

# MAPEAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM ANOS DE EL NIÑO/LA NIÑA NO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira<sup>1</sup>  
José Diogenes Alves Pereira<sup>2</sup>  
Filipe Tawã Gomes<sup>3</sup>  
Daniel Sousa Rocha<sup>4</sup>

## RESUMO

Uma prioridade no semiárido nordestino é a gestão dos recursos hídricos, principalmente devido a grande variabilidade da precipitação na região e a atuação de fenômenos climáticos que podem provocar secas severas e comprometer o abastecimento de água. Uma ferramenta que pode auxiliar na gestão desses recursos e possibilita o monitoramento temporal e espacial é o sensoriamento remoto, através de imagens de satélites em períodos distintos. Nessa perspectiva, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto da atuação de sistemas climáticos, especificamente o El Niño e a La Niña, na temperatura da superfície terrestre, na vegetação e no volume do sistema Curema-Mãe d'Água nos anos de 2008, 2015 e 2018 utilizando sensoriamento remoto. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e do Landsat 8 e obtidas NDVI e TST dos anos supracitados. O ano de 2008 apresentou o sistema na sua capacidade máxima de volume, percebeu-se que em 2015 e 2018 apareceu vegetação dentro do leito dos açudes, mostrando a ausência de água. Em 2015 foi o ano com maior valor de TST máximo sem correção atmosférica e o forte El Niño teve um grande impacto no volume dos do sistema Curema-Mãe D'Água.

**Palavras-chave:** Landsat, NDVI, TST, Correção Atmosférica, Curema-Mãe D'Água.

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui dimensões continentais e apresenta climas variados, com alta taxa de insolação pelo fato de estar situada na faixa intertropical, área do planeta onde o índice de luminosidade é bastante alta, o que faz com que predomine os climas quente e úmido gerando elevadas temperaturas e alta taxa pluviométrica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 208).

Grande parte da Região Nordeste Brasileira (NEB) apresenta clima semiárido, devido a questões climática, hídrica e fitogeográfica, tendo como características principais os níveis

<sup>1</sup> Professora, Doutora em Meteorologia/Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [virginia.fbnoqueira@email.com](mailto:virginia.fbnoqueira@email.com);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [diogenes\\_753@hotmail.com](mailto:diogenes_753@hotmail.com);

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [filipetawa@gmail.com](mailto:filipetawa@gmail.com);

<sup>4</sup> Graduando do Curso Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [daniel.sdrufcg@gmail.com](mailto:daniel.sdrufcg@gmail.com);

de umidade relativamente baixos, pouca incidência de chuvas, secas prolongadas, solo de difícil manejo devido à soma de todos esses fatores (NORDESTE, 1999, p.60-68).

Devido aos rios da região nordeste na sua maioria serem intermitentes, com exceção do Rio São Francisco, e a grande variabilidade das precipitações, a população se torna altamente dependente da pluviosidade para que assim possa captar e armazenar a água que necessitam (JACOMINE, 1996, p. 95-111).

Uma das causas que interferem no regime de chuvas na região se deve a variações nos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), que afetam a posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, a ZCIT é um dos principais sistemas responsáveis pelo período chuvoso no centro-norte da Região Nordeste (HASTENRATH, 1984, p. 1097-1107; NOBRE e MELO, 2001, p. 1-10).

Fenômenos como El Niño e La Niña, que são determinados pela TSM do Oceano Pacífico Equatorial, interferem diretamente no período chuvoso no setor centro-norte da Região Nordeste. O fenômeno de El Niño está associado à seca e a La Niña a um período chuvoso mais forte. Em 2015 a NASA (National Aeronautics and Space Administration-Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica) afirmou que o El Niño de 2015-2016 foi um dos mais fortes de todos os tempos.

No Brasil, os efeitos principais relacionados ao El Niño vão desde aumento das temperaturas (Sudeste) e chuvas no Sul, a secas severas no Nordeste. Enquanto que a La Niña provoca a diminuição das temperaturas (Sudeste) e chuvas no Sul, e aumento das chuvas no Nordeste (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005, p. 423-432). Na Região Nordeste do Brasil (NEB), principalmente, na sua porção semiárida, a importância de se conhecer e monitorar esses eventos que provocam grandes anomalias climáticas, devido às irregularidades das chuvas e os problemas de escassez hídrica recorrentes na região.

O NEB está sujeito a forte evaporação durante o período de estiagem (seis a sete meses), causando o aprofundamento dos lençóis freáticos, interferindo assim na alimentação dos rios, já que havendo chuvas, primeiramente se abastece o subterrâneo para posteriormente auxiliar no curso d'água dos rios (AB'SABER, 1990, p. 149-174).

O governo estabeleceu uma política de armazenamento de água, após vários estudos, para suprir à necessidade do homem do semiárido, dando assim início a construção de açudes e barragens para que a população pudesse suprir suas necessidades, tal como irrigação na agricultura, dessedentação animal e uso humano em momentos de escassez hídrica. Houve a partir daí a necessidade de tais construções, com o objetivo de aliviar o sofrimento decorrente da seca, (ANDRIGUETTI, 2003, p. 176; SUASSUNA, 2002, p. 135-148).

Segundo Suassuna (2007, p. 135-148), o Semiárido brasileiro possui em torno de 70 mil açudes com capacidade de armazenamento variando entre 10.000 e 200.000 m<sup>3</sup> (80% dos corpos d'água do Nordeste). Destaca-se que devido à salinização dos açudes, pode haver prejuízo ao agricultor (culturas) e a saúde dos que dela saciam sua sede.

O sistema Curema-Mãe D'Água é constituído do açude Curema (capacidade de 720 hm<sup>3</sup>) e o açude Mãe D'Água (capacidade de 638,7 hm<sup>3</sup>), interligados entre si por um canal adutor, formando assim um único lago. O sistema se localiza nas coordenadas: 7°01' S e 37°59' W, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Piancó, no Sudoeste da Paraíba e tem capacidade em torno de 1,358 bilhões de m<sup>3</sup> de água.

Lima et al. (2007, p. 73-86) alertaram para o fato que o açude de Coremas, como é conhecido o conjunto de açudes Curema-Mãe d'Água, estava próximo ao seu limite de uso e caso continue o uso desenfreado dos recursos advindos do mesmo, a demanda chegaria a não ser mais atendida pela indisponibilidade hídrica e necessitaria de uma política de uso mais eficiente para evitar que o mesmo zerasse seu armazenamento.

O complexo Curema-Mãe d'Água perenizou o rio Piancó beneficiando muitas cidades e comunidades rurais da Paraíba e do Rio Grande do Norte, tanto áreas ribeirinhas quanto municípios mais distantes por meio de adutoras que levam a água a áreas mais distantes, muito importantes para a economia, bem-estar e geração de renda para pequenos e grandes produtores que dependem do manancial para desenvolver suas atividades.

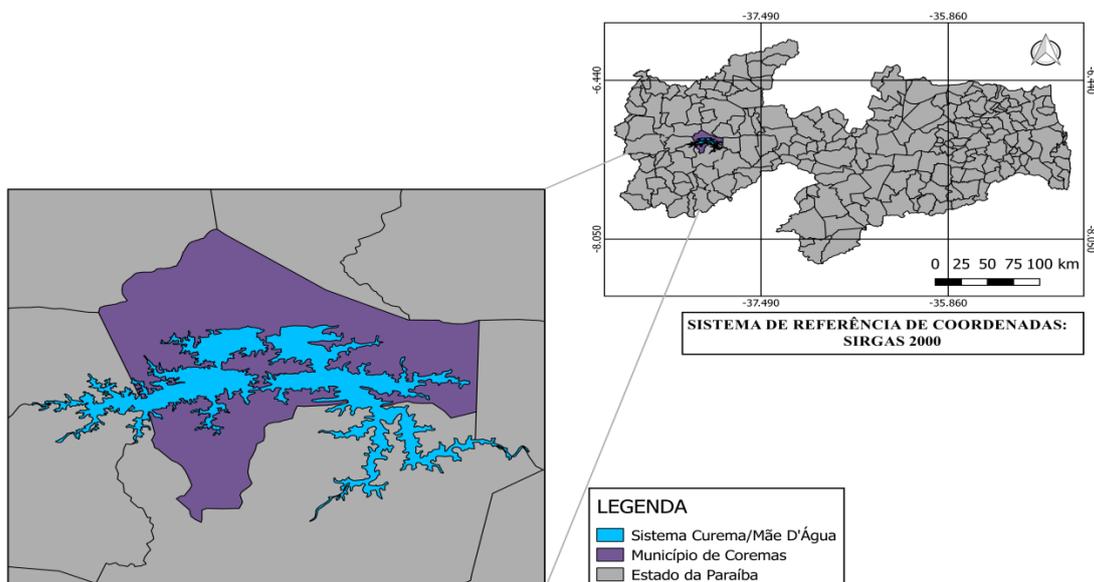
O presente estudo tem como objetivo analisar o impacto da atuação de sistemas climáticos, especificamente o El Niño e a La Niña, na temperatura da superfície terrestre, vegetação e no volume desse importante sistema: os açudes de Curema e o Mãe d'Água nos anos de 2008, 2015 e 2018 utilizando sensoriamento remoto.

## **METODOLOGIA**

O município de Coremas esta situado no sertão paraibano que comporta grande parte do sistema de reservatório Curema-Mãe d'Água, o qual totaliza uma área com 1744,66 Km<sup>2</sup> e é formado pela junção da Barragem Estevam Marinho e Barragem Egberto Carneiro da Cunha, conhecidos respectivamente, como Açudes Curema e Mãe D'Água. O complexo possui coordenadas 7° 01' S e 37°59' W, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Piancó e tem capacidade em torno de 1,358 bilhões de m<sup>3</sup> de água. A capacidade do açude Curema é de 720 hm<sup>3</sup> e do açude Mãe d'Água é de 638,7 hm<sup>3</sup>, interligados entre si por um canal adutor,

formando assim um único lago. Foi utilizando dados fornecidos pelo IBGE 2015 e o software livre Qgis para gerar o mapa de caracterização do município de Coremas-PB, Figura 1.

Figura 1: Localização do município de Coremas



Fonte: Elaborado pelos autores com dados fornecidos pelo IBGE 2015.

Utilizaram-se três imagens disponibilizadas pela USGS (Serviço Geológico Norte Americano) que foram processadas no Qgis, sendo que as imagens do satélite Landsat 5 foram das datas de 01 de novembro de 2008, 21 de novembro de 2015 e 28 de outubro de 2018; do Landsat 8 formaram compiladas três mapas de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e seis imagens de TST (Temperatura da Superfície Terrestre).

Na geração do NDVI para o dia 01 de novembro de 2008 foram utilizadas as bandas 3 e 4 do landsat 5 e as bandas 4 e 5 para as imagens dos dias 21 de novembro de 2015 e 28 de outubro de 2018, usando a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (1)$$

Na qual: NIR é o infravermelho próximo e R é o vermelho.

O TST, em 2008, foi determinado usando a equação (2) que converte números digitais em radiância espectral  $L_{\lambda}$ ,

$$L_{\lambda} = L_{min} + (L_{max} - L_{min}) * \frac{DN}{255} \quad (2)$$

Sendo que:

$L\lambda$  é a radiação de energia espectral;

$L_{min}$  é a radiância espectral de valor de 1.238 de DN 1;

$L_{max}$  é a radiância espectral de valor 15.600 de DN 255;

DN é o Número Digital.

Utilizou-se o valor de  $L\lambda$ , da equação (2), para obter o TST:

$$Tb = K2 / \left( \ln \left( \frac{K1}{L\lambda} \right) + 1 \right) \quad (3)$$

Na qual:

$K1$  é a constante de calibração 607,706 (w/m<sup>2</sup>.sr.um);

$K2$  é a constante de calibração 1260,56 (k);

$Tb = Tb - 273$  (Conversão de Kelvin para Celsius).

Em seguida foram utilizadas as fórmulas abaixo para se determinar os TSTs de 2015 e 2018.

Primeiramente foi calculado o TST sem correção atmosférica para as imagens do Landsat 8, na qual foi transformado números digitais da banda 6 em radiância espectral pela equação (4):

$$L\lambda = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \quad (4)$$

Na qual:

$L\lambda$  é a radiância espectral em (W/m<sup>2</sup>.sr.um)

$Q_{cal}$  é o valor calibrado e quantizado do pixel em nível de cinza;

$Q_{calmax}$  é o valor máximo do pixel em níveis de cinza, onde DN é igual a 255;

$Q_{calmin}$  é o valor mínimo do pixel em níveis de cinza, onde DN é igual a 1;

$L_{max\lambda}$  é a radiância espectral máxima, que equivale a 12.65 (w/m<sup>2</sup>.sr.um);

$L_{min\lambda}$  é a radiância espectral mínima, que equivale a 3.2 (w/m<sup>2</sup>.sr.um).

Em seguida a radiância espectral foi transformada em temperatura usando a equação (5), abaixo.

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln \left( \frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right)} \quad (5)$$

Sendo que:

$T_{sc}$  é a temperatura sem correção atmosférica em graus Kelkin;

$L\lambda$  e a radiância espectral (w/m<sup>2</sup>.sr.um);

$K1$  é a constante de calibração, que equivale a 666.09 (w/m<sup>2</sup>.sr.um);

$K2$  é a constante de calibração, que equivale a 1282.71 (k).

Temperatura esta que foi subtraída por 273 transformando-a de Kelvin para Celsius.

Já para o cálculo das TSTs com correção atmosférica foram calculados os seguintes valores de radiância emitida e recebida e transmissividade utilizando:

$$L_t = \frac{(L_{TOA} - L_u - (1 - \epsilon)L_d)}{\tau \epsilon} \quad (6)$$

Em que:

$L_t$  é a radiância espectral de um alvo negro de temperatura cinética ( $\text{w/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{um}$ );

$\tau$  é a transmissividade da atmosfera;

$L_{TOA}$  é a radiância espectral ( $\text{w/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{um}$ );

$\epsilon$  é a emissividade da superfície terrestre;

$L_u$  é a radiância emitida pela superfície terrestre ( $\text{w/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{um}$ );

$L_d$  é a radiância recebida pela superfície terrestre ( $\text{w/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{um}$ ).

Em seguida foi feito o cálculo da temperatura da superfície terrestre com correção atmosférica através da equação que determina  $T_{sc}$ . No intuito de comparar informações entre dos TSTs com e sem correção atmosférica. Foram feitas conversões digitais da banda 10 em radiância espectral através da equação abaixo:

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (7)$$

Sendo:

$L_\lambda$  é a radiância espectral;

$M_L$  é o fator multiplicativo de rendimento da banda, que equivale a 0.0003342;

$Q_{cal}$  é o valor quantizado e calibrado do pixel em níveis de cinza;

$A_L$  é o fator aditivo de redimensionamento da banda, que equivale a 0.1.

Após a conversão da radiância espectral em temperatura  $T_{sc}$ , onde as constantes térmicas da banda 10 do Landsat 8 foram processadas onde  $K1$  é igual a 777.89  $\text{w/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{um}$  e  $K2$  é 1321.08 K.

Para o cálculo da temperatura da superfície com correção no Landsat 8 foram utilizados os valores obtidos de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície terrestre e a radiância  $L_t$  anteriormente obtida (Equação 6). Em seguida foi realizado o cálculo da temperatura da superfície terrestre.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção do NDVI, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (sigla em inglês Normalized Difference Vegetation Index-NDVI), foi realizada com o intuito de realçar as propriedades da vegetação e permitir uma comparação temporal e espacial das atividades fotossintéticas e das variações estruturais da cobertura, como citado por Huete et al. (2002).

A caatinga apresenta grande heterogeneidade quanto à densidade e porte da sua vegetação. Essa vegetação, segundo Costa e Araujo (2003), possui adaptações evolutivas para sobreviver sobre a sazonalidade e irregularidade das chuvas, como por exemplo: perda das folhas durante a estação seca (economia de energia); ciclo de vida anual das plantas herbáceas (crescem, reproduzem e morrem no período mais úmido, deixando sementes no solo); e possuem metabolismo que conserva a água da planta, ocorrendo às trocas gasosas apenas à noite através da abertura dos estômatos nesse período.

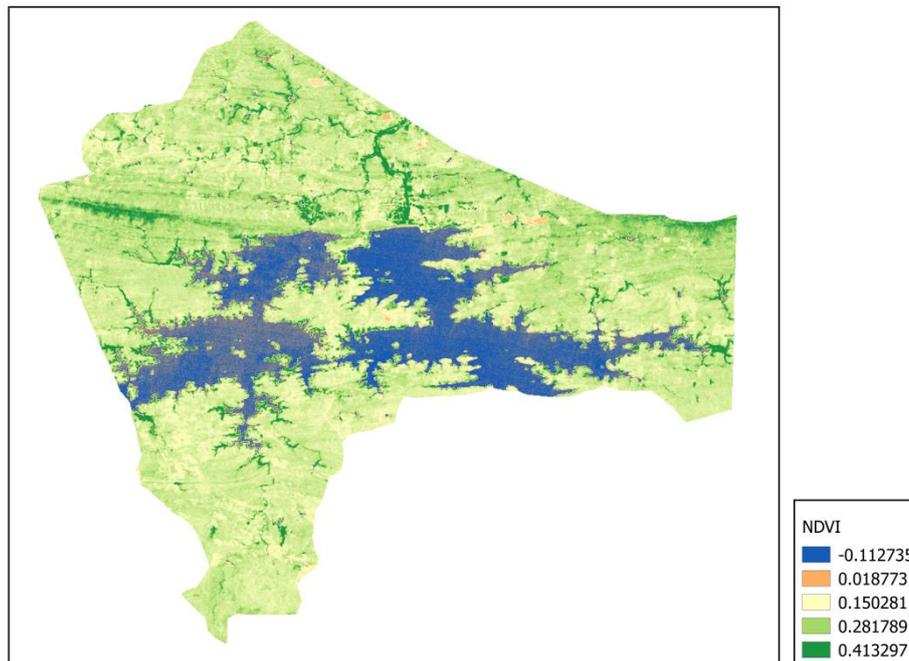
Nas Figuras 2, 3 e 4 estão os valores de NDVI obtidos nos dias 01/11/2008, 21/11/2015 e 28/10/2018, respectivamente. Valores elevados de NDVI indicam a presença de vegetação abundante, enquanto que valores baixos de NDVI indicam presença de áreas urbanas densamente povoadas ou de regiões de solo exposto (ALMEIDA et al., 2015). O ano de 2008 foi um ano chuvoso com a atuação de uma La Niña moderada, percebe-se através da Figura 2, na cor azul, a área da lamina d'água dos açudes, que estavam com um grande volume de água.

Em grande parte do mapa, Figura 2, os valores de NDVI foram de 0,28, indicando pouca vegetação e alguns poucos pontos de solo exposto, principalmente no sul do município com valores de 0,150. Vale ressaltar que o mês de novembro faz parte do período seco, portanto há pouca vegetação e muito solo exposto em grande parte do município. Ming & Liu (2000) concluíram que valores de NDVI maiores que 0,6 estão associados à vegetação extremamente pronunciada.

Esse índice mostrou bem as áreas com vegetação mais pronunciada, provavelmente áreas irrigadas, onde os valores de NDVI foram de 0,41.

Figura 2: NDVI do município de Coremas em 01/11/2008.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 01 DE NOVEMBRO DE 2008

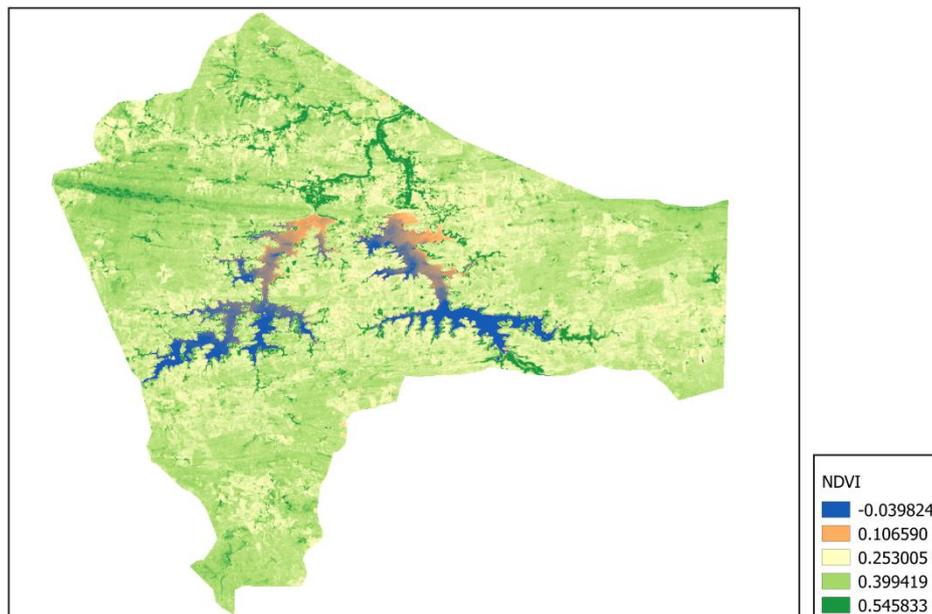


Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 3 observa-se que a lâmina d'água diminuiu consideravelmente em relação ao ano de 2008, pois de agosto de 2015 a julho de 2016 esteve atuando um El Niño forte, sendo que já tinha ocorrido seca resultante de um El Niño moderado de agosto de 2009 a julho de 2010. Segundo Marengo et al. (2016), essa fase do EN intensificou ainda mais a seca que começou em 2012, sendo considerada a mais grave das últimas décadas impactando de diferentes formas o semiárido do NEB. Os déficits nas precipitações, temperaturas altas, menor produtividade vegetal e maior frequência de secas propiciando a degradação ambiental, são alguns dos impactos relacionados. Verificou-se que os valores mínimos e máximos do NDVI para 21/11/2015 foram -0,0398 e 0,545, respectivamente. Os valores de NDVI de 0,106, no leito dos açudes, e muitas áreas com valores de 0,25 em quantidade de áreas maior que na Figura 2, expressando solo exposto. Almeida et al. (2015) comentam que regiões com valores de até 0,289 de NDVI são extremamente pobres em vegetação.

Figura 3: NDVI do município de Coremas em 21/11/2015.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 21 DE NOVEMBRO DE 2015

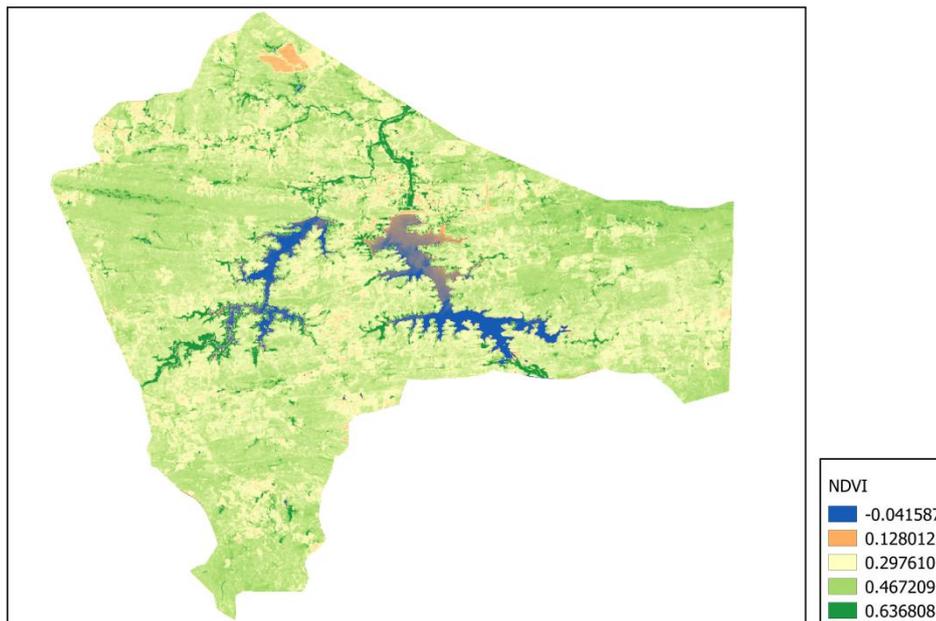


Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 4, correspondente ao dia 28/10/2018, a situação dos reservatórios esta muito mais comprometida, embora esse tenha sido um ano de atuação de uma La Niña fraca, a lâmina d'água superficial, na coloração azul no mapa, esta muito fina comparada as Figuras 2 e 3, inclusive com valores de 0,128 no leito do açude. Valores um pouco maiores que esse foram encontrados por Andrade e Corrêa (2014) na malha urbana de Santarém-PA, valores entre 0,14 e 0,53. Na Figura 4 observa-se que parte do leito do açude apresenta valores de NDVI de 0,63, indicativo de bastante vegetação, isso já é um impacto ambiental, pois indica assoreamento por vegetação.

Figura 4: NDVI do município de Coremas em 28/10/2018.

NDVI DO MUNICÍPIO DE COREMAS-PB NO DIA 28 DE OUTUBRO DE 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas Figuras 5, 6 e 7 observam-se as TSTs com e sem correção atmosférica para o município de Coremas. As imagens de TST da Figura 5, sem correção atmosférica apresentam valores menores do que as imagens TST com correção atmosférica, apresentando maior a diferença quanto maior a TST de até 2,18°C. Nas Figuras 6 e 7, as TST sem correção são maiores do que as TST com correção atmosférica, vale ressaltar que a imagem na qual foram obtidos os mapas de TST de 2008 foi do satélite Landsat 5, e as imagens de 2015 e 2018 são do satélite Landsat 8. Pires e Jr Ferreira (2015) trabalharam com imagens do Landsat 7 e Landsat 8, eles relataram que o Landsat 7 apresentava uma representação mais detalhada da variação de temperatura dos alvos, enquanto que as imagens TST do Landsat 8 apresentavam uma maior generalização dos valores de temperatura dos alvos, associados a que a banda 6 do Landsat 7 possui melhor resolução espacial (60m), do que a banda 10 do Landsat 8 (100m).

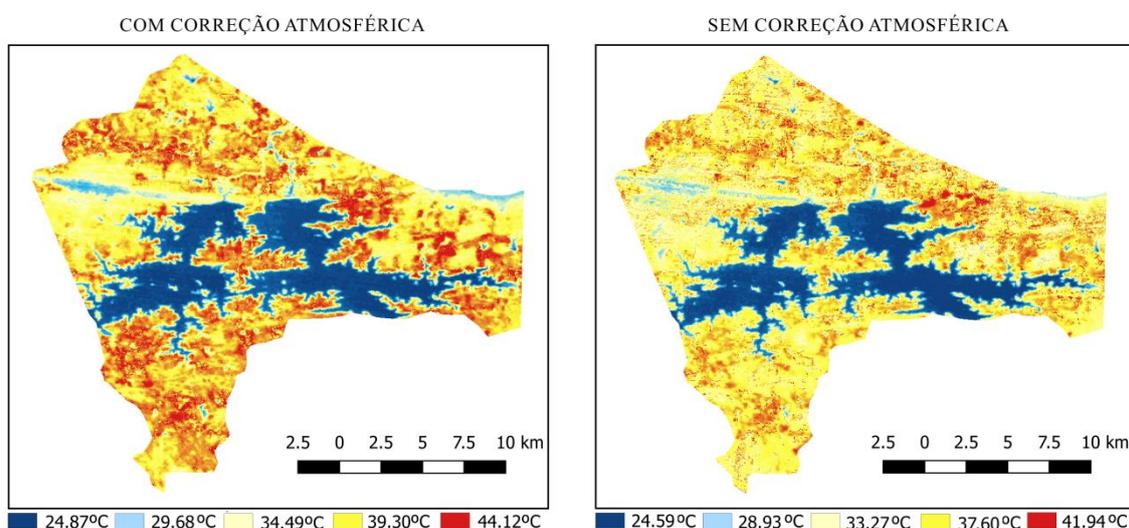
Na Figura 5 pode se observar que as TST sem e com correção para o ano de 2008, mesmo sendo de ano chuvoso, a imagem foi de um mês do final do período seco, a superfície esta bastante quente e com muito solo exposto, como foi visto na Figura 2 de NDVI. Embora Almeida et al. (2015) encontraram fraca correlação entre TST e o NDVI, e relataram que devido a relação de TST e NDVI, que quanto maior a área de cobertura vegetal maior será o valor de NDVI e menor será a TST, as mudanças no uso e cobertura do solo têm impacto indireto sobre a TST e nos valores do NDVI. Furlan, Ballester e Andrade (2011), estimaram o

saldo de radiação e fluxo de calor no solo em diferentes condições antrópicas na bacia do rio Ji-Paraná-RO e concluíram que tanto o saldo de radiação quanto o fluxo de calor no solo são alterados em decorrência da ação antrópica e o aumento de solo exposto.

Nota-se que grande parte da área do município está com temperatura acima dos 37°C e em alguns pontos, áreas de solo exposto às temperaturas ficaram acima dos 41°C.

Figura 5: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 01/11/2008.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 01 DE NOVEMBRO DE 2008



Fonte: Elaborado pelos autores.

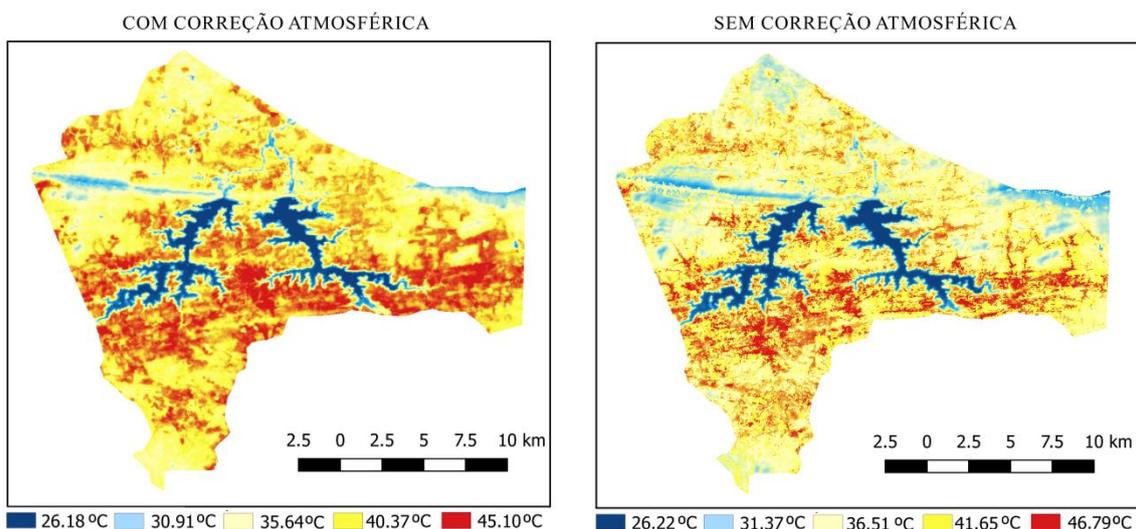
Se compararmos tanto os máximos quanto os mínimos de TST da Figura 5 com os valores das Figuras 6 e 7, que são os anos mais secos, as temperaturas da superfície foram maiores nos anos 2015 e 2018. A amplitude, a diferença entre a máxima e a mínima TST, foi maior na TST com correção atmosférica no ano de 2008 e sem correção atmosférica no ano de 2015. A amplitude com correção atmosférica foi maior que a amplitude sem correção no ano de 2008, Landsat 5, já as amplitudes de TST com correção atmosférica, dos anos de 2015 e 2018, foram menores que a amplitude sem correção atmosférica, Landsat 8.

Comparando apenas as TSTs das Figuras 6 e 7, que foram obtidas pelo mesmo satélite, percebe-se que no ano de 2015 as TST foram maiores, esteve mais quente em superfície. Na Figura 6 observa-se que as áreas com TST máxima são maiores e mais bem definidas no mapa com correção atmosférica. Mesmo não tendo obtido os fluxos de calor sensível e calor latente, espera-se que na superfície que estiver com mais umidade es quente menos, pois pelo balanço de energia grande parte do saldo de radiação será destinado ao fluxo de calor latente e

as superfícies com deficiência hídrica terão o fluxo de calor sensível maior, ou seja esquentarão mais.

Figura 6: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 21/11/2015.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 21 DE NOVEMBRO DE 2015

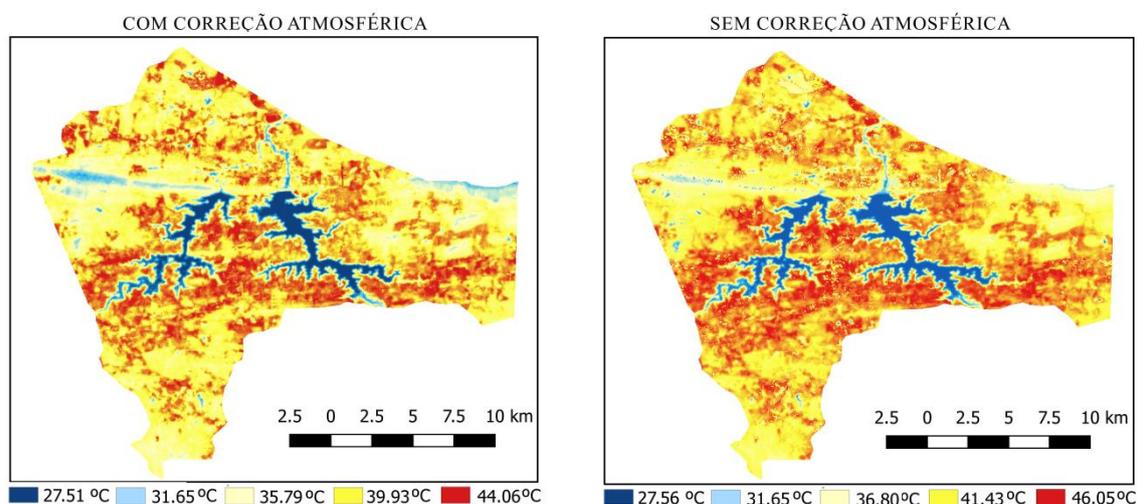


Fonte: Elaborado pelos autores.

O ano de 2018, Figura 7, os mapas de TST com e sem correção atmosférica foram, visualmente, bastante semelhantes. Embora o mapa sem correção mostre mais áreas quentes.

Figura 7: Temperatura da Superfície (com e sem correção atmosférica) do Município de Coremas-PB em 28/10/2018.

TEMPERATURAS DO MUNICÍPIO DE COREMAS NO DIA 28 DE OUTUBRO DE 2018



Fonte: Elaborado pelos autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que o ano de 2008, ano de La Niña moderada, os açudes Curema e Mãe D'Água estavam com sua capacidade máxima, no entanto, a imagem foi obtida no período seco do citado ano, assim há pouca vegetação e as TST foram elevadas.

Em 2015, o El Niño forte teve um grande impacto no volume dos reservatórios, e foi o ano com maior valor de TST máximo sem correção atmosférica.

Em 2018, percebe-se que a atuação da La Niña fraca não foi suficiente para que os açudes atingissem seus volumes máximos, ao contrário se percebe, visualmente através dos mapas de NDVI e TST, que a lâmina d'água está menor que no ano de 2015.

A amplitude de TST com correção atmosférica foi maior em 2008 e sem correção atmosférica a amplitude térmica de TST foi maior no ano de 2015. O ano de 2015 foi um ano seco e apresentou maior valor de TST. Constata-se que a TST com correção atmosférica apresentou um resultado mais coerente com a física do balanço de energia.

Ficou evidente que os açudes estão muito abaixo da capacidade máxima. O sistema Curema-Mãe D'Água é fundamental para a economia e o abastecimento de vários municípios da Paraíba e do Rio Grande do Norte, e por estar inserido em uma região que sofre com secas severas, se faz necessário um monitoramento dos fenômenos climáticos e uma política de uso da água eficiente.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. Floram: Nordeste Seco. **Estudos avançados**, v. 4, n. 9, p. 149-174, 1990.

ALMEIDA, A. D., GUIMARÃES JUNIOR, S. A. M., ANDRADE, E. L., & FERREIRA NETO, J. V. (2015). Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB, p. 2047-2054, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 2015.

ANDRADE, S. C. P., & CORREA, J. A. J. Estimativa do saldo de radiação instantâneo à superfície para a cidade de Santarém-PA, através de imagens do Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 7(4), p. 653-661. 2014.

ANDRIGUETTI, Yná. Nordeste: mito & realidade. São Paulo: Moderna, p.176. 2003.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZENA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, mai. 2005.

COSTA, Rafael Carvalho da and ARAUJO, Francisca Soares de. **Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE.** *Acta Bot. Bras.* [online]. 2003, vol.17, n.2, pp.259-264. ISSN 0102-3306.

FURLAN, Deise Nunes; BALLESTER, Maria Victoria Ramos; ANDRADE, Ricardo Guimarães. Estimativa dos valores de saldo de radiação e fluxo de calor no solo em diferentes condições antrópicas na bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. In: Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, p. 6301-6308, 30 de abril a 05 de maio de 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011.

HASTENRATH, Stefan. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. **Monthly Weather Review.** v.112, p.1097-1107, 1984.

HUETE, A. R.; DIDAN, K; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111.

LIMA, Cícero Aurélio G.; CURI, Wilson F.; CURI, Rosires C. Marco Regulatório para a Gestão do Sistema Curema-Açu e as Disponibilidades Hídricas do Reservatório Curema-Mãe D'Água. RBRH— **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 73-86, 2007.

MARENGO, José Antonio. CUNHA, Ana P. ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, edição comemorativa de 30 anos. INPE, São Paulo - SP, p. 49-54. 2016.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: oficina de Textos, p. 208, 2005.

MING, Tsay Chu; LIU, William Tse Horng. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 11. 2000. Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: CBMET, 2000. Artigos, p. 3843-3849. CD-ROM.

NOBRE, Paul; MELO, Anna Bárbara Coutinho. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climálise.** Publicação on line. p. 1-10. 2001.

NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, Mai/Ago. 1999.

PIRES, E. G., & FERREIRA Jr, L. G. (2015). Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, **Anais** João Pessoa-PB, Brasil, 25, 7421-7428.

SUASSUNA, João. Semi-árido: proposta de convivência com a seca. Recife, v. 23, p. 135-148, jan/dez, 2007.