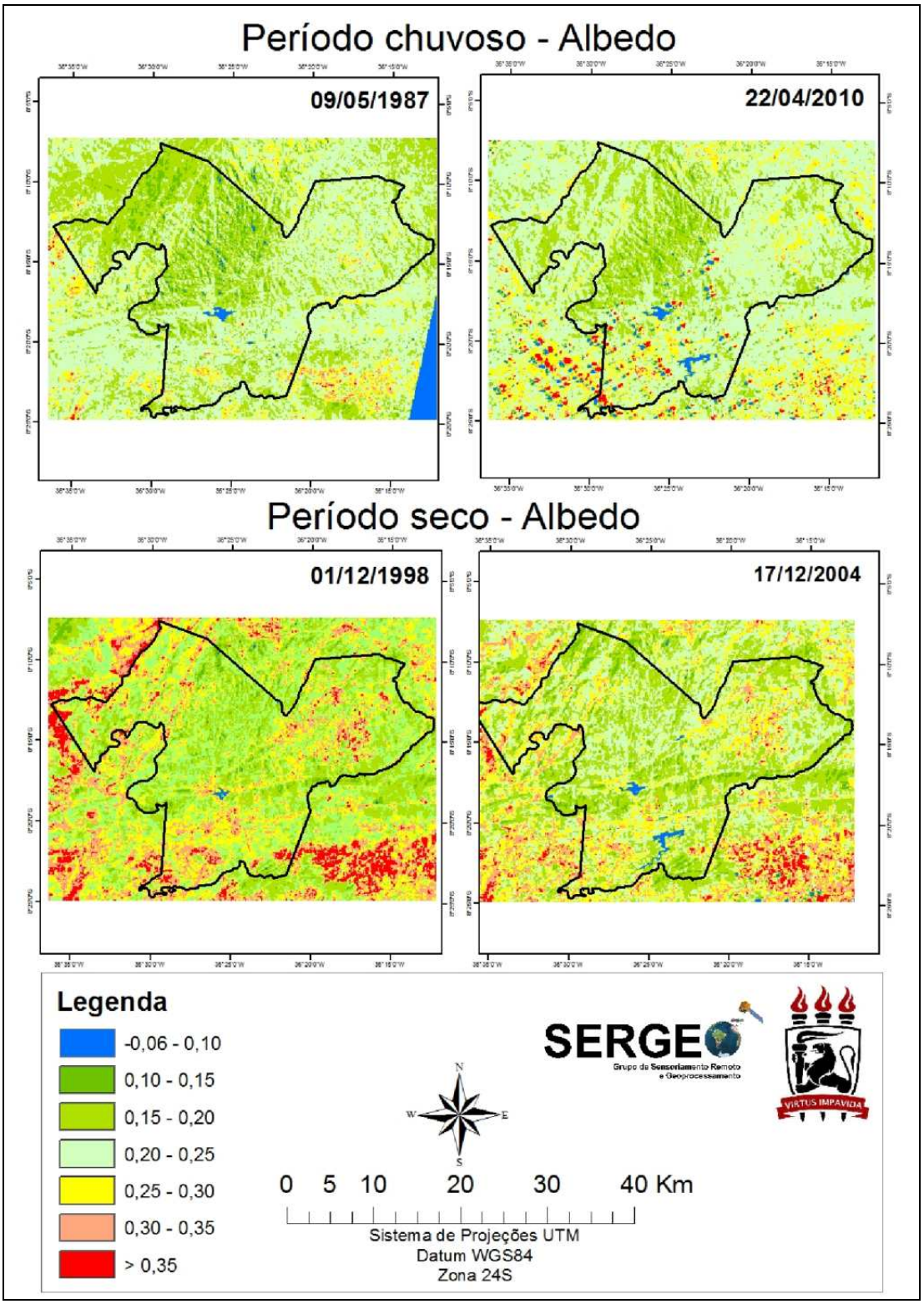

Figura 5: Albedo de superfície do munícipio de Belo Jardim.

Na estação seca, as classes com albedo mais alto apresentaram uma diminuição. Todas as classes superiores a um albedo maior que 25% seguiram esta tendência. A resposta para isto está na baixíssima precipitação no ano de 1998 no município, devido a um fortíssimo El Niño. Ao contrário das imagens da estação chuvosa, no período seco as classes com baixo albedo aumentaram, destacando-se o intervalo entre 15 e 20% que saltou de 20 para 29% de frequência na área municipal. As áreas com albedo acima de 35% se encontram nos limites do

município, especialmente nas mais baixas altitudes, em torno de 600 a 800 metros.

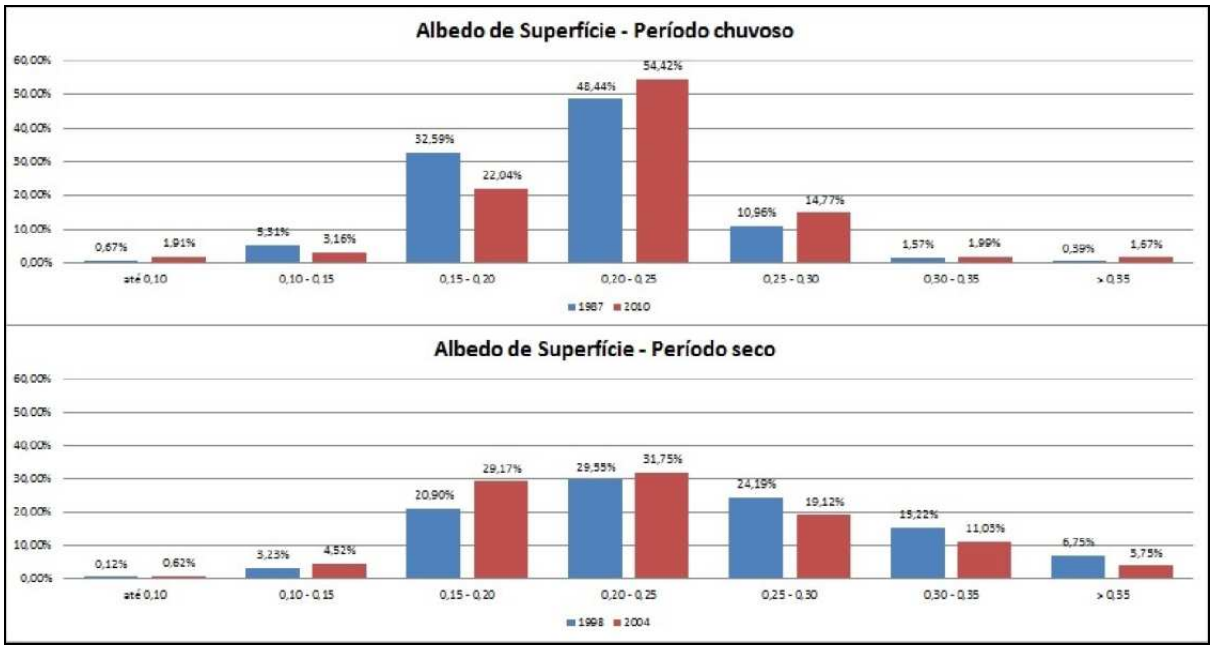

Figura 6: Classes do albedo de superfície para Belo Jardim.

O aumento das classes do albedo baixo indica uma maior presença de vegetação e umidade na região. Esta manutenção maior da água se deu devido à estação seca em 2004 ser menos severa que em 1998. Tais fatos mostram como a vegetação é sensível aos eventos atmosféricos, principalmente um de grande magnitude como o ocorrido em 1998.

CONCLUSÕES

A análise ambiental por meio do sensoriamento remoto tem obtido bons resultados e se constitui numa das mais importantes ferramentas para o planejamento e acompanhamento ambiental. No atual cenário de oscilações climáticas, foi possível notar neste trabalho a grande influência dos eventos climáticos sobre a vegetação.

No município de Belo Jardim, verificou-se que os índices utilizados no estudo corresponderam bem à análise da dinâmica da vegetação no que tange o acompanhamento de sua alteração espaço-temporal e sua relação com o clima.

No período de 1998 e 2004, na vegetação rala, período seco, ocorreu um aumento superior de mais de cinco vezes de área, saltando de 10,96% para 56,24% do município de Belo Jardim. A vegetação esparsa sofreu uma redução muito grande, caindo de 74,06% para 28,66.

O SAVI evidenciou e diferença da condição da vegetação entre os diversos períodos de precipitação, e também apresentou resultados satisfatórios quanto ao acompanhamento da dinâmica da vegetação ao longo dos anos. O albedo de superfície apresentou uma forte relação com a influência da falta de chuvas na região, pois para o ano de 1998, apresentou valores bastante altos se comparados com as demais imagens.

AGRADECIMENTOS

Os autores querem deixar aqui expresso seus agradecimentos aos membros integrantes do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO e ao CNPQ pelo apoio financeiro a estrutura do laboratório SERGEO, através do projeto do Programa Ecológico de Longa Duração-PELD, processo número 558074/2009-0. Ao projeto PVE/CAPES, processo número A103/2013.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSSEN, W. **Surface Energy Balance Algorithms for land (SEBAL).** Idaho Implementation – Advanced training and user's manual, v. 1.0. 2002.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A.; A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño-oscilação sul (ENOS)**. Revista Brasileira de Meteorologia**; Vol. 7(2), 583-592, 1992.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; **A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.1, 63-74, 2007.

DIAZ, M. C.; ALMOROX, J. A. **La erosion del suelo. In: Agricultura y medio ambiente**. El campo. Servicios de studios, BBV. Madrid, 286: 81-92, 1994.

FERREIRA, J.; FERREIRA, H.; SILVA, H.; SANTOS, A.; GALVÍNCIO, J. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação de Caatinga no Município de Petrolina - PE (Analysis Space-Time from Dynamics of Caatinga Vegetation in the Municipality of Petrolina – PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, América do Sul, 2012.

GERÓLAMO, R. O. P.; KAYANO, M. T.; **Variações do ciclo da temperatura da superfície do mar no Pacífico Tropical.** Revista Brasileira de Meteorologia, **v.25**, **n.2**, 237 – 245, 2010.

GOMES, H.; S. JUNIOR, R.; DE PACI, F.; DE LIMA, D.; DE CASTRO, P.; SANTOS, F.; CABRAL, S.; FERREIRA, R.. **Mapeamento Temático da Cobertura Vegetal na Microrregião do Sertão do São Francisco Alagoano, Utilizando Imagens TM LANDSAT 5 (Thematic Mapping of Plant Cover in Microregion Sertão of the San Francisco Alagoas, Images Using TM LANDSAT 5).** Revista Brasileira de Geografia Física, América do Norte, 5 3 01 2013.

HUETE, A. R. **Adjusting vegetation indices for soil influences**. International Agrophysics, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

JARVIS, P. G.; MASSHERDER, J. M.; HALE, S. E.; MONCRIEFF, J. B.; RAYMENT, M.; SCOTT, S. L. Seasonal variation of carbon dioxide, water vapor, and energy exchanges of a boreal black spruce forest**. Journal of Geophysical Research**, v.102, n. D24, p. 28953-28966, 1997.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 598p.

LEIVAS, J., FONTANA, D., BERLATO, M., CARDOSO, L., **Variação Diária do Albedo sobre uma superfície vegetada e sobre um lago na estação experimental da UFRGS-RS.** XV Congresso Brasileiro de Agrometereologia – 02 a 05 de julho de 2007.

MEIRELES, M.; **Estimativa da evaporação real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem Landsat 5-TM na Bacia do Acaraú – CE.** Universidade Federal do Ceará,

Fortaleza, 2007.

MOREIRA, E.; GALVÍNCIO, J.; **Espacialização das temperaturas à superfície na cidade do recife, utilizando imagens tm – landsat 7.** Revista de Geografia (Recife), América do Norte, 2420 01 2010.

OLIVEIRA L. G. L.; PEREIRA L. M.; PEREIRA G.; MORAES E. C.; MAEDA, E. E.; **Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p.5995-6002.

OLIVEIRA, T. H., MACHADO, C. C. C., SANTOS, J. S., GALVÍNCIO, J. D., PIMENTEL, R. M. M., SILVA, B. B., Índice de umidade (NDWI) e Análise espaço-temporal do albedo da superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó – PE**. Revista Brasileira de Geografia Física**, UFPE, 03 (2010) 55-69. Recife, PE.

OLIVEIRA, L.M.T. **Estudo das Regiões Fitoecológicas brasileiras pela FAPAR/NDVI e relações com séries temporais de dados pluviométricos**. 2008. 226 p. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

SAKAMOTO, T.; YOKOZAWA, M.; TORITANI, H.; SHIBAYAMA, M.; ISHITSUKA, N.; & OHNO, H. **A crop phenology detection method using time-series MODIS data.** Remote Sensing of Environment, 96, 366−374, 2005.

SANTOS, T. V.; **Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do jacuí por meio de imagens orbitais.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Dissertação de mestrado. Porto Alegre – RS.

SANTOS, V.V., NICÁCIO, R.M., GANZAGA, E P.; **Caracterização espaço-temporal do NDVI e do albedo da superfície na bacia hidrográfica do rio Ipanema.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, Brasil, 2011, INPE p.1517

SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P. V. **Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens landsat 5 – tm.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, 243-252, 2005.

SILVA, B. B., LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V., **Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM.** Revista Brasileira de Agrometereologia, v. 13, nº 2, p. 11-21, 2005.

SILVA, E.; MELO, J.; GALVINCIO, J.. Identificação das Áreas Susceptíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca - PE através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. **Revista Brasileira de Geografia Física**, América do Norte, 2011.

ZAPE DIGITAL. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**/Fernando Barreto Rodrigues e Silva... [et al.] Recife: Embrapa Solos – Unidade de execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001.