

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DA REDUÇÃO DAS ÁGUAS DO COMPLEXO CUREMA-MÃE D'ÁGUA

Filipe Tawã Gomes¹
José Diogenes Alves Pereira²
Daniel Sousa Rocha³
César Lincoln Oliveira de Souza⁴
Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira⁵

RESUMO

O semiárido do Nordeste possui grande variabilidade de precipitação e secas históricas, portanto se fazem necessários o monitoramento e gestão eficiente dos recursos hídricos da região. O sistema Curema-Mãe D'Água é de grande importância para a região, perenizando 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. O sensoriamento remoto é uma ferramenta ideal para o conhecimento e monitoramento dos recursos naturais. O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise multitemporal da lâmina d'água dos açudes de Curema e Mãe d'Água para auxiliar na gestão desse recurso hídrico. Foi observado uma diminuição significativa do volume de água do complexo entre os anos de 2008 a 2015.

Palavras-chave: TST, NDVI, Recurso Hídrico, LandSat 8.

INTRODUÇÃO

Grande parte da Região Nordeste Brasileira (NEB) apresenta clima semiárido, devido a questões climática, hídrica e fitogeográfica, tendo como características principais os níveis de umidade relativamente baixos, pouca incidência de chuvas, secas prolongadas, solo de difícil manejo devido à soma de todos esses fatores (NORDESTE, 1999).

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). 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

¹ Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, filipetawa@gmail.com;

² Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, diogenes_753@hotmail.com;

³ Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, daniel.sdrufcg@gmail.com;

⁴ Mestrando do Curso de Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, cesarlincoln_pb@hotmail.com;

⁵ Professora orientadora: Doutora em Meteorologia/Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, virginia.fbnogueira@email.com.

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; NOBRE e MELO, 2001).

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).

Após vários estudos, o governo estabeleceu uma política de armazenamento de água 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; SUASSUNA, 2002, p. 5).

Segundo Suassuna (2002), o Semiárido brasileiro possui em torno de 70 mil açudes com capacidade de armazenamento variando entre 10.000 e 200.000 m³ (80% dos corpos d'água do Nordeste). Vale ressaltar que devido à salinização dos açudes, pode haver prejuízo ao agricultor (culturas) e a saúde dos que dela saciam sua sede.

LIMA et al. (2000) 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 continuasse 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 secasse.

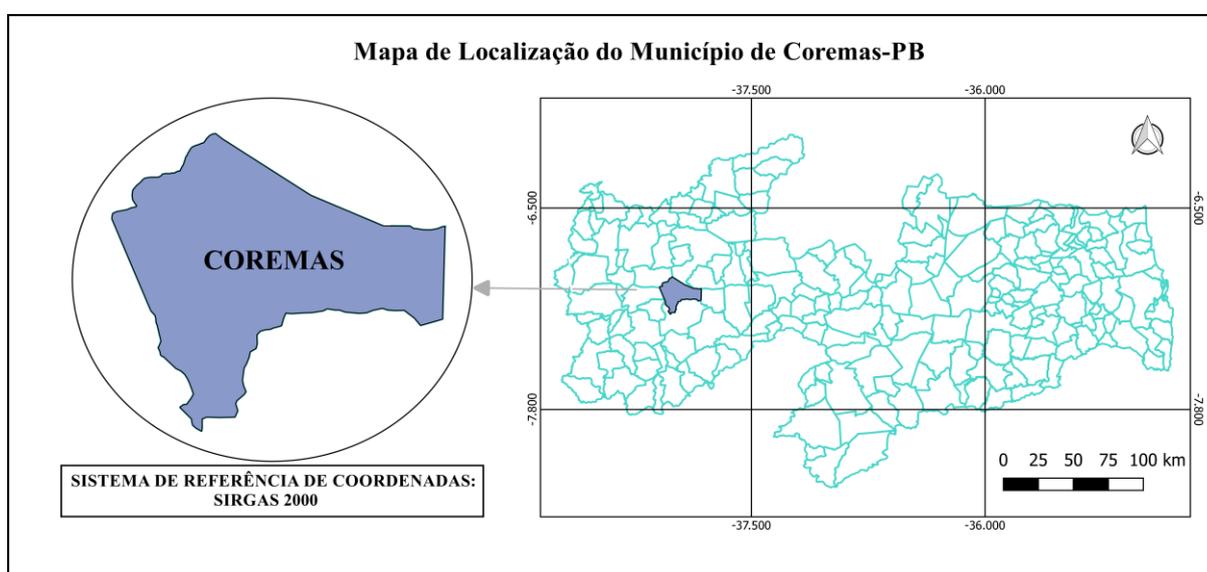
O complexo Curema-Mãe d'Água perenizou o rio Piancó beneficiando muitas cidades e comunidades rurais da Paraíba e do Rio Grande do Norte, tanto áreas ribeirinhas quanto municípios mais distantes por meio de adutoras que levam a água a áreas mais distantes, muito importantes para a economia, bem-estar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

O presente estudo tem como objetivo utilizar sensoriamento remoto para realizar uma análise multitemporal da lâmina d'água dos açudes de Curema e Mãe d'Água nos anos de 2008, 2009, 2011 e 2015, expondo através das imagens a diminuição do volume de água no ano de 2015, além de obter a temperatura da superfície da terra com e sem correção atmosférica no ano seco de 2015.

METODOLOGIA

O município de Coremas possuiu uma população de 15.149 habitantes, segundo o último censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) gerando uma densidade populacional de 39,92 hab/km² no ano de 2010, no foi estimado que em 2019 essa população seja de 15.445 habitantes. Na Figura 1, pode-se observar o mapa de localização do município de Coremas-PB, que está localizado no sertão da Paraíba.

Figura 1: Mapa Localização do Município de Coremas - PB



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

Utilizou-se o software livre Qgis e dados em Shapefile de 2015 disponibilizados pelo IBGE para criar o mapa de localização do município de Coremas no estado da Paraíba.

O sistema Curema-Mãe d'Água 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 m³ de água. O sistema é constituído do açude Curema (capacidade de 720 hm³) e o açude Mãe d'Água (capacidade de 638,7 hm³), interligados entre si por um canal adutor, formando assim um único lago.

Foram utilizadas três imagens do software livre Google Earth Pro, com um recorte das imediações do município de Coremas-PB nas datas de 30/11/2009, 30/11/2011 e 30/11/2015. As imagens foram compiladas para formarem uma única figura que evidência uma condição multitemporal de como os açudes de Curema e de Mãe d'Água se encontravam nesses anos. Sendo possível observar as condições e particularidades que estes mananciais detinham em

cada ano citado neste estudo. Foi compilada também uma imagem dos açudes em 30/11/2008, um ano que foi bastante chuvoso.

Posteriormente utilizando o software livre Qgis e imagens de satélite LandSat 8 da USGS (Serviço Geológico Norte Americano) para a obtenção do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), a temperatura da superfície terrestre, com e sem correção atmosférica; a transmissividade atmosférica, a emissão da superfície e a radiância espectral.

O NDVI foi obtido nas datas supracitadas, que expressa à vegetação e sua disposição na região utilizando a seguinte equação (1):

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

na qual:

NIR é a banda correspondente infravermelho e Red é a banda correspondente ao vermelho.

A temperatura da superfície terrestre foi estimada, obtendo dois mapas termais, um que expressa à temperatura da superfície sem correção atmosférica e outro com correção atmosférica do município de Coremas-PB.

A equação (2) faz a conversão dos níveis de cinza em radiância espectral (L_λ):

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{Max\lambda} - L_{Min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{Min\lambda} \quad (2)$$

Em que:

L_λ é a radiância espectral em ($w/m^2.sr.um$); 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 ($w/m^2.sr.um$); $L_{min\lambda}$ é a radiância espectral mínima, que equivale a 3.2 ($w/m^2.sr.um$).

Em seguida a radiância espectral acima determinada foi convertida para Temperatura da Superfície Terrestre (TST) sem correção atmosférica:

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (3)$$

Na qual:

T_{sc} é a temperatura sem correção atmosférica em graus Kelkin; L_λ e a radiância espectral ($w/m^2.sr.um$); K_1 é a constante de calibração, que equivale a 666.09 ($w/m^2.sr.um$); K_2 é a constante de calibração, que equivale a 1282.71 (k).

Para o cálculo da temperatura de superfície com correção atmosférica foram calculadas a transmissividade atmosférica, emissão da superfície utilizando a equação (4):

$$L_t = \frac{(L_{TOA} - L_u - (1 - \epsilon)L_d)}{\tau\epsilon} \quad (4)$$

Em que:

L_t é a radiância espectral de um alvo negro de temperatura cinética ($w/m^2.sr.um$); τ é a transmissividade da atmosfera; L_{TOA} é a radiância espectral ($w/m^2.sr.um$); ϵ é a emissividade da superfície terrestre; L_u é a radiância emitida pela superfície terrestre ($w/m^2.sr.um$); L_d é a radiância recebida pela superfície terrestre ($w/m^2.sr.um$).

Com base no geoprocessamento destas equações acima foi gerado o mapa de temperatura da superfície terrestre com correção atmosférica, bem como estes cálculos foram feitos com conversão dos níveis de cinza da banda 10 através da fórmula (5) abaixo:

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (5)$$

na qual:

L_λ 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.

Na qual a radiância é convertida em temperatura e as constantes térmicas da banda 10 foram utilizadas para tal, sendo que K_1 equivale a 774.89 ($w/m^2.sr.um$) e K_2 equivale a 1321.08 k, onde e ambas as operações ao resultado final foi subtraído o valor de 273.15 para que assim os valores expressos nas escalas da figura se encontrassem em graus célsius ($^{\circ}C$).

Utilizando a imagem de TST com correção atmosférica do município de Coremas, foi estimada a área em m^2 , km^2 e em hectares dos açudes de Coremas e Mãe d'Água em 05/11/2015 utilizando o Qgis.

DESENVOLVIMENTO.

O crescimento populacional e o desenvolvimento da sociedade demandam um aumento no consumo de água. Segundo o IBGE (2010), 84% da população do Brasil vivem em áreas urbanas, o que provoca um aumento do consumo de água e produção de esgotos domésticos.

No semiárido brasileiro há incertezas na reposição de água dos reservatórios, devido à grande variabilidade da precipitação e as secas prolongadas, prejudicando a oferta em quantidade e qualidade adequadas aos usos a que se pretende destiná-la. Estudos sobre as condições de disponibilidade e consumo apontam que há deficiência de recursos hídricos em boa parte do país, principalmente no semiárido nordestino devido aos motivos supracitados. (SOUSA et al., 2014, p. 84-94).

O sistema Curema-Mãe D'Água é formado por dois açudes, que quando estão em seu nível máximo apresentam uma única lâmina d'água. O complexo Curema-Mãe D'Água tem capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m³. O sistema é responsável por perenizar a vazão do rio Piancó Piranhas Açu no trecho entre os reservatórios Curema-Mãe D'Água, na Paraíba, e Aramando Ribeiro Golçalves, no estado do Rio Grande do norte (AESAs, 2015).

O regime hidrológico da bacia de drenagem do sistema Curema-Mãe D'Água sofre fortes variações decorrentes das condições climáticas do semiárido, que se caracteriza por curto período chuvoso e secas frequentes que implicam nas variações de vazões, na qualidade da água e da quantidade de sedimentos resultantes do escoamento dos volumes de água superficiais (NOBREGA, 2016, p. 14-16).

A importância do complexo Curema-Mãe D'Água pode ser avaliada através da perenização do rio Piancó que é responsável pelo abastecimento urbano e rural, garantindo a sustentabilidade hídrica das atividades agropecuárias e agroindustriais da região. Associado a esse rio há três sistemas de captação e adução da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) que possibilita o abastecimento público de 17 municípios (LIMA e CURI, 2006, p. 63-71). Assim, o monitoramento dos reservatórios Curema e Mãe D'Água são essenciais para garantir a gestão da unidade de planejamento hidrológico da qual o sistema faz parte.

Segundo da Ideião et al. (2009) a utilização de Geotecnologias proporcionam mais clareza e auxilia no entendimento e na identificação e espacialização dos problemas. Dessa forma o sensoriamento remoto é uma ferramenta ideal para o conhecimento e monitoramento dos recursos naturais.

A obtenção da temperatura da superfície terrestre através de sensores de satélite tem sido utilizada por vários pesquisadores, pois é um importante parâmetro em muitos modelos ambientais (SOUZA e SILVA, 2005, p. 349-358).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Coremas se encontra no médio sertão do estado da Paraíba, detentor de características intrínsecas da região Nordeste, o que implica em altas temperaturas e baixos índices pluviométricos, que direta e indiretamente afetam diversas populações que se encontram nessas localidades e que dependem dos reservatórios de água do município de Coremas. Os reservatórios de Coremas favorecem não somente aos habitantes dessa cidade,

Observando o Gráfico 1 é possível constatar a redução do volume útil do complexo Curemas-Mãe D'Água, esse gráfico foi retirado da página da AESA, embora não esteja completo constata-se que em 2010 o volume observado do Curemas-Mãe D'Água se encontrava entre 1 milhão de metros cúbicos de água e 1,250 metros cúbicos de água, já próximo entre os anos de 2012 e 2013 esse volume observado se encontrava entre 500 e 750 milhões de metros cúbicos, ou seja de 2010 a meados de 2012 aconteceu uma redução de mais de 50% do volume dos açudes.

Gráfico 1: Evolução do volume armazenado de Curema-Mãe D'Água



Fonte: AESA, DNOCS e CAGEPA.

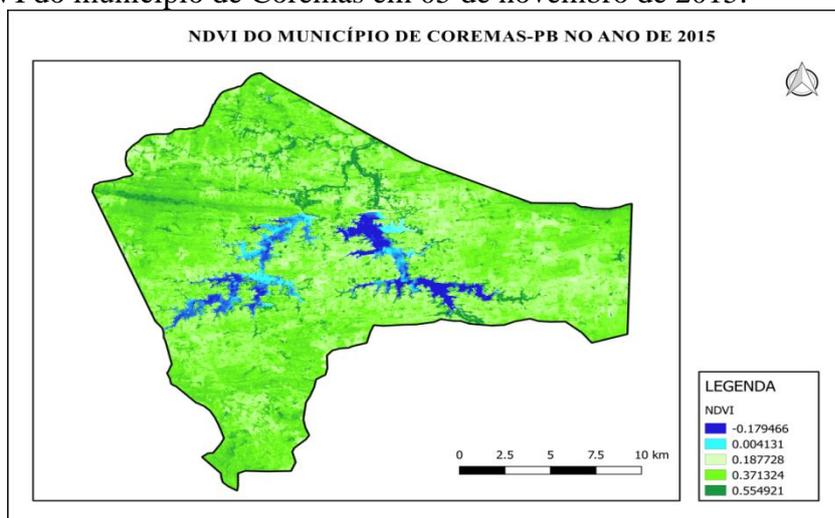
Como só é possível fazer gestão com informação, utilizando a vegetação como uma aliada na perspectiva que a mesma diminuiu a evaporação, além de deter uma ação ciliar protegendo o manancial de assoreamentos que ocasionam na diminuição do seu volume útil, abaixo na Figura 4 observa-se o NDVI do município de Coremas em 05 de novembro de 2015.

O NDVI apontou valores de -0.179466 a 0.554921 evidenciando características endêmicas da Caatinga dentro do município de Coremas, as ramificações dos mananciais que diminuíram conforme a redução do volume e que a vegetação começou a tomar áreas úmidas, que anteriormente estavam submersas. Confirma-se essa afirmação pelas áreas mais verdes próximas as extremidades do complexo Curemas-Mãe d'Água.

Observando o mapa na área ocupada por água, se tem o tom de azul claro que indica que tinha vegetação se desenvolvendo nas áreas do interior e superfície de ambos os mananciais, desenvolvimento este ocasionado possivelmente pelo excesso de nutrientes que anteriormente eram mais diluídos pelo maior volume, ou mesmo pela umidade do solo. Despertando assim, um olhar mais atencioso, pois esta situação de vegetação em corpos

hídricos é um indicador de um possível processo inicial de eutrofização e como estes mananciais são utilizados para diversos fins e por diversos municípios, os mesmos devem garantir sua qualidade da água. As áreas com valores 0,18 e 0,37 de NDVI são áreas de solo exposto, com pouca vegetação, que estão por quase todo o mapa. Esse mapa auxilia na identificação de solo exposto e indica vegetação no leito dos açudes.

Figura 4: NDVI do município de Coremas em 05 de novembro de 2015.



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

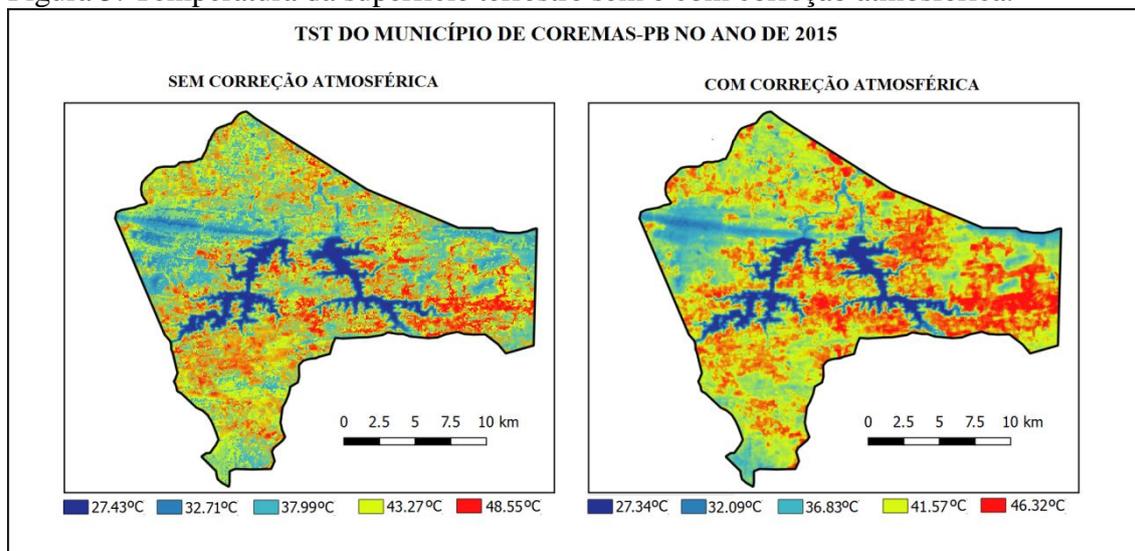
Assim como a vegetação implica na preservação e na degradação de um manancial a temperatura da superfície evidencia características morfoclimáticas de uma região. Segue abaixo o a temperatura da superfície terrestre sem e com correção atmosférica do município de Coremas no dia 05 de novembro de 2015.

Os mapas da Figura (5) expressam às temperaturas da superfície, nas quais as áreas mais vegetadas e com água possuem as menores temperaturas superficiais, e em os lugares com cores mais avermelhados onde as temperaturas mais elevadas. Por diversidades sejam elas do relevo, da vegetação e/ou da área ocupada pelos mananciais o território municipal de Coremas de 379,5 km², apresentou uma faixa de temperaturas da superfície que variou de 27,4°C a 48,5°C nas imagens sem e com correção atmosférica.

Por motivos endêmicos da localidade assim como antrópicos, áreas de solo exposto além de serem sujeitas a altas temperaturas, podem se degradar ao ponto de serem erodidas e os sedimentos serem depositos no complexo Coremas-Mãe d'Água, diminuindo seu volume útil. No cenário onde um recurso hídrico é vital para a manutenção da vida, da natureza e das sociedades que dele dependem, proteger este território assim como todas as áreas circunvizinhas é indispensável.

Percebe-se que a imagem sem correção apresentou temperatura máxima maior que a imagem com correção. O mapa com correção apresenta mais áreas vermelhas, com valores máximos de TST, percebe-se que a diferença de temperatura entre as áreas dos mapas com e sem correção são de até 2°C não áreas mais quentes. Pavão (2016) mostrou em seu trabalho que a TST corrigida foi em média 15% superior a TST não corrigida, e concluiu que a variabilidade entre os valores de temperatura superficial corrigida e não corrigida pode estar relacionado às condições de temperatura e umidade da atmosfera local.

Figura 5: Temperatura da superfície terrestre sem e com correção atmosférica.



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

Foram calculadas as áreas dos açudes dentro do município de Coremas expressada em tom azul, na Tabela 1 se tem os seguintes valores de área, que as águas do complexo ocuparam no município em 2015.

Tabela 1: Áreas dos Açudes Curema e Mãe D'Água ano 2015.

Áreas Calculadas dos Açudes Curema-Mãe D'Água			
Mãe d'Água		Curema	
Área		Área	
m ²	20761828,8	m ²	19232544,18
km ²	20,762	km ²	19,233
ha	2076,183	ha	1923,254

Entendendo assim que no dia 05 de novembro de 2015 o açude de Mãe d'Água ocupava uma área maior no município de Coremas que o açude de Curemas, dado importante, já que em profundidade o açude de Mãe d'Água é maior que o de Curemas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatado que o volume e as áreas do complexo Curema-Mãe d'Água foram gradualmente diminuindo dos anos de 2008 até 2015, o ano de 2008 foi notadamente o ano mais chuvoso. No ano de 2015 o sistema já se encontrava com uma contenção em metros cúbicos inferior a 50% do seu armazenamento. O impacto visual que os mapas causam é importante para despertar a comunidade para um consumo de água consciente e para alertar aos órgãos competentes que estes devem continuar monitorando e realizando uma gestão ativa desse recurso.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz. Floram: Nordeste Seco. **Estudos avançados**, v. 4, n. 9, p. 149-174, 1990.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib et al. Dossiê nordeste seco. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 1999, 1999.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=9654/>. Acesso em: 05/08/2019.
- ALMEIDA, A. J. P, JUNIOR, S. A. M. G., ANDRADE, E. L., NETO, J. V. F. Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.
- HASTENRATH, S., 1984: Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1097-1107.
- IDEIÃO, S. M. A., CUNHA, J. E. B. L., RUFINO, I. A. A., SILVA, B. B. Determinação da temperatura de superfície o estado da Paraíba a partir de imagens LADSAT 5 –tm. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008. p. 000-000.
- 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, C. A. G (2004). Análise e Sugestão para Diretrizes de Uso das Disponibilidades Hídricas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, Localizada no Estado da Paraíba. Tese de Doutorado. UFCG, Campina Grande – PB. 274p.

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.

MELO, Josandra Araújo Barreto; PEREIRA, Ronildo Alcântara; NETO, José Dantas. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. Qualitas Revista Eletrônica, v. 8, n. 2, 2009.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.

MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semi-Árido. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2007.

NOBRE, Paulo; MELO, ABC de. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanálise**, ano, v. 2, 2001.

NOBREGA, M. D. A. C. Domínio das águas no trecho perenizado do rio Piancó pelos reservatórios Coremas e Mãe D'Água: estudo de caso. 2016. 71 f. Dissertação (Ciências e Tecnologia Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB. 2016.

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. JUNIOR, L. G. F. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. Anais. São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7421-7428. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://urlib.net/8JMKD-3MGP6W34M/3JJLLP2>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

SOUZA, J. D. DE, SILVA, B. B. DA. "Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5." Revista Brasileira de Geofísica 23.4 (2005): 349-358.

SOUSA, T. M. I., FERREIRA, P. M. L., GARRIDO, J. W. A., QUEIROZ, M. M. F., SILVA, F. M. Qualidade ambiental da bacia do Rio Piancó Piranhas Açu Environmental quality of river basin Piancó Piranhas Açu. Revista Verde de groecologia e Desenvolvimento Sustentável, v 9, n. 4 , p. 84-94, out-dez, 2014.

USGS (Serviço Geológico Americano). Disponível no site:<https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05/07/2019.