

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N^o 67/3 545-554
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO ALBEDO, NDVI E TEMPERATURA NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA – PE: ANOS DE 1985 E 2010

*Multitemporal Analysis of Albedo, BSDI and Temperature in the Surroundings of
Itaparica's Reservoir – PE: years of 1985 and 2010*

**Rafaella Chrystiane de Moura Matos¹, Ana Lúcia Bezerra Candeias², José
Roberto Gonçalves Azevedo¹, Fred F. Hattermann³, Hagen Koch³ & Birgit
Kleinschmit⁴**

¹Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Civil

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 6º andar – DEC - Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50741 - 530
rafaella.matos@gmail.com; jrge@ufpe.br

²Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Cartográfica

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar - DECart - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife – PE
analucia@ufpe.br

³Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK

Department of Global Change and Natural Systems

Telegrafenberg A62, 14473, Potsdam, Alemanha
hattermann@pik-potsdam.de; hagen.koch@pik-potsdam.de

⁴Technische Universität Berlin – TUB

Department of Geoinformation for Landscape and Environmental Planning

Straße des 17. Juni 145, Berlin, Alemanha
birgit.kleinschmit@tu-berlin.de

Recebido em 02 de Dezembro, 2012/ Aceito em 09 de Fevereiro, 2013

Received on December 02, 2012/ Accepted on February 09, 2013

RESUMO

Nesta pesquisa foram realizadas as análises multitemporais do albedo, NDVI e temperatura para as datas de 01 de Outubro de 1985 e 10 de Outubro de 2010 como etapas do procedimento de estimativa da evapotranspiração através do Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL), desenvolvido por BASTIAANSEN (1995) para a área do reservatório de Itaparica – PE utilizando dados do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, com o objetivo de aplicar o sensoriamento remoto como ferramenta de auxílio à pesquisas relacionadas às mudanças climáticas e verificar como esta técnica auxilia nos estudos realizados sobre a área do reservatório que é foco do projeto INNOVATE (INterplay between the multiple use of water reservoirs via inNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems). O estudo envolve mudanças climáticas no semiárido e a área é o reservatório de Itaparica e seu entorno. De um modo geral, na cena utilizada que corresponde a um recorte de uma imagem de órbita/ponto 216/66,

o albedo aumentou em torno de 4,8% e conseqüentemente houve uma redução do NDVI em 46,3%, a temperatura da superfície diminuiu na faixa de 14%, entre o período analisado, que consiste em uma data anterior e outra posterior a construção da barragem.

Palavras chaves: Albedo, NDVI, Temperatura.

ABSTRACT

In this research we have done multitemporal analysis of albedo, NDVI and temperature for October 1st 1985 and October 10th 2010 for the area of Itaparica's Reservoir – PE as steps for the estimation procedure of evapotranspiration through Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL), developed by BASTIAANSSEN (1995). We got data from the Thematic Mapper (TM) sensor on board of Landsat 5 satellite, in order to use remote sensing as a tool to support researches related to climate change and verify how this technique fits in studies on the reservoir area, which is the focus of the INNOVATE project (INterplay between the multiple use of water reservoirs via INNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems). The study involves climate change in semi-arid area and is the Itaparica reservoir and its surroundings. Generally, in the scene that correspond to a subset from the image of orbit/point 216/66, the albedo increased about 4.8%, and consequently there was a reduction of NDVI that decreased in the range of 46.3%, the surface temperature decreased about 14% in the period, that correspond to one date before and one after the dam construction.

Keywords: Albedo, NDVI, Temperature.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido como parte do procedimento para a realização da estimativa da evapotranspiração através do uso do algoritmo Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) desenvolvido por Bastiaanssen (1995) que consiste em um modelo baseado no uso de imagens de satélite para a extração de importantes valores de variáveis tais como saldo de radiação, fluxo de calor no solo e por fim a evapotranspiração.

Para obtenção do saldo de radiação, nove etapas são realizadas previamente ao cálculo do saldo que consistem em: calibração radiométrica, reflectância monocromática, albedo planetário, albedo de superfície, índices de vegetação tais como Normalized Vegetation Index, Soil Adjusted Vegetation Index, Leaf Area Index (NDVI, SAVI e IAF), temperatura da superfície, radiação de onda longa emitida, radiação de onda longa incidente, radiação de onda curta incidente. Com todas essas variáveis disponíveis é possível realizar o cálculo do saldo de radiação.

Esta pesquisa tem como área de estudo o entorno do reservatório de Itaparica, e o conhecimento das variáveis ambientais do local é importante como parte do processo de gerenciamento dos recursos hídricos quando se trata de energia hidroelétrica, abastecimento de água potável, irrigação e pesca, no entanto muitas pesquisas também estão relacionadas aos

problemas ambientais e como estes contribuem para as mudanças climáticas (KOBAYAMA & CHAFFE, 2008).

Estudos ecológicos em grande escala e a longo prazo tem sido um dos pontos principais em pesquisas multidisciplinares no que diz respeito às mudanças climáticas globais. A variação da cobertura vegetal influencia não somente o balanço de energia, o clima, os processos hidrológicos e os ciclos biogeoquímicos, mas também ilustra indiretamente a interação entre o clima, o ambiente e as atividades antropogênicas (HEUTE & WARRICK, 1990).

Sensores a bordo de satélites fornecem medidas das características da superfície terrestre de forma calibrada (com acurácia e precisão conhecidas) e consistente permitem que estudos sejam realizados para detecção e quantificação de mudanças no ambiente terrestre, dependendo do sensor (CHANDER *et. al.*, 2009).

O sensoriamento remoto é de grande auxílio no que diz respeito a avaliação, manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, no estudo de bacias hidrográficas é de grande importância por possibilitar a produção e divulgação de diferentes tipos de índices dentre eles os índices de vegetação.

Em comparação com as técnicas de medição em campo, os dados de sensoriamento remoto possuem uma melhor cobertura espaço-temporal, se tornando uma importante ferramenta para monitoramento global de mudanças

ecológicas e climáticas.

A tecnologia do sensoriamento remoto permite o monitoramento da distribuição da vegetação terrestre em grande escala, o acompanhamento das propriedades biofísicas e estruturais e ainda a análise das variações espaço-temporais (HOU *et. al.*, 2012).

Para o desenvolvimento da metodologia foram utilizados dados do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5. A série de satélites Landsat fornece o mais longo e contínuo registro de observações com base em sensoriamento remoto sobre a superfície terrestre.

Imagens sequenciais de albedo fornecem importantes informações sobre mudanças na superfície, por exemplo, em áreas em que há um aumento considerável do albedo pode-se considerar que houve um crescimento da área de solo exposto, a diminuição desta variável pode indicar o aumento da umidade do solo ou densidade da vegetação (ROBINOVE *et. al.*, 1981).

O albedo consiste na proporção entre o fluxo de energia refletida e incidente sobre a superfície, podendo influenciar no regime de radiação solar, dinâmica das propriedades ópticas da atmosfera entre outros (OKE, 1987).

Os índices de vegetação (IVs) minimizam variações oriundas de fatores externos e mostram uma quantificação da área vegetada (SAMPAIO, 2007). Áreas com solo exposto terão valores baixos de índice de vegetação. Já para áreas densamente vegetadas irão apresentar altos índices de vegetação.

O NDVI é um índice de vegetação importante e amplamente utilizado em estudos multidisciplinares e suas informações em grande escala espaço-temporal é muito utilizada como um indicador da oscilação e sucessão do ecossistema terrestre (HOU *et.al.*, 2012).

Este índice consiste em um indicador cujo valor varia entre -1 e +1 que está relacionado a quantidade e condição da vegetação verde, este é obtido a partir da razão entre a diferença da reflectância na faixa do infravermelho próximo e da faixa do vermelho pela soma entre essas duas faixas.

Obter dados de temperatura é essencial em estudos relacionados ao clima e às mudanças

climáticas, e para lugares onde não existem medidas frequentes, é interessante usar o sensoriamento remoto como ferramenta de auxílio a aquisição dessas informações e com as imagens do Landsat 5 – TM esta aquisição é possível de ser realizada ao se utilizar as informações da banda 6 ou banda termal deste sensor.

Neste estudo buscou-se entender como o sensoriamento remoto é uma ferramenta de suporte ao que diz respeito à estudos climáticos em áreas de reservatórios e analisar as mudanças ocorridas na área do entorno do reservatório de Itaparica utilizando apenas informações de sensores a bordo de satélites.

2. ÁREA DE ESTUDO

Sob as coordenadas 38°19' de longitude Oeste e 9°6' de latitude Sul, o reservatório de Itaparica (Figura 1) também conhecido como Luiz Gonzaga apresenta-se em operação desde 1988, e seu entorno terrestre e aquático constituem a área de foco das pesquisas do projeto INNOVATE.

Localizado na “Depressão do São Francisco”, o entorno do reservatório apresenta como características clima semi-árido quente e seco BShw, segundo a classificação climática de Köppen e vegetação do tipo hiperxerófila arbórea, densa no topo das chapadas e arbórea aberta nos níveis inferiores.

O reservatório de Itaparica possui uma capacidade total de acumulação de 10,7 bilhões de metros cúbicos, 50% de toda a água do reservatório é utilizada para a produção e abastecimento de energia, os outros 50% são divididos em abastecimento de água (uso doméstico e industrial na área), agricultura irrigada, aquicultura, lazer, turismo, diluição e efluentes, controle de cheias e proteção ecológica.

Como entorno do reservatório, neste trabalho, foi considerado toda a área urbana do município de Petrolândia e o projeto de irrigação Apolônio Sales, consiste de uma região predominantemente rural, com a existência de vários projetos de irrigação e uso da água em grande parte aplicada à agricultura irrigada e uso crescente das áreas rasas para implantação de projetos de aquicultura (SOBRAL *et. al.*, 2006).

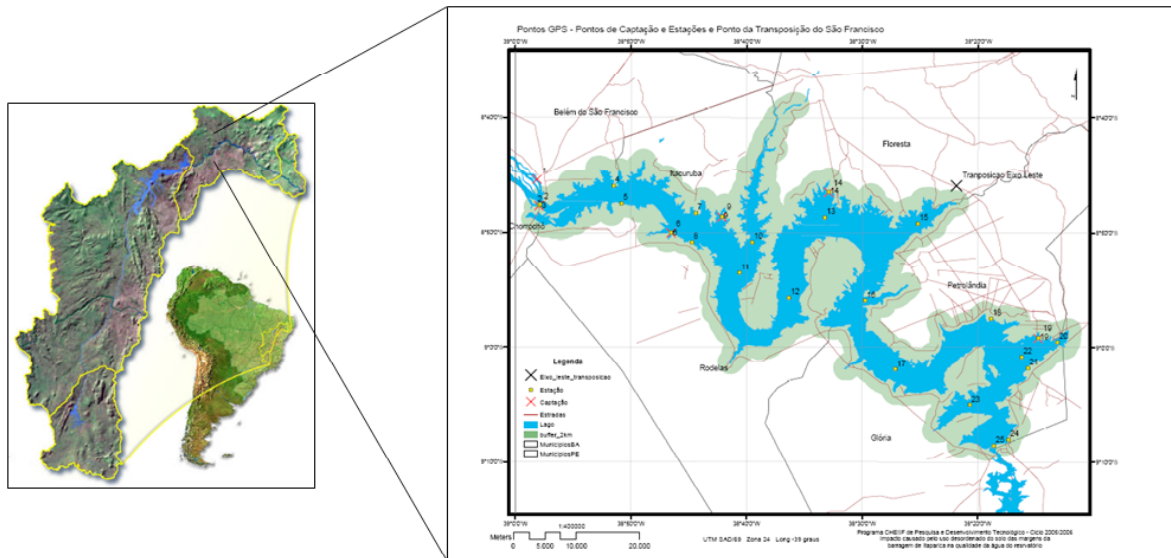


Fig. 1 – Localização do reservatório de Itaparica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este item contém a descrição dos dados utilizados e procedimentos metodológicos aplicados de modo a atingir o objetivo da pesquisa.

3.1 Dados Radiométricos

Foram adquiridas imagens do sensor TM satélite a bordo do satélite Landsat 5 cujo a órbita/ponto 216/66 compreende a área de estudo desta pesquisa, as quais foram obtidas através do site da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Estas imagens foram referentes aos dias 01/10/1985, período anterior a construção da barragem e 06/10/2010, correspondente a mesma área pós barragem onde se pode verificar a área irrigada de Apolônio Sales e a área urbana de Petrolândia, as quais podem ser visualizadas na Figura 2 a e b.

3.2 Albedo de Superfície (α)

O método utilizado para o cálculo do albedo de superfície (α) foi o proposto por Allen *et. al.* (2002), considerando os efeitos atmosféricos, de acordo com a equação 1:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (1)$$

Onde:

α_{toa} é o albedo planetário;

α_p é a reflectância atmosférica que varia entre 0,025 e 0,04, mas de acordo com Bastiaanssen e Bakker (2000) para o SEBAL foi recomendado o valor 0,03; e

τ_{sw} é a transmissividade atmosférica.

O albedo planetário (α_{toa}) não considera os efeitos da atmosfera e foi obtido a partir da combinação linear das reflectâncias monocromáticas de acordo com a equação 2:

$$\alpha_{toa} = 0,293\tilde{n}_1 + 0,274\tilde{n}_2 + 0,233\tilde{n}_3 + 0,157\tilde{n}_4 + 0,033\tilde{n}_5 + 0,011\tilde{n}_7 \quad (2)$$

Onde:

$\tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \tilde{n}_3, \tilde{n}_4, \tilde{n}_5$ e \tilde{n}_7 são as reflectâncias monocromáticas das bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7.

O efeito da transmissividade atmosférica (τ_{sw}), para condições de céu claro foi considerado de acordo com a equação 3, proposta por Allen *et. al.* (2007):

$$\tau_{sw} = 0,35 + 0,627 \times \exp\left[\frac{-0,00146P}{K_t \cos \theta_{hor}} - 0,075\left(\frac{W}{\cos \theta_{hor}}\right)^{0,7}\right] \quad (3)$$

Onde:

θ_{hor} é o ângulo zenital solar;

P é a pressão atmosférica média em kPa;

K_t é o coeficiente de turbidez da atmosfera que, de acordo com Allen (1996) para condição de céu claro considera-se igual a 1;

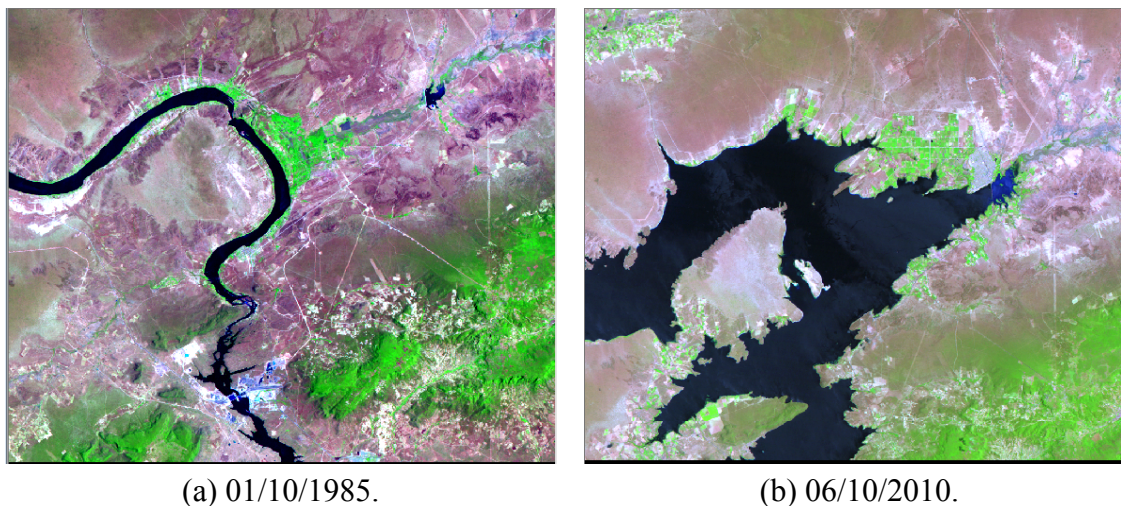


Fig. 2 - Composição colorida 543 da área.

W é a água precipitável em mm, que de acordo com Garrison e Adler (1990) pode ser calculada de acordo com a equação 4:

$$W = 0,14e_a P + 2,1 \quad (4)$$

A equação da pressão atmosférica pode ser obtida conforme a equação 5 (ASCE-EWRI):

$$P = 101,3 \left(\frac{T_a - 0,0065z}{T_a} \right)^{5,26} \quad (5)$$

Onde T_a é a temperatura do ar em Kelvin obtida através de dados de estações meteorológicas dentro da área de estudo ou quando estas informações são desconhecidas é utilizada a temperatura média da superfície obtida através da imagem e z a altitude.

3.3 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Foi obtido através da equação 6, que representa a razão entre a diferença das refletâncias nas bandas 4 e 3 do TM, que correspondem ao infravermelho próximo (ρ_{iv}) e ao vermelho (ρ_v) respectivamente:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (6)$$

3.4 Temperatura da Superfície (Ts)

A temperatura da superfície (T_s) em Kelvin é obtida com base na radiância espectral da banda

6 do sensor TM, que corresponde a banda termal ($L_{\lambda,6}$) e a emissividade ϵ_{NB} de acordo com a equação 7:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1 \right)} \quad (7)$$

Onde:

K_1 e K_2 são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5 – TM e correspondem a $607,76 \text{ Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $1260,56\text{K}$, respectivamente; e

ϵ_{NB} é a emissividade no domínio da banda termal, que segundo Allen *et. al.* (2002), pode ser obtida de acordo com a equação 8:

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

Onde:

IAF é o Índice de Área Foliar, que corresponde à razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação e pode ser obtida de acordo com a equação 9 proposta por Allen *et. al.* (2002):

$$IAF = - \frac{\ln \left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59} \right)}{0,91} \quad (9)$$

Onde:

$SAVI$ é o *Soil Adjusted Vegetation Index* ou Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo, que tem por função amenizar os efeitos do solo e que pode ser obtido através da equação 10 proposta por Heute (1988):

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_v - \rho_s)}{(L + \rho_v + \rho_s)} \quad (10)$$

Onde:

L é uma função do tipo do solo e considera-se como sendo igual a 0,5, valor mais frequente e proposto por Heute e Warrick (1990).

Para $IAF \geq 3$, considera-se $\epsilon_{NB}=0,98$ e para corpos d'água ou seja, com NDVI menor que 0, considera-se $\epsilon_{NB}=0,99$.

4. RESULTADOS

Para os dias 01/10/1985 e 06/10/2010, foram calculados o albedo, o NDVI e a temperatura a partir das equações da seção 3. As estatísticas estão apresentadas na Tabela 1.

Após a construção da barragem houve um aumento da área alagada, portanto houve diminuição do NDVI em 46,3%, com a presença de maior lâmina d'água na região, a temperatura sofreu redução de 14% em média e o albedo da área aumentou em torno de 4,8%.

A diminuição da temperatura e aumento do albedo podem ser observados em Pereira *et. al.* (2007), que observou a diminuição dos valores de reflectância em consequência ao aumento da área alagada, que torna maior absorção da radiação eletromagnética, combinado a redução da contribuição do solo exposto e consequente diminuição da temperatura.

A Tabela 2 apresenta os resultados para as duas imagens, sobre os valores de albedo, NDVI e temperatura em uma área dentro do projeto de irrigação (P1) e outro ponto na área que hoje é formada pela área urbana do município de Petrolândia (P2). Com isto tem-se uma amostragem local do comportamento destes valores para área irrigada e para área urbana.

Em P1, que hoje apresenta uma grande cobertura vegetal por se tratar de uma área irrigada, houve uma diminuição do albedo em torno de 1,8% e por consequência aumento em 64,9% do NDVI, considerado considerável, o aumento da vegetação leva a diminuição da temperatura, o que aconteceu na faixa de 26,9%.

Em P2, que corresponde a uma área urbana, houve aumento do albedo em 34,8% e o NDVI diminuiu em 44,3%. A temperatura, no entanto, também diminuiu 10,4%, o que pode ser explicado pela proximidade com o lago de Itaparica, ou seja, uma área inundada

muito maior do que no ano de 1985, além da proximidade também com a área de agricultura irrigada de Apolônio Sales, a qual é bastante extensa e próxima da área urbana.

De acordo com Leite e Brito (2012), a relação inversamente proporcional do albedo e da temperatura é justificada pela maior reflexão de energia e consequente menor absorção da mesma. No caso apresentado nesta pesquisa verificou-se o contrário, uma vez que o aumento do NDVI indica o aumento da área vegetada e assim maior absorção da energia pelas plantas.

As figuras 3 e 4 representam as classes da distribuição espacial do albedo para os dias 01/10/1985 e 06/10/2010 respectivamente, nas duas imagens há predominância da faixa entre 0,1 e 0,2 do albedo, sendo que na primeira imagem estes valores cobriram uma área de 85,85%, enquanto na segunda imagem essa área correspondeu a 52,1% da cena, como pode ser observado na Tabela 3.

Também se observa na Tabela 3 que para valores menores que 0,1 de albedo houve um acréscimo de 4,66% em 1985 para 22,17% em 2010, atribui-se este aumento ao aumento da lamina d'água. Gielow *et. al.* (1999) também atribuiu a variação da lâmina 'água a sensibilidade para variação do albedo.

As Figura 5 e 6 apresentam a distribuição de NDVI para os 01/10/1985 e 06/10/2010. Supomos que:

Tabela 1: Estatísticas de albedo, ndvi e temperatura para 01/10/85 e 06/10/10

	Albedo		NDVI		Temperatura (°C)	
	1985	2010	1985	2010	1985	2010
Mínima	0,033	0,043	-1,335	-0,857	20,18	16,55
Máxima	0,87	0,92	0,804	0,791	41,6	40,46
Média	0,159	0,167	0,354	0,19	33,47	29
Moda	0,157	0,080	0,302	0,186	35,15	18,32
Desvio Padrão	0,041	0,063	0,142	0,216	3,439	6,519

Tabela 2: Estatísticas de albedo, ndvi e temperatura para as datas 01/10/185 e 06/10/10, considerando os alvos P1 e P2

	P1		P2	
	1985	2010	1985	2010
Albedo	0,172	0,169	0,17	0,262
NDVI	0,222	0,632	0,289	0,161
Temperatura	37,6	27,5	35,6	31,9

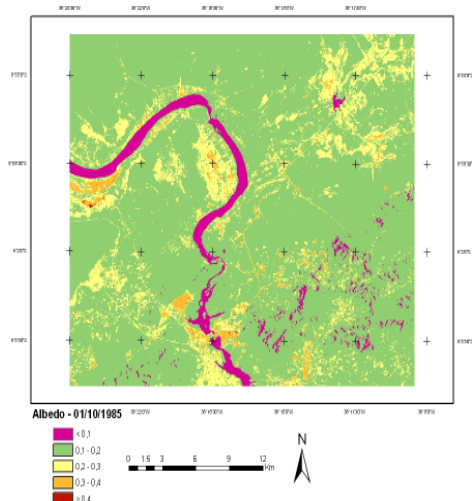


Fig. 3 – Imagem do albedo de superfície em 01/10/1985.

- água possui um valor de NDVI $< 0,03$;
- a área com nenhuma ou muito pouca vegetação com valor entre 0,03 e 0,3;
- a área com pouca a média vegetação com valor entre 0,3 a 0,5; e
- e valor de média a alta concentração de vegetação com valores superiores a 0,5.

Na Figura 5 pode-se verificar uma maior concentração dos valores entre 0,3 e 0,5, ou seja, com predominância de área com pouca a média vegetação, correspondendo a aproximadamente 61% da área total da imagem, como descrito na Tabela 4.

Na Figura 6 a classe de maior concentração, no entanto é a que corresponde a faixa entre 0,03 e 0,3, que corresponde a 52,76% da área total da imagem.

A classe menos representativa de NDVI é a mesma para as duas imagens, a que apresenta valores acima de 0,5, (valor de média a alta

Tabela 3: Distribuição do albedo dentro da cena estudada

	Distribuição do Albedo na Área			
	1985		2010	
	Km ²	(%)	Km ²	(%)
<0,1	37,13	4,66	176,45	22,17
0,1 - 0,2	683,35	85,85	414,37	52,1
0,2 - 0,3	71,73	8,97	195,81	24,61
0,3 - 0,4	3,86	0,5	8,81	1,11
>0,4	0,09	0,01	0,08	0,01

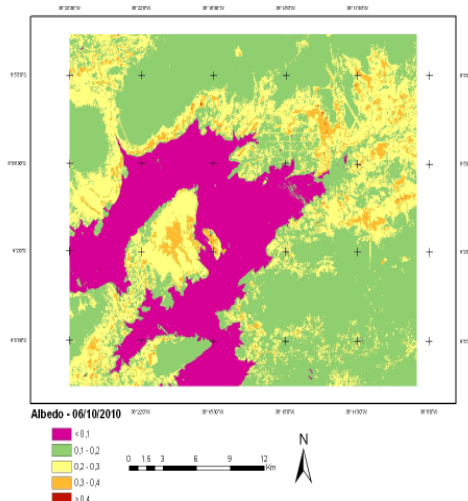


Fig. 4 – Imagem do albedo de superfície em 06/10/2010.

concentração de vegetação), sendo na Figura 5 o equivalente a 12,4% da área e na Figura 6 o correspondente a 8,03%.

Em Borato e Gomide (2013), os valores mais próximos de 0 também caracterizaram pouca vegetação ou mesmo solo exposto e os valores mais altos apresentaram vegetação mais densa, corroborando os resultados apresentados nesta pesquisa.

Nas figuras 7 e 8 da temperatura, a classe mais representativa é a que compreende a faixa entre 28 e 30°C. A maior concentração ocorre entre 32 e 35°C para a imagem de 1985, enquanto para a imagem de 2010 ocorre na faixa entre 29 e 35°C, representando aproximadamente 45% e 26% da área imageada respectivamente conforme apresentado na Tabela 5.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo mostrou-se as análises multitemporais do albedo, NDVI e temperatura para as datas de 01 de Outubro de 1985 e 06 de

Tabela 4: Distribuição de NDVI dentro da cena estudada

	Distribuição do NDVI na Área			
	1985		2010	
	Km ²	(%)	Km ²	(%)
<0,03	23,94	3,01	178,68	22,45
0,03 - 0,3	188,04	23,62	419,92	52,76
0,3 - 0,5	485,06	60,94	132,41	16,64
>0,5	98,61	12,39	63,93	8,03

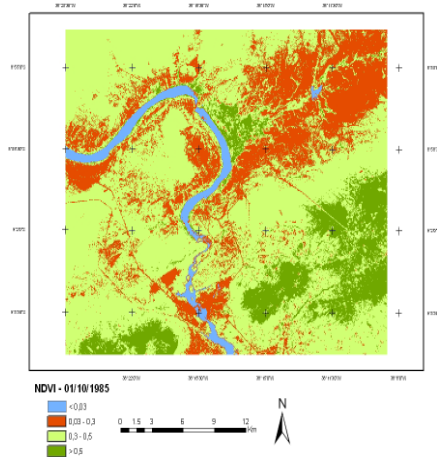


Fig. 5 – Imagem do NDVI em 01/10/1985.

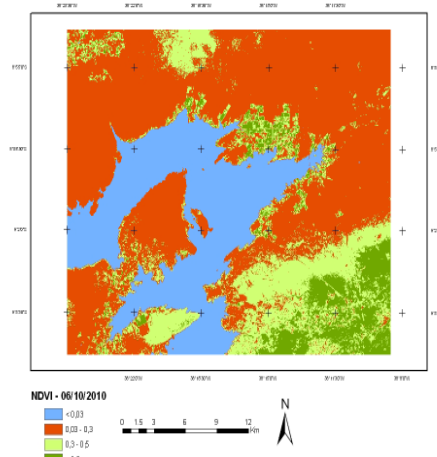


Fig. 6 – Imagem do NDVI em 06/10/2010.

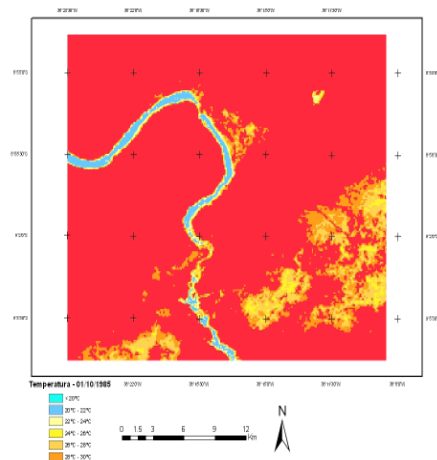


Fig. 7 – Imagem do temperatura em 01/10/1985.

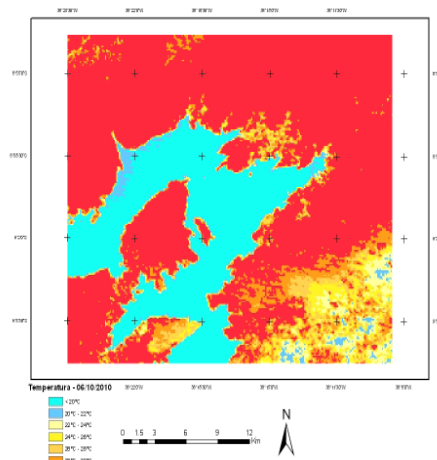


Fig. 8 – Imagem do temperatura em 06/10/2010.

Tabela 5: Distribuição da temperatura dentro da cena estudada

	Distribuição da Temperatura na Área			
	1985		2010	
	Km ²	(%)	Km ²	(%)
<20°C	20,26	2,55	206,95	26
22 - 24 °C	11,93	1,5	30,12	5,78
24 - 26°C	88,69	11,14	94,24	11,84
26 - 28°C	130,19	16,36	174,21	21,89
28 - 30°C	358,85	45,08	207,58	26,08
>30°C	184,67	23,2	82,05	10,31

Outubro de 2010 como etapas do procedimento de estimativa da evapotranspiração através do *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) para a área do reservatório de Itaparica – PE e seu entorno. Foi utilizando

dados do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, como ferramenta de auxílio à pesquisas relacionadas às mudanças climáticas do projeto INNOVATE (INterplay between the multiple use of water reservoirs via inNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems). O estudo envolve mudanças climáticas no semiárido e a área é o reservatório de Itaparica e seu entorno.

A área analisada está em um recorte de uma imagem de órbita/ponto 216/66. Obteve-se que em vinte e cinco anos, ou seja de 1985 (antes do reservatório), para 2010 (depois do reservatório) o albedo aumentou em torno de 4,8%, houve uma redução do NDVI em 46,3%, e a temperatura da superfície diminuiu na faixa de 14%, entre o período analisado.

Analisando pontualmente a área do projeto irrigado Apolônio Sales observou-se que houve uma diminuição do albedo em torno de 1,8% e por consequência aumento do NDVI,

que apresentou um aumento considerável de 64,9%, com uma presença maior de vegetação a tendência é a temperatura diminuir, o que aconteceu na faixa de 26,9%.

Já para o perímetro urbano de Petrolândia houve um aumento do albedo em 34,8% e o NDVI diminuiu em 44,3%. A temperatura, no entanto, também diminuiu 10,4%, o que pode ser explicado pela proximidade com o lago de Itaparica, ou seja, uma área inundada muito maior do que em 1985, além da proximidade também com a área de agricultura irrigada de Apolônio Sales, que é bastante extensa e próxima da área urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for use in reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.122. n.2, p.97-106, 1996.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL – Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced training and user’s manual**. Idaho: Implementation, v.1, 98p.2002.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. ASCE, p. 380-394. 2007.
- BASTIAANSEN, W. & BAKKER, M. **Use of satellite data in agricultural water management**. EMBRAPA semi-árido. (2000). 81p.
- BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate**. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p., 1995.
- BORATO, I.M.P; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 13-18 de abril de 2013, p. 7345-7352.
- CHANDER, G.; MARKHAM. B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, 893-903. 2009.
- GARRISON, J. D.; ADLER, G. P. Estimation of precipitable water over the United State for application to the division of solar radiation into its direct and diffuse components. **Solar Energy**, v.44, n.4, p.225-241, 1990.
- GIELOW, R.; ALVALA, R.C.S.; HODNETT, M.G.; SOUZA, A. Albedo no Pantanal Sul-Matogrossense durante e apos o periodo de inundacao de 1998. **XI Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Florianópolis, SC, Brasil, SBA, 19-24 de julho de 1999, 2026-2030.
- HEUTE, A.R.; WARRICK, A.W. Assessment of vegetation and soil water regimes in partial canopies with optical remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.32, pp. 155-167, 1990.
- HOU, X.; LI, M.; YU, L.; BI, X. Spatial-temporal dynamics of NDVI and Chi-a concentration from 1998 to 2009 in the East coastal zone of China: integrating terrestrial and oceanic components. **Environmental Monitoring and Assessment**. DOI: 1,01007/s10661-012-2552. 25 jan 2012.
- HUETE, A.R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.
- KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B. Water balance in Cubatão-Sul river catchment, Santa Catarina, Brazil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.3, p.5-17, 2008.
- LEITE, M.R.; BRITO, J.L.S. Análise de desempenho do algoritmo SEBAL na modelagem térmica da bacia do rio Vieira do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65 v.1, p.161-174, 2012.
- OKE, TR. **Boundary Layer Climates**. 2nd. Ed. Methuen, 289p., 1987.
- PEREIRA, G.; MORAES, E.C.; ARAI, E.; OLIVEIRA, L.G.L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo em microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**,

n. 58 v.1, p.55-61, 2007.

ROBINOVE, C. J.; CHAVEZ, P. S.; EHRING, D.; HOLMGREN, R. Arid Land Monitoring Using Landsat Albedo Difference Images. **Remote Sensing of Environment**. v. 11, p. 133-156. 1981.

SAMPAIO, C.S. **Abordagem metodológica baseada nos dados multitemporais MODIS EVI/NDVI para classificação da cobertura vegetal na região do Parque Nacional da**

Chapada dos Veadeiros/GO. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2007. 73f.

SOBRAL, M.C.M.; CARVALHO, M.C.M.O.; da SILVA, M.M.; de MELO, G.L. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. **XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Punta del Este, Uruguay, 26 – 30 Nov 2006.