

## MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DA LAGOA DO SOBRADINHO EM LUÍS CORREIA - PI

Núbia Araújo Sena (\*), Marcos Pereira da Silva

\*Instituto Federal do Piauí, nubia.sena@live.com

### RESUMO

Lagoas são depressões preenchidas por água, conhecidas como ambientes lacustres, que caracterizam-se por apresentarem água relativamente tranquila e localizam-se, sobretudo, no interior do continente. O objetivo deste trabalho é analisar o uso do Sensoriamento Remoto como ferramenta de monitoramento da Lagoa do Sobradinho em Luís Correia no Piauí, em um intervalo de tempo de trinta e cinco anos, através da aplicação do Índice de Água por Diferença Normalizada – NDWI. A metodologia utilizada consistiu de aquisição, tratamento e processamento digital de imagens dos satélites Landsat 1, 5, 7 e 8. Os resultados mostraram que a lagoa teve diminuição do espelho d'água a cada ano até o ano de 2005 e no ano de 2010, teve um ganho de +2,85 km<sup>2</sup> de área em relação ao ano de 2005. No ano de 2015, teve uma redução acentuada -4,02 km<sup>2</sup> comparado com o último ano de referência (2010) e é o ano de monitoramento que chama mais atenção, pois foi o ano de maior redução do espelho d'água, ano este em que foi muito comentado em jornais locais o estado crítico da lagoa. Mas no ano de 2020, a lagoa teve um ganho de área de +2,65 km<sup>2</sup> em comparação com 2015. Conclui-se que, a aplicação do Índice de Água por Diferença Normalizada – NDWI apresentou resultados satisfatórios, pois viabilizou a espacialização do perímetro da lagoa, apresentando os seus devidos avanços e recuos em cada ano, com sua dinamicidade vinculada ao relevo e condições climáticas locais da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Massas d'Água. Monitoramento Ambiental. Sensoriamento Remoto. NDWI.

### INTRODUÇÃO

A água é um bem natural, essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos. Com o crescimento populacional nas últimas décadas, a água tem sido palco de estudos científico e recebeu cada vez mais atenção por parte dos gestores, em decorrência da produção das variadas formas de degradação e poluição dos recursos hídricos, o que gera inúmeros problemas de disponibilidade e até mesmo escassez em muitos locais do país.

Lagoas são depressões preenchidas por água, podendo ser de água doce (originada de rios) ou de água salina (originada do mar). Esse ambientes são conhecidos como lacustres, que caracterizam-se por apresentarem água relativamente tranquila, e localizam-se, sobretudo, no interior do continente (SUGUIO, 2003).

Ao longo da zona costeira do Brasil, são encontrados diversos sistemas lacustres que apresentam diferentes características quanto à área, formato, orientação em relação à linha de costa, propriedades hidroquímicas e produtividade biológica. Os ambientes lacustres são considerados como integradores dos processos geológicos, climáticos e ecológicos que ocorrem em determinado local (PBMC, 2014).

Os recursos hídricos da zona costeira do Piauí, correspondem a um conjunto de mananciais formado por bacias hidrográficas com lagoas e lagos que ocupam extensas áreas, porém ainda pouco estudados (MESQUITA, 2017). Esse sistema lagunar ocupa 2,42% da zona costeira com uma área total de 28,7 km<sup>2</sup>, com destaque para as lagoas fluviais do Portinho e do Sobradinho (CAVALCANTI, 2000).

A Lagoa do Sobradinho é, de acordo com Baptista (et al, 2016a), de água salina em decorrência de sua origem residual e seu principal uso é lazer e pesca artesanal. Em períodos secos, a água fica com a taxa de sal mais concentrada e em período chuvoso, essa salinidade diminui naturalmente com a recarga de águas pluviais e dessa forma, a água torna-se salobra.

O litoral piauiense possui apenas 67,32 km de extensão (IBGE, 2018), mas nele se encontra uma variedade de atrativos naturais como: praias, dunas, rios, lagoas, mangues, rica fauna e flora, com destaque para sua singularidade e representatividade através do Delta do Parnaíba, torna-se relevante conhecer e monitorar esses recursos, como forma de se ter diagnóstico da realidade, o que é fundamental às alternativas de uso sustentável do ambiente litorâneo do Piauí (MARTINS FILHO, 2013).

A complexidade estrutural e funcional das lagoas costeiras tem sido objeto de estudo de diversos programas e projetos de pesquisa científica. A necessidade de se melhorar a compreensão sobre a dinâmica dos processos geomorfológicos, físicos, químicos, biológicos e ecológicos é essencial para se subsidiar as estratégias de gestão desses ecossistemas aquáticos, principalmente em decorrência de pressões ambientais impostas pelas atividades humanas (PBMC, 2014).

O Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento têm se tornado ferramentas de extrema relevância no que se diz respeito a estudos voltados a aquisição de áreas, análise e monitoramento dos impactos ambientais. Essas tecnologias facilitam a coleta, o gerenciamento e a visualização espacial e temporal de dados relevantes, melhorando significativamente os diagnósticos ambientais (SILVA et al, 2018).

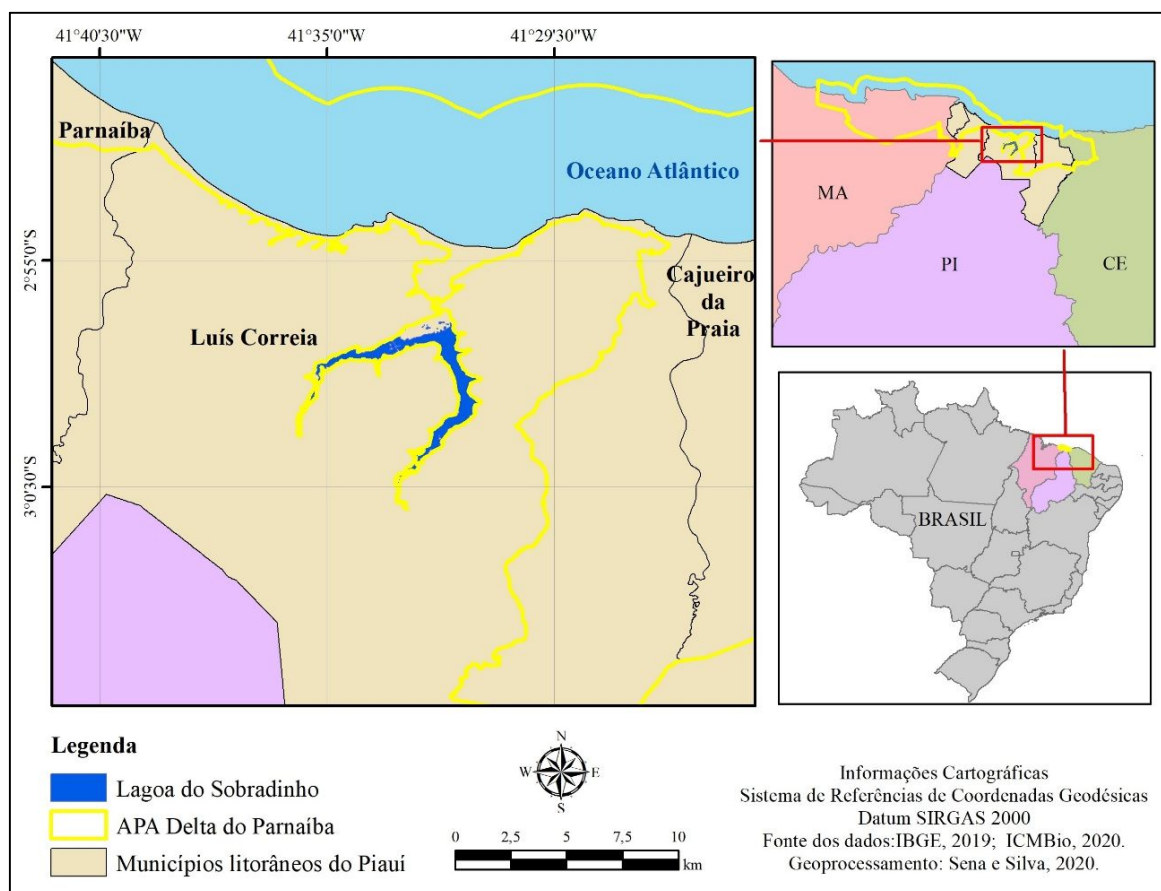
Dessa forma, é importante e necessário o monitoramento da área de um corpo d'água, pois a partir deste estudo, é possível gerar insumos para o planejamento e a gestão de recursos hídricos, garantindo assim, acesso aos diferentes usos da água, bem como o correto manejo para sua manutenção em prol do bem estar ambiental.

## OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o uso do Sensoriamento Remoto como ferramenta de monitoramento da Lagoa do Sobradinho em Luís Correia no Piauí, em um intervalo de tempo de trinta e cinco anos, através da aplicação do Índice de Água por Diferença Normalizada – NDWI.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa do Sobradinho está localizada no município de Luís Correia, que por sua vez, é um dos quatro municípios costeiros do litoral piauiense. A faixa litorânea piauiense se insere na Área de Proteção Ambiental - APA Delta do Parnaíba, Unidade de Conservação federal criada em 1996 (IBAMA, 1998). Em junho de 2018, houve alteração dos limites estabelecidos para APA onde a Lagoa do Sobradinho foi inserida na nova delimitação, conforme mostra a Figura 1..



**Figura 1: Mapa de localização da Lagoa do Sobradinho. Fonte: Sena e Silva, 2020.**

A APA Delta do Parnaíba possui uma área de 311.731,42 hectares, e o município de Luís Correia abrange uma área de 158,60 km<sup>2</sup> dentro da APA, representando um percentual de 14,72% (ICMBio, 2020).

De acordo com Baptista (et al, 2016a) a Lagoa do Sobradinho é de origem residual ou reliquiar, ou seja, é formada de transgressão e regressão marinha (SUGUIO, 2003) e em razão de sua origem, sua água é salgada e salobra, dependendo do período climático local (BAPTISTA et al, 2016a). Cavalcanti (2000) afirma que a lagoa é fluvial, pois existe um riacho que a alimenta e por conta disso, é considerada um ambiente flúvio-lacustre para outros autores.

Sobre seus aspectos físicos-naturais, a Lagoa do Sobradinho é um embasamento geológico da Formação Barreiras, sua feição geomorfológica é planície flúvio-marinha, com presença de dunas móveis, e ainda possui biodiversidade incluindo aves e peixes, vegetação de médio porte nas margens e em bancos de areia dentro da lagoa (BAPTISTA et al, 2016b).

## METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, primeiramente, foram adquiridas imagens do satélite Landsat 1, Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020, disponibilizada gratuitamente no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

O segundo passo metodológico foi a correção geométrica das imagens, utilizando o Sistema de Informação Geográfica – SIG Qgis (software livre), versão 3.4.15, utilizando a reprojeção das camadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000.

As imagens utilizadas para a aplicação do cálculo do Índice de Água por Diferença Normalizada – NDWI foram as bandas 4 (verde) e 6 (infravermelho próximo) do satélite Landsat 1, bandas 2 (verde) e 4 (infravermelho próximo) Landsat 5 e 7, e bandas 3 (verde) e 5 (infravermelho próximo) do satélite Landsat 8. As informações das respectivas bandas estão expostas na Tabela 1.

**Tabela 1. Características das bandas utilizadas dos satélites Landsat. Fonte: INPE, 2020.**

SATÉLITE	BANDA	SENSOR	RESOLUÇÃO ESPACIAL	INTERVALO ESPECTRAL
Landsat 1	4	MSS	80 m	0,5 a 0,6 $\mu\text{m}$
Landsat 1	6	MSS	80 m	0,7 a 0,8 $\mu\text{m}$
Landsat 5	2	MSS/TM	30 m	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$
Landsat 5	4	MSS/TM	30 m	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$
Landsat 7	2	TM <sup>+</sup>	30 m	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$
Landsat 7	4	TM <sup>+</sup>	30 m	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$
Landsat 8	3	OLI	30 m	0,53 - 0,59 $\mu\text{m}$
Landsat 8	5	OLI	30 m	0,85 - 0,88 $\mu\text{m}$

A banda verde apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade e boa penetração em corpos de água. Na banda do infravermelho próximo, os corpos de água absorvem muita energia e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento dos mesmos (INPE, 2020).

O próximo passo foi a aplicação do NDWI, método que permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos. De acordo com Mc Feeters (1996), este índice segue o mesmo raciocínio e operações de bandas do índice de diferença normalizada da vegetação. A fórmula pode ser vista na equação 1.

$$\text{NDWI} = (\text{V} - \text{NIR}) / (\text{V} + \text{NIR}) \quad \text{equação (1)}$$

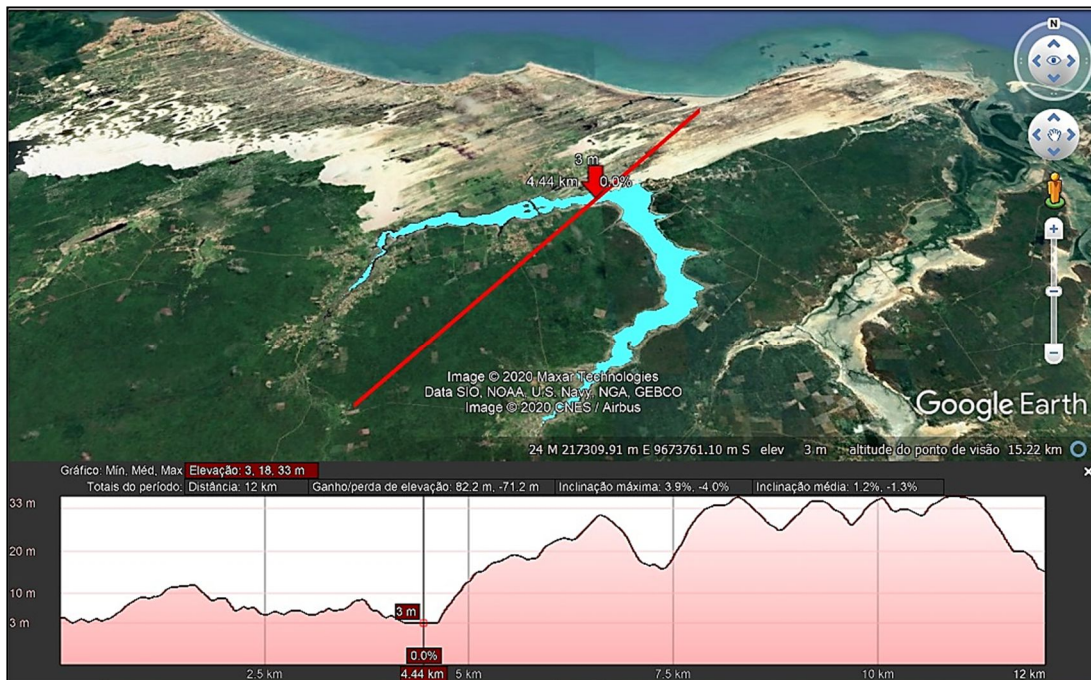
Onde V é a banda do verde e NIR é a banda do infravermelho próximo. Os valores obtidos do índice podem variar de -1 a 1. McFeeters (1996) definiu zero como o limiar, isto é, o tipo de cobertura é a água se  $\text{NDWI} \geq 0$  e é não água se  $\text{NDWI} \leq 0$  (BRUBASCHER e GUASSELLI, 2013).

Feitos os cálculos de NDWI para os oito anos escolhidos, foi criada uma condição para que sejam apresentados só as áreas que tem água, utilizando “value > 0” e depois foram calculados área e perímetro.

## RESULTADOS

A Figura 2 mostra o perfil topográfico da Lagoa do Sobradinho, realizado do software Google Earth Pro. Nota-se que na área da lagoa, a elevação é de 3 metros, logo, uma área de depressão. De acordo com Pereira e Morais (2015) a baixa

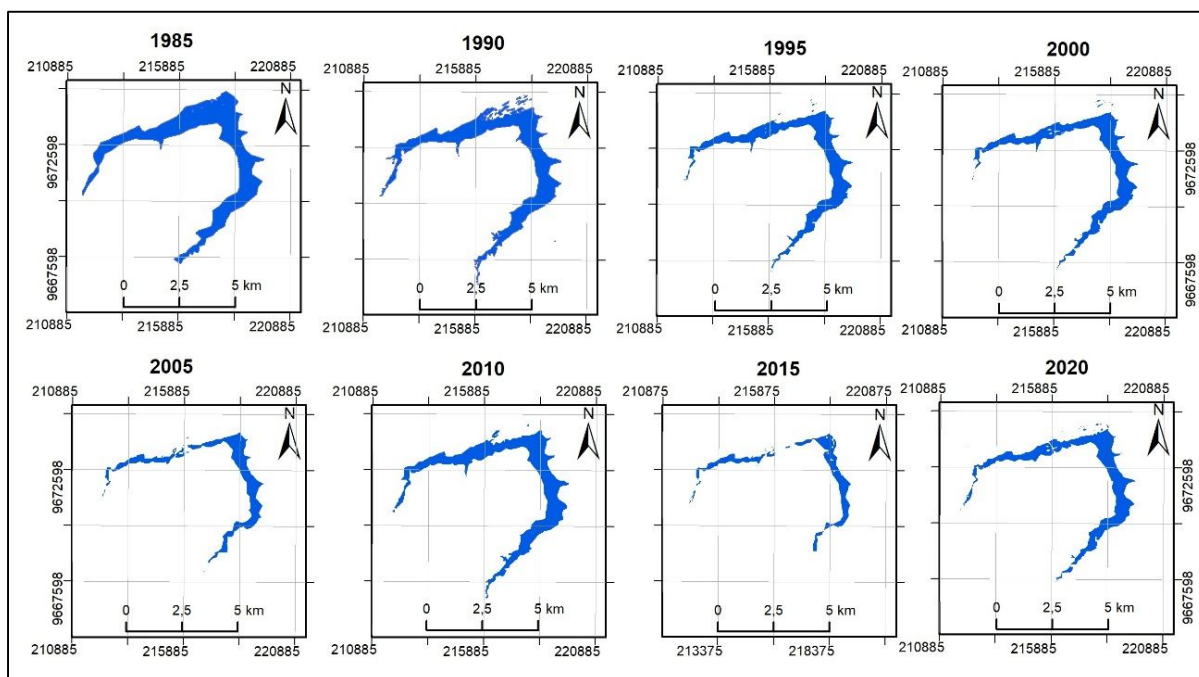
variação topográfica e características de relevo plano e suave ondulado na planície aluvial, aliada às propriedades solos, contribuem categoricamente para elevação do lençol freático e inundação das planícies nessa região.



**Figura 2: Perfil topográfico da Lagoa do Sobradinho. Fonte: Google Earth Pro, 2020.**

A Figura 3 mostra o monitoramento da Lagoa do Sobradinho nos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. A data das imagens são 19/08/85, 01/08/90, 03/11/95, 28/08/00, 10/08/05, 12/11/10; 06/08/15; 19/08/20. Nota-se que, não foi possível manter a aquisição de imagens apenas do mês de agosto pois o critério era que as imagens tivessem o mínimo de nuvens possível. Por isso, nos anos de 1995 e 2010 as imagens são de meses diferentes, porém do mesmo período climático regional (período seco).

Dificuldades são encontradas em relação a aquisição de imagens, principalmente em regiões litorâneas. A elevada presença de nuvens ainda é um grande obstáculo para as diferentes aplicações do sensoriamento remoto (SILVA et al, 2018).



**Figura 3: Monitoramento da Lagoa do Sobradinho através do NDWI em um intervalo de tempo de 35 anos. Fonte: Sena e Silva, 2020.**

Analisando a Figura 3, vê-se que a lagoa teve diminuição do espelho d'água a cada ano até o ano de 2005 e no ano de 2010, teve um ganho de +2,85 km<sup>2</sup> de área em relação ao ano de 2005. No ano de 2015, teve uma redução -4,02 km<sup>2</sup> comparado com o último ano de referência (2010) e é o ano de monitoramento que chama mais atenção, pois foi o ano de maior redução do espelho d'água, ano este em que foi muito comentado em jornais locais o estado crítico da lagoa. Mas no ano de 2020, a lagoa teve um ganho de área de +2,65km<sup>2</sup> em comparação com 2015.

Comparando com 1985, o espelho d'água de 2015 teve uma redução de 6,93 km<sup>2</sup>, ou seja, 71,3 % aproximadamente. As informações de perda e ganho de área podem ser visualizadas na Tabela 2. O cálculo de perda ou ganho de área foram realizados com base no ano anterior de monitoramento.

**Tabela 2. Variações de área e perímetro no monitoramento da Lagoa do Sobradinho. Fonte: Sena e Silva, 2020.**

ANO	PERÍMETRO (KM)	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	PERDA/GANHO DE ÁREA
1985	39,76	9,72	-
1990	58,57	8,32	-1,4 km <sup>2</sup>
1995	42,45	6,39	-1,93 km <sup>2</sup>
2000	42,67	6,09	-0,3 km <sup>2</sup>
2005	35,08	3,96	-2,13 km <sup>2</sup>
2010	43,80	6,81	+2,85 km <sup>2</sup>
2015	33,30	2,79	-4,02 km <sup>2</sup>
2020	40,29	5,44	+2,65 km <sup>2</sup>

Ainda verificando a Tabela 2, vê-se que o perímetro da lagoa aumentou porém a área diminuiu. Área e perímetro são duas medidas distintas, onde a área é a medida de uma superfície e o perímetro é a medida do comprimento de um contorno. No contexto desta pesquisa, é notório que a medida de área é mais importante que a medida de comprimento.

Analisando os fatores climáticos que justificam as alterações no monitoramento do espelho d'água da Lagoa do Sobradinho, a Tabela 3 mostra a média estimada mensal e anual de chuvas no município de Luís Correia para os meses de agosto de 2000, agosto de 2005, novembro de 2010 e agosto de 2015 e média dos respectivos anos.

**Tabela 3: Médias pluviométricas mensais e anuais estimadas para o município de Luís Correia. Fonte: Morais, 2019.**

DATA	MÉDIA MENSAL	ANO	MÉDIA ANUAL
Agosto/2000	0,797 mm	2000	1249,588 mm
Agosto/2005	1,787 mm	2005	744,202 mm
Novembro/2010	1,311 mm	2010	754,039 mm
Agosto/2015	0,787 mm	2015	682,600 mm

O regime de chuvas para o mês de agosto de 2015 foi o menor comparando os anos anteriores e o regime de chuvas anual também foi o menor. A situação é ainda mais delicada ao comparar o regime de chuvas do ano de 2015 com o regime de chuvas do ano de 2000, pois teve uma redução de 566,988 mm, o que equivale a 45,4 %.

## CONCLUSÃO

A aplicação do Índice de Água por Diferença Normalizada – NDWI apresentou resultados satisfatórios, pois viabilizou a espacialização do perímetro da lagoa, apresentando os seus devidos avanços e recuos em cada ano, com sua dinamicidade vinculada ao relevo e condições climáticas locais da área.

Contudo, não é dispensável estudos mais detalhados que visam o esclarecimento das causas do comportamento de ambientes lacustres. Fenômenos climáticos globais, como por exemplo o El Niño, podem influenciar na duração do período de estiagem e em razão disso, agravar a disponibilidade hídrica da Lagoa do Sobradinho.

O monitoramento de massas d'água é de fundamental importância para o controle desses ambientes lacustres, pois através dele, é possível diagnosticar e ter possíveis medidas de manejo, auxiliando assim, a gestão desses ambientes pelo setor público competente.

O sensoriamento remoto mostrou-se como uma metodologia útil, de fácil acesso e baixo custo para o estudo de ambientes aquáticos, podendo ser adotada fielmente pelo poder público local. Através do sensoriamento remoto, pode-se estudar o passado e o presente, além de ajudar a realizar medidas mitigadoras para o futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baptista, E. M. C; Moura, L. S; Silva, B. R. V. Geomorfologia e Geodiversidade do litoral piauiense para fins de Geoconservação. **REGNE**. Caicó. vol. 2, número especial, p.1250-1258. 2016a.
2. Baptista, E. M. C; Moura, L. S; Soares, N. M. P. **Estudo da paisagem das lagoas do litoral piauiense para o uso sustentável**. Teresina: NEZCPI, 2016b. (Relatório final de pesquisa). Disponível em: <https://nezcpiespi.files.wordpress.com/2020/06/2015-2016-soares-baptista-lagoas-litoral-piauiense-estudo-de-paisagem-relatc3b3rio-final-pibic.pdf>. Acesso: 14 de outubro de 2020.
3. Brubascher, J. P; Guasselli, L. A. **Mapeamento da área inundável da planície do rio dos Sinos a partir do índice NDWI, São Leopoldo-RS**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.20.25>. Acesso: 22 de agosto de 2020.
4. Cavalcanti, A. P. B. **Impactos e condições ambientais da zona costeira do estado do Piauí**. 2000. 363 f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Anuário estatístico do Brasil**. vol. 78. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
6. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Plano de Gestão e Diagnóstico Geoambiental e Sócio-econômico da APA Delta do Parnaíba**. Fortaleza: IEPS/UECE, 1998.
7. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba**. Brasília: ICMBio, 2020. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/plano\\_de\\_manejo\\_da\\_apa\\_delta\\_do\\_parnaiba.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/plano_de_manejo_da_apa_delta_do_parnaiba.pdf). Acesso: 14 de outubro de 2020.
8. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: [http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT5\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT5_PT.php). Acesso: 22 de agosto de 2020.
9. Martins Filho, J. **O PRODETUR e a produção do espaço no litoral do Piauí**. Anais XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina. 2013. Lima: UGI- Perú, 2013.
10. Mcfeeters, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, vol.17, n.7, p.1425-1432, 1996.
11. Mesquita, T. K. S. **Dinâmica hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Portinho e seus reflexos na lagoa do Portinho**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
12. Morais, R. C. S. **Estruturação de uma base de dados pluviométricos para a bacia hidrográfica do rio Parnaíba a partir de dados de sensoriamento remoto**. Anais I Simpósio Regional de Geoprocessamento. Anais. Teresina: IFPI, 2019. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sirgeo/135481-ESTRUTURACAO-DE-UMA-BASE-DE-DADOS-PLUVIOMETRICOS-PARA-A-BACIA-HIDROGRAFICA-DO-RIO-PARNAIBA-A-PARTIR-DE-DADOS-DE-S>. Acesso: 30 de agosto de 2020.
13. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). **Impactos, vulnerabilidades e adaptação. Volume 2 – Primeiro relatório de avaliação nacional**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. 425 p.
14. Pereira, G. C., Morais, F. Índice NDWI e imagem SRTM aplicados ao mapeamento das áreas inundáveis do entorno da Lagoa da Confusão – TO. **Revista Equador**, Teresina, vol. 4, n.3, p.66 -73, 2015. Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.
15. Silva, J. F; Silva, R. K. A; Paz, Y. M; Reis, J. V; Ferreira, H. S; Candeias, A. L. B. Avaliação do sensoriamento remoto termal para monitoramento de aterros sanitários. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, vol. 3, n. 1, p.38,48, 2018.
16. Suguio, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Blucher, 2003.