

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329424183>

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR SENSORIAMENTO REMOTO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO JUCAZINHO-PE

Conference Paper · November 2018

CITATIONS

0

READS

115

5 authors, including:



[Bruno Ursulino](#)

Federal University of Pernambuco

6 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



[Suzana M. G. L. Montenegro](#)

Federal University of Pernambuco

160 PUBLICATIONS 1,104 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Alfredo Ribeiro Neto](#)

Federal University of Pernambuco

16 PUBLICATIONS 64 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Diogo Francisco Rodrigues](#)

Federal University of Pernambuco

12 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Águas Subterrâneas na RMR [View project](#)



COQUEIRAL [View project](#)

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE PARÂMETROS BIOFÍSICOS POR SENSORIAMENTO REMOTO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO JUCAZINHO - PE.

Bruno e Silva Ursulino¹; Suzana Maria Gico Lima Montenegro²; Leijdane Maria Maciel de Oliveira³; Alfredo Ribeiro Neto⁴ & Diogo Francisco Borba Rodrigues⁵

RESUMO - O mapeamento e quantificação de parâmetros biofísicos por sensoriamento remoto é de grande importância para identificação de mudanças na paisagem ao longo do tempo, auxiliando na tomada de decisões no que diz respeito ao uso e ocupações sustentáveis. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise multitemporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), albedo e temperatura da superfície no entorno do Reservatório Jucazinho, localizado na bacia do rio Capibaribe, em Pernambuco. Utilizaram-se imagens do TM-Landsat 5 de 03/08/1992 (antes da construção do reservatório), 29/08/2007 e 17/03/2011 (com o reservatório em operação). Os resultados apontaram para uma redução da cobertura vegetal na sequência das imagens. Através dos valores de NDVI foi possível verificar escassez hídrica no trecho do rio Capibaribe para a cena de 03/08/1992, comprovando o trecho de regime fluvial intermitente. O albedo da superfície apresentou valores médios crescentes ao longo dos anos, o que representa modificações no uso do solo. Comparando as temperaturas da superfície médias entre os anos de 1992 e 2007, e 2007 e 2011 verificou-se que houve um aumento médio de 6,81 °C e 2,37 °C, respectivamente, entre as cenas.

ABSTRACT – The mapping and quantification of biophysical parameters by remote sensing is of great importance for identifying changes in the landscape over time, helping in decision making regarding sustainable use and occupations. In this sense, the objective of this research is to perform a multitemporal analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), albedo and surface temperature around the Jucazinho Reservoir, located in the Capibaribe river basin, Pernambuco state, Brazil. Images of TM-Landsat 5 of 08/03/1992 (before the construction of the reservoir), 08/29/2007 and 03/17/2011 (with the reservoir in operation) were used. The results pointed to a reduction of the vegetal cover in the sequence of the images. Through the NDVI values was possible to verify water shortage in the section of the Capibaribe river for the scene of 08/03/1992, proving the intermittent river flow. The surface albedo presented increasing average values over the years, which represents modifications in the use of the soil. Comparing the average surface temperatures between 1992 and 2007, and 2007 and 2011, there was an average increase of 6.81°C and 2.37°C, respectively, between images.

Palavras-Chave – NDVI, albedo, temperatura da superfície.

1) Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50.740-540, Fone: 81-2126.7764, e-mail: brunosenga@gmail.com

2) Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50.740-540, Fone: 81-2126.7764, e-mail: suzanam.ufpe@gmail.com

3) Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50.740-540, Fone: 81-2126.7764, e-mail: leijdaneoliveira@hotmail.com

4) Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50.740-540, Fone: 81-2126.7764, e-mail: ribeiront@gmail.com

5) Bolsista PNPd na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50.740-540, Fone: 81-2126.7764, e-mail: diogo.borbar@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas duas décadas, as técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram o monitoramento de diferentes e grandes áreas nos diversos biomas do mundo, auxiliando na realização de diagnósticos de alterações ambientais através dos parâmetros biofísicos e uso e ocupação do solo (Gusmão *et al.*, 2013; Lins *et al.*, 2017). Com o monitoramento, é possível diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem, e orientar o estabelecimento de políticas de reversão de um quadro de degradação ambiental (Cunha *et al.*, 2012).

A quantificação de parâmetros biofísicos (albedo, índices de vegetação e temperatura da superfície) em estudos temporais no entorno de reservatórios, vem sendo estudada em grande escala (Santiago *et al.*, 2009; Matos *et al.*, 2015; Pires, 2017; Azevedo *et al.*, 2018, dentre outros), tendo como principal objetivo a identificação de mudanças na paisagem ao longo do tempo.

O reservatório Jucazinho foi construído em 1998 pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) visando, entre outros objetivos, assegurar o controle de inundações, abastecimento humano e irrigação (BRASIL, 1995). Atualmente a barragem atravessa o pior cenário desde a sua inauguração, em 2000, encontrando-se em colapso desde setembro de 2015.

A regularização de vazão por meio de reservatórios é uma eficiente estratégia para enfrentamento de déficit hídrico em regiões semiáridas com o Agreste de Pernambuco onde se localiza o reservatório Jucazinho (Batista *et al.*, 2017). A preservação da bacia contribuinte aos reservatórios do semiárido é de grande importância para a manutenção das características qualitativas e quantitativas da água armazenada que será utilizada para atendimento dos mais diversos usos. Esse é um dos elementos que podem ser considerados para a garantia da segurança hídrica no semiárido do Nordeste do Brasil como tem sido destacado em iniciativas de pesquisa que buscam compreender tais sistemas hídricos (Batista *et al.*, 2017; Ribeiro Neto *et al.*, 2014).

Considerando a importância e vulnerabilidade da área de estudo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise multitemporal, utilizando imagens do sensor TM do satélite Landsat 5, dos parâmetros biofísicos NDVI, albedo e temperatura da superfície no entorno do Reservatório Jucazinho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa, foi selecionada como área de estudo o entorno do Reservatório Jucazinho, situado na bacia do rio Capibaribe no Estado de Pernambuco (Figura 1). O reservatório localiza-se entre os municípios de Surubim, Cumaru, Frei Miguelinho e Riacho das Almas, possuindo capacidade de acumulação de 327 milhões de metros cúbicos. A área de

contribuição hídrica do reservatório compreende as Unidades de Análise 1 e 2 da bacia do rio Capibaribe, estando totalmente situada no semiárido nordestino, com precipitação média anual um pouco inferior a 700 mm, período chuvoso entre os meses de março e julho (SRHE-PE, 2010; Barbosa, 2012) e altas taxas de evaporação (2500 – 3000 mm por ano) (Melo *et al.*, 2017).

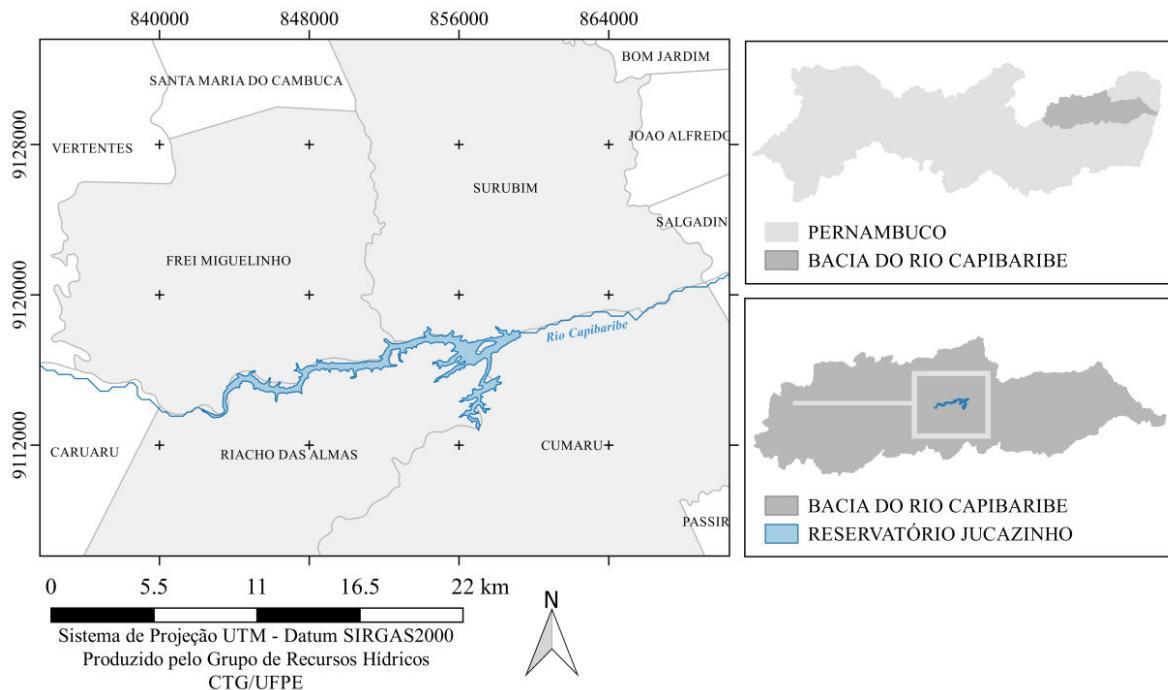


Figura 1: Localização do reservatório Jucazinho – PE

Foram utilizadas imagens do Mapeador Temático (TM) do satélite Landsat 5, adquiridas de forma gratuita na base de dados espaciais americana, *United States Geological Survey (USGS)*. As cenas correspondem a órbita 214, pontos 65 e 66, para o dia 03/08/1992, período anterior a construção do reservatório, e dias 29/08/2007 e 17/03/2011, com o reservatório em operação. Estas datas foram escolhidas por apresentarem a menor incidência de nuvens.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) das cenas 07S36-ZN, 07S375ZN, 08S36_ZN e 08S375ZN foi adquirido do Projeto TOPODATA, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em <http://www.dsr.inpe.br/topodata>, e utilizado na geração do mapa de altitude.

Para o processamento das imagens foi utilizado o *software* livre *QGIS Desktop 2.14.*, onde foram realizadas as etapas de empilhamento, mosaico, recorte, calibração radiométrica e álgebra entre os produtos para obtenção das variáveis biofísicas.

Os dados de precipitação foram obtidos da estação pluviométrica localizada no município de Frei Miguelinho, de identificação 218, operada pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). A Figura 2 apresenta o total precipitado nos anos de 1992, 2007 e 2011.

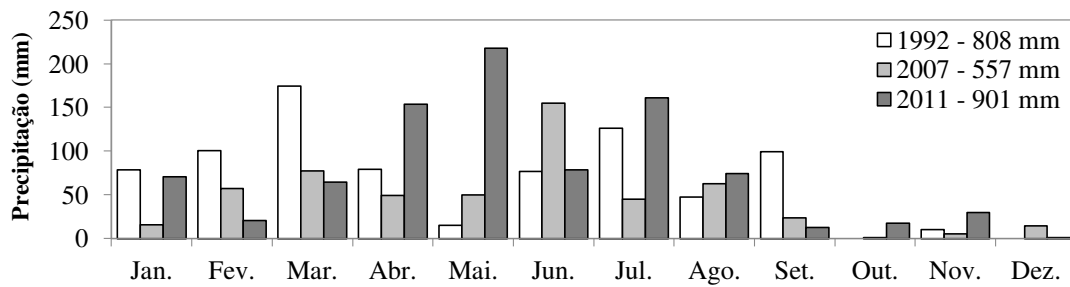


Figura 2: Precipitação mensal e total anual registrada na área de estudo em 1992, 2007 e 2011.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi obtido através da equação proposta por Rouse *et al.* (1973) a partir da razão entre a diferença das refletividades dos canais infravermelho próximo (ρ_4) e vermelho (ρ_3), bandas 4 e 3 do sensor TM-Landsat 5, e a soma das mesmas (Equação 3). Os resultados variam de -1 a 1 e correspondem à quantidade e condição da vegetação verde. Valores entre 0 e 1 indicam superfícies com presença de vegetação, enquanto valores negativos representam água ou nuvens.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (3)$$

O albedo da superfície (α) ou albedo corrigido aos efeitos atmosféricos foi processado conforme a equação:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (4)$$

onde α_{toa} é o albedo planetário; α_p é a refletância da própria atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas que em várias aplicações tem sido recomendado o valor de 0,03, adotado nesta pesquisa; e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica.

O albedo planetário para cada banda, ou seja, o albedo não ajustado às interferências atmosféricas, foi obtido por meio de combinação linear entre as refletâncias monocromáticas, por:

$$\alpha_{toa} = 0,298\rho_1 + 0,270\rho_2 + 0,231\rho_3 + 0,155\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,013\rho_7 \quad (5)$$

sendo $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 as refletâncias.

A transmissividade atmosférica foi obtida para condições de céu claro conforme Allen *et al.* (2002):

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot Z \quad (6)$$

em que Z é a altitude de cada pixel (m), representado pelo Modelo Digital de Elevação (MDE).

Para a determinação da temperatura da superfície (T_{sup}) foram utilizadas a radiância da banda 6 do sensor TM ($L_{\lambda 6}$) e a emissividade de cada pixel no domínio da banda termal (ϵ_{NB}), conforme a Equação (7). A calculadora raster foi utilizada para converter os valores obtidos, em Kelvin, para graus Célsius ($^{\circ}C$).

$$T_{sup} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB} * K_1}{L_{\lambda 6}} + 1\right)} \quad (7)$$

em que K1 e K2 são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5 – TM e correspondem a 607,76 Wm⁻² sr⁻¹ μm⁻¹ e 1260,56 K.

A emissividade da banda termal foi obtida segundo Allen *et al.* (2002):

$$\varepsilon_{NB} = 0,97 + 0,0033 * IAF \quad (8)$$

sendo IAF o Índice de Área Foliar, que corresponde a razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação. Para IAF ≥ 3 o ε_{NB} é considerado igual a 0,98 e, para corpos d'água (NDVI < 0) o ε_{NB} = 0,99.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da precipitação acumulada mensal para os três anos das imagens foram ilustrados na Figura 2. Observou-se que o ano de 2007 apresentou um regime hidrológico diferente dos anos de 1992 e 2011, com o menor valor de precipitação acumulada anual (557 mm). Diferentemente de 2007, o ano de 2011 apresentou o maior valor de chuva anual (901 mm), aproximadamente 1,6 vezes superior ao registrado em 2007.

Mesmo com a precipitação acima da média histórica, o ano de 1992 está enquadrado como período de seca no estado de Pernambuco (1991/1993) segundo o Plano Hidroambiental da bacia Hidrográfica do rio Capibaribe (SRHE-PE, 2010), ocorrendo o mesmo em 2007, sendo este identificado como ano de seca no Nordeste brasileiro (Marengo e Dias, 2015). Já o ano de 2011 é considerado como chuvoso de acordo com pesquisas realizadas em bacias inseridas no estado (Coelho *et al.*, 2015; Gusmão *et al.*, 2017).

De acordo com Cunha *et al.* (2012), em regiões semiáridas a vegetação responde rapidamente à presença ou falta de chuva, influenciando diretamente a paisagem. Desta forma, a fim de verificar a variabilidade do total precipitado antes da passagem do satélite, foi montada uma tabela com as informações das chuvas ocorridas, em intervalos pré-definidos, nos dias antes da aquisição das imagens (Tabela 1).

Tabela 1: Precipitação acumulada (mm) para intervalos de dias anteriores à aquisição das imagens

Data	Precipitação acumulada (mm) em dias antecedentes à aquisição das imagens				
	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	0 - 60
03/08/1992	21,7	90,1	67,4	8,5	187,7
29/08/2007	11,8	50,6	18,5	28	108,9
17/03/2011	63,6	13,7	6,9	49,9	134,1

Observou-se que ocorreram eventos chuvosos em todos os anos durante os intervalos de dias anteriores à passagem do satélite, com as maiores precipitações no ano de 1992 (187,7 mm) e as menores em 2007 (108,9 mm). Estes eventos contribuíram para a modificação da paisagem terrestre promovendo incrementos nos níveis de umidade da vegetação e, conseqüentemente, interferindo na resposta espectral dos alvos nos canais de refletividade.

A variação espaço temporal do NDVI (Figura 3) no entorno do reservatório Jucazinho, nas imagens selecionadas, demonstrou uma considerável diminuição do índice nos anos após a construção da barragem, 2007 e 2011. Este decréscimo está relacionado ao aumento da área alagada nas cenas, refletido pelos valores negativos do NDVI. Estudo realizado por Matos *et al.* (2013), analisando o comportamento de parâmetros biofísicos antes e depois da construção do reservatório de Itaparica-PE, mostrou uma redução de 46,3% do NDVI, justificado pelo aumento do espelho d'água devido a construção da barragem.

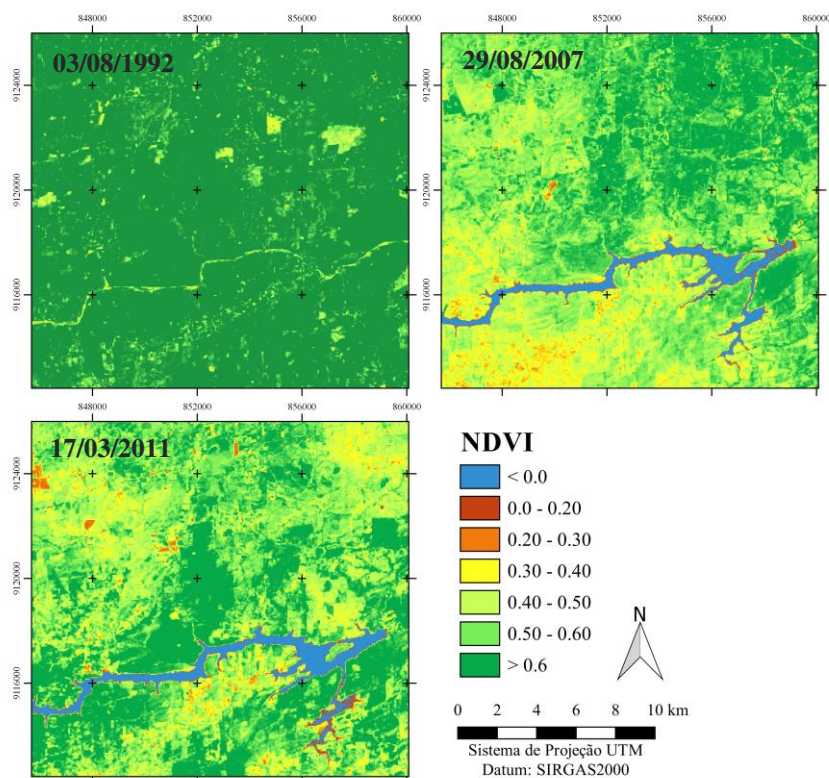


Figura 3: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no reservatório Jucazinho – PE

Os valores médios de NDVI variaram entre 0,469 e 0,651 (Tabela 2). Esta última média representa a imagem do dia 03/08/1992, onde é possível verificar a predominância de áreas com densa vegetação ($\text{NDVI} > 0.6$) e ausência de vazão no trecho do rio Capibaribe (Figura 3), região onde prevalecem valores de NDVI entre 0,2 e 0,4. Ao analisar a Tabela 1, percebeu-se que as chuvas do período de 60 dias antecedentes à passagem do satélite no ano de 1992 (187,7 mm), contribuíram expressivamente para o aumento da vegetação, mas não foram suficientes para manter

a vazão no trecho do rio. Esta área está localizada no trecho médio da bacia do rio Capibaribe que, de acordo com o SRHE-PE (2010), é exatamente onde o rio apresenta um regime fluvial intermitente, o que corrobora com os valores encontrados do NDVI.

Tabela 2: Estatística descritiva do NDVI, EVI e Temperatura da Superfície.

NDVI					
Data	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coef. de Variação (%)
03/08/1992	-0,028	0,816	0,651	0,065	9,98
29/08/2007	-0,524	0,778	0,469	0,144	30,70
17/03/2011	-0,315	0,763	0,480	0,160	33,33
Albedo da superfície (%)					
03/08/1992	4,25	24,36	13,60	1,30	9,58
29/08/2007	2,52	37,48	14,95	3,04	20,37
17/03/2011	4,41	39,46	16,88	3,69	21,90
Temperatura da Superfície (°C)					
03/08/1992	20,95	28,95	23,98	0,90	3,75
29/08/2007	22,83	37,24	30,79	2,30	7,50
17/03/2011	19,54	40,44	33,16	2,69	8,12

A variação do albedo da superfície no entorno do reservatório (Figura 4) apresentou um aumento gradativo na sequência das imagens, que pode ser visualizado nas áreas de solo exposto, ao norte das cenas. Este aumento está relacionado tanto à mudança do uso do solo, que afeta o clima local, como também às precipitações ocorridas na região, que promovem redução da radiação refletida pelo solo e, no caso da Caatinga, aumentam o índice de área foliar da vegetação após um evento chuvoso (Oliveira, 2012).

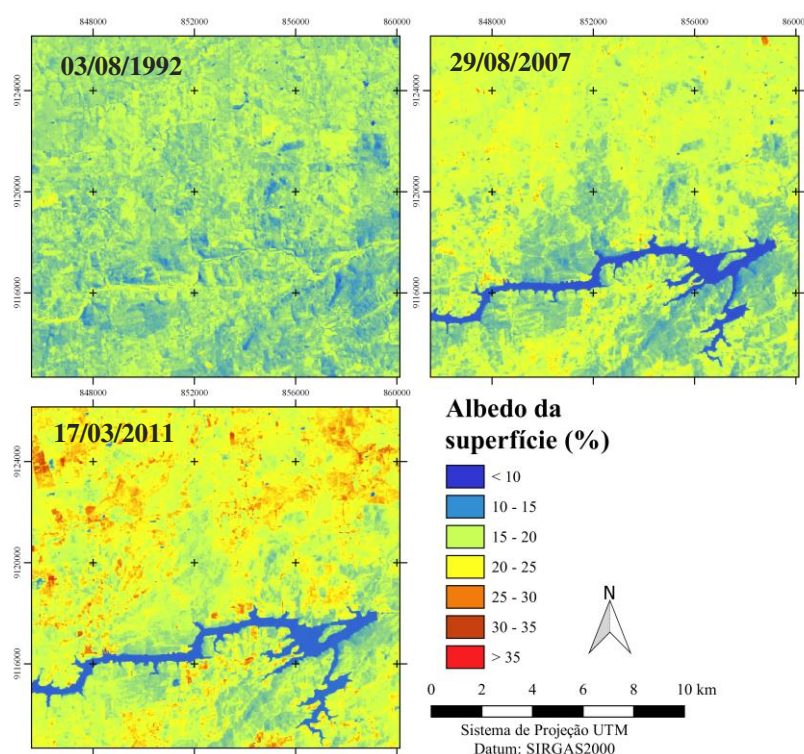


Figura 4: Albedo da superfície no reservatório Jucazinho – PE.

De acordo com a Figura 4, a imagem de 03/08/1992 foi a mais afetada pela chuva, registrando o menor valor do albedo médio (13,60%), enquanto que na cena de 17/03/2011, onde ocorreu o maior volume de chuva antes da passagem do satélite, foi registrado o maior valor do albedo médio (16,88%) e máximo (39,46 %), o que pode estar diretamente relacionado ao aumento do solo exposto na região. Para a bacia do rio Moxotó - PE, Oliveira *et al.* (2010) verificaram que as áreas com desenvolvimento de ações antrópicas e solos expostos apresentaram os valores mais elevados do albedo da superfície (> 30%). Na bacia do rio Tapacurá - PE, Oliveira *et al.* (2012) observaram aumento dos valores médios do albedo da superfície durante os anos de 1989 ($\alpha = 16,1\%$) e 2005 ($\alpha = 18,8\%$).

O menor valor do coeficiente de variação (CV) do albedo foi observado na imagem de 1992 (Tabela 2), demonstrando maior homogeneidade do parâmetro, em detrimento do que ocorre nas cenas de 2007 e 2011, com menor homogeneidade do albedo. Esta variação na homogeneidade entre os anos ocorre tanto pela modificação do uso do solo, quanto pela presença da área alagada, quando comparado o resultado de 1992 com as outras imagens.

A variação da temperatura da superfície foi notória para as cenas analisadas (Figura 5), sendo possível verificar o seu aumento na sequência das imagens. Quando comparadas as temperaturas médias entre os anos de 1992 e 2007, e 2007 e 2011 (Tabela 2), observa-se que há um aumento médio de 6,81°C e 2,37°C, respectivamente, entre as cenas. Essas variações estão de acordo com os resultados do NDVI e do albedo da superfície, analisados anteriormente.

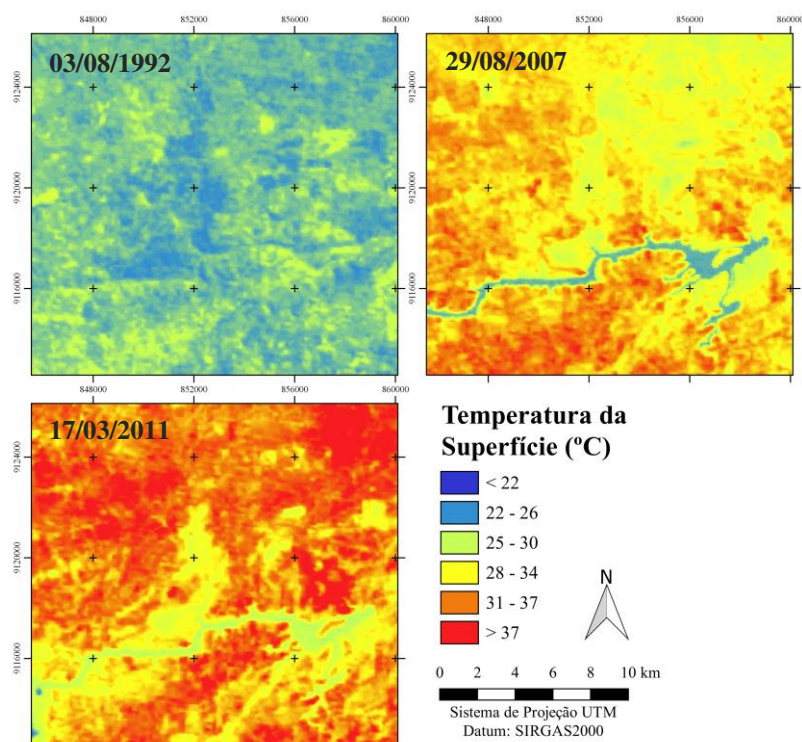


Figura 5: Temperatura da superfície (T_{sup}) no reservatório Jucazinho – PE.

Verifica-se que a imagem de 03/08/1992 apresentou o menor valor médio de T_{sup} (Tabela 2 - 23,98°C), provavelmente provocado pelo volume de chuva ocorrido nos 15 dias anteriores à passagem do satélite. O mesmo era previsto para a cena de 17/03/2011, se observado a precipitação acumulada antecedente (Tabela 1 – 63,60 mm), porém este foi o ano que apresentou o maior valor médio de T_{sup} (Tabela 2 - 33,16°C), com máximo alcançando 40,44°C. Novamente isto pode ser indicativo de mudança do uso do solo, visto que as áreas com solo exposto, ou com baixa presença arbóreo-arbustiva, contribuem para o aumento da temperatura da superfície.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou, a partir de imagens do TM-Landsat 5, a eficiência dos resultados do NDVI, albedo e da temperatura da superfície na avaliação ambiental, evidenciando assim as diferentes respostas da superfície terrestre durante os anos analisados.

Através dos resultados do NDVI foi possível identificar a escassez de água no trecho do rio Capibaribe na cena do ano 1992, comprovando o regime fluvial intermitente. O aumento do albedo e da temperatura da superfície permitiu identificar mudanças ocorridas na paisagem.

O monitoramento das condições dos parâmetros biofísicos no entorno de reservatórios de regularização de vazão pode ser útil para a identificação de forçantes que alteram a eficiência dessas estruturas hídricas. Produtos de sensoriamento remoto mostram-se como uma ferramenta capaz de suprir essas informações e, conseqüentemente, subsidiar ações para minimização dos danos causados pela alteração das mudanças da cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE pela bolsa de doutorado e PNPd, e pelo financiamento do projeto Consórcio Universitas; ao CNPq pelas bolsas de PQ, PDJ, PNPd e pelo financiamento dos projetos Universal - MCTI/CNPq N° 14/2014 e MCTI/CNPq/ANA N.23/201; à CAPES pelo financiamento do projeto INCT-MC, Fase II; ao FINEP, pelo financiamento do projeto REHIDRO 1830; ao Instituto Interamericano para Pesquisa em Mudanças Globais (IAI) CRN3056.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL. (2002). “*Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced training and user’s manual*”. Idaho: Implementation, Version 1.0, pp. 1-98.
- AZEVEDO, S.C.; CARDIM, G.P.; PUGA, F.; SINGH, R.P.; SILVA, E.A. (2018). “*Analysis of the 2012-2016 drought in the northeast Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir*”. Remote Sensing Letters 9(5), pp. 439–447.
- BARBOSA, I.M.B.R. (2012). *Planejamento da operação de reservatório objetivando melhoria da qualidade da água: estudo de caso no Agreste pernambucano*. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Pernambuco, pp. 138.

- BATISTA, L.F.D.R.; RIBEIRO NETO, A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. (2017). "Adaptation mechanisms for extreme events in the Capibaribe River Basin". In: XVI World Water Congress, 2017, Cancun. Proceedings of XVI World Water Congress, 2017.
- BRASIL. (1995). Ministério da Integração Nacional. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas- DNOCS. 3ª Diretoria Regional. "Hidrologia do reservatório de Jucazinho". Recife: Água solos. 1995, pp.1-59.
- COELHO, V.H.R.; GUSMÃO, A.C.V.L.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; DA SILVA, B.B.; VASCONCELOS, R.; OLIVEIRA, L.M.M. (2015). "Índices de vegetação e temperatura da superfície por sensoriamento remoto em bacia hidrográfica do semiárido brasileiro". In anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, Nov. 2015, 1, pp. 1 – 8.
- CUNHA, J.E.B.L.; RUFINO, I.A.A.; DA SILVA, B.B.; CHAVES, I.B. (2012). "Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto". Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 16(5), pp. 539-548.
- GUSMÃO, A.C.V.L.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; DA SILVA, B.B.; OLIVEIRA, L.M.M.; RODRIGUES, D.F.B.; URSULINO, B. S.; COELHO, V.H.R.; ARAÚJO, D.C.S. (2017). "Índices de vegetação em bacia representativa no estado de Pernambuco". In anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, Nov. 2017, 1, pp. 1 – 7.
- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. (2002). "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices". Remote Sensing of Environment 83 (1-2), pp. 195-213.
- LINS, F.A.C.; ARAÚJO, D.C.S.; DA SILVA, J.L.B.; LOPES, P.M.O.; OLIVEIRA, J.D.A.; DA SILVA, A.T.C.S.G. (2017). "Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto". Irriga 1, pp. 64-75.
- MARENGO, J.A.; DIAS, P.L.S. (2015). "Mudanças climáticas e os seus impactos climáticos e hidrológicos no Brasil". In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G.(org.). Água doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 4.ed., São Paulo: Escrituras Editoras, 2015. cap.3, pp. 63 - 91.
- MATOS, R.C. M.; CANDEIAS, A.L.B.; AZEVEDO, J.R.G.; HATTERMANN, F.F.; KOCH, H.; KLEINSCHMIT, B. (2015). "Análise multitemporal do albedo, NDVI e temperatura no entorno do Reservatório de Itaparica – PE: anos de 1985 e 2010". Revista Brasileira de Cartografia 3(67), pp. 545 – 554.
- MELO, R.R.C.; RAMEH BARBOSA, I.M.B.; FERREIRA, A.A.; LEE BARBOSA FIRMO, A.; DA SILVA, S.R.; CIRILO, J.A.; DE AQUINO, R.R.B. (2017) "Influence of Extreme Strength in Water Quality of the Jucazinho Reservoir, Northeastern Brazil, PE". Water 9(12), pp. 1-11.
- OLIVEIRA, L.M.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANTONINO, A.C.D., SILVA, B. B.; MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D. (2012). "Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto". Pesquisa Agropecuária Brasileira 47(9), pp. 1209-1217.
- OLIVEIRA, T.H.; MACHADO, C.C.C.; SILVA, J.S.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; SILVA, B.B. (2010). "Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE". Revista Brasileira de Geografia Física 1, pp. 55-69.
- PIRES, E.G. (2017). "Avaliação de parâmetros biofísicos, derivados de dados satelitários, na área de influência do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães-TO". Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás, pp. 224.
- RIBEIRO NETO, A.; SCOTT, C.A.; LIMA, E.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CIRILO, J.A. (2014). "Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate-induced socio-hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin-Brazil". Hydrology and Earth System Sciences 18, pp. 3449-3459.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. (1973). "Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation". Prog. Rep. RSC 1978-1. Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ., College Station.
- SANTIAGO, M.M.; SILVA, H.A.; GALVINCIO, J.D.; OLIVEIRA, T.H. (2009). "Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE". In anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, pp. 3003-3009.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS (SRHE). (2010). "Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Capibaribe"; TOMO I (vol 1, 2 e 3) e TOMO IV; SRHE: Recife, Brazil, pp. 1-100.