



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE - PRODEMA**

JADSON FREIRE DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS INUNDÁVEIS DO
RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SÃO FRANCISCO**

**RECIFE
2018**

JADSON FREIRE DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS INUNDÁVEIS DO RESERVATÓRIO
DE SOBRADINHO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de pesquisa: Gestão e Políticas Ambientais

Orientadora: Prof.^a Dr^a Ana Lúcia Bezerra Candeias

RECIFE
2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

S586a Silva, Jadson Freire da.

Análise espaço-temporal das áreas inundáveis do Reservatório de Sobradinho na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco / Jadson Freire da Silva. – 2018.

138 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora : Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Bezerra Candeias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2018.

Inclui Referências e apêndices.

1. Meio ambiente. 2. Bacias hidrográficas. 3. Inundações – Represas e reservatórios. 4. Desastres ambientais. I. Candeias, Ana Lúcia Bezerra (Orientadora). II. Título.

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2018-103)

JADSON FREIRE DA SILVA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS INUNDÁVEIS DO RESERVATÓRIO
DE SOBRADINHO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 22/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr^a Ana Lúcia Bezerra Candeias (Orientadora)
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho (Examinador Interno)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/SOLOS

Prof.^a. Dr^a Maria do Carmo Martins Sobral (Examinador Interno)
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Rodrigues Tavares Junior (Examinador Externo)
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à Dona Clécia Gonçalves do Livramento, minha Vó (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Aqui nesses agradecimentos, a ordem de apresentação não representa ordem de importância, pelo contrário; todos citados nos agradecimentos mantêm importância elevada em meu caminho de vida.

Dou início aos agradecimentos agradecendo em especial a Professora Doutora Ana Lúcia Bezerra Candeias, no qual a conheci por intermédio do mestrado, onde fui convidado a conduzir uma pesquisa da mesma. Durante esse pouco tempo de convivência fui aconselhado e acolhido pela professora, como se nós nos conhecêssemos de outrora. A partir desta pesquisa consegui desenvolver o projeto que pleiteei seleção do doutorado, onde fui aprovado. Muito obrigado por florescer em minha vida, Professora.

Agradeço aos membros da minha família: minha Mãe (Maria Helena), meu Pai (Ivanildo Freire), meus irmãos (José Anderson e Mônica Fabiana), tias e primos. A família é a base da vida de um indivíduo e sem dúvidas foi e é a minha base; a manutenção harmônica da família, o encorajamento e a proteção sempre foram os nortes para todos os familiares e a continuidade desses princípios nos põe em melhores direções. Venho aqui agradecer em especial a minha vó, Clécia Gonçalves do Livramento (ou Dona Clécia) (*in memoriam*): quando eu nasci ela tinha acabado de completar 60 anos, quando completei meus 25 ela despediu-se de todos, um a um, indo para o plano espiritual. Muito obrigado pelos carões, pelas palmadas, pelos carinhos, pelos abraços, muito obrigado.

Por mais que você seja bom em algo, você nunca irá fazer nada sozinho. Para isso você deve ter amigos, cultivar os antigos e semear novos. Agradeço aqui aos meus amigos de infância: Cleiton Leito, César Filipe, Breno Campelo, Bruna Kelly; muito obrigado pelos fins de semana regados comidas, filmes e seriados. Obrigado por estarem nos momentos mais alegres e mais tristes, afinal, amigos são amigos né?

Agradeço aos amigos que criei durante minha vida acadêmica: Pedro Ferreira, Viviane Gomes, Yenê Paz, Pedrinho (Pedro Paulo), Elisabeth Regine, Ygor Cristiano, Henrique Ferreira, Pedro Brito, Josimar Reis, Carlos Silva, Rodrigo Miranda, Aline Myrella e Erica Amâncio, Clécia Pereira; sou grato pelos ensinamentos, momentos de descontração e união. Agradeço em especial aos Abacaxi's Club (Rutt Keles, Milena Barros e Rebecca Guerra) por toda a carga de álcool consumida, problemas compartilhados, artigos publicados e pela incessante guerra contra os monarcas.

Em especial, agradeço as professoras Josiclêda Galvêncio, Werônica Meira, Valéria Costa, Vanice Selva e Maria do Carmo Martins Sobral. Agradeço pelo espaço cedido, pelos

ensinamentos oriundos dos grupos de pesquisas, projetos e eventos; agradeço pela oportunidade fornecida. Agradeço ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO, liderado pela professora Josiclêda Galvêncio e o Laboratório de Processamento de Imagens – APRI, liderado pela professora Ana Lúcia Bezerra Candeias, obrigado pela oportunidade e as portas que foram abertas para mim através destes laboratórios, pelas licenças de softwares e pelo espaço cedido.

Agradeço a Solange e a Tarcísio, funcionários do programa de pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente: agradeço pelos avisos, pelos biscoitos e pelos cafés.

Venho novamente a agradecer aos meus anjos da guarda, pois sei que são muitos; e todos os deuses, semideuses, elementos essenciais, santos, espíritos e qualquer coisa sobrenatural que quis me ajudar durante o período de mestrado, em qualquer lugar do Nordeste que fui, ou até mesmo no beco da casa onde moro, muito obrigado.

Foram muitos *agradecimentos*, todos estes *agradecimentos* tiveram elevada estima, carinho e atenção. *As pessoas relatadas acima nunca serão esquecidas*, nunca, em momento algum da minha vida.

RESUMO

Um dos grandes alvos das políticas públicas no ambiente semiárido é a bacia hidrográfica do rio São Francisco, essa bacia não é somente um grande alvo devido ao grande volume de água transportado para a região semiárida, mas também é de suma importância que o potencial hídrico passível de aproveitamento seja fundamentado em um planejamento estratégico com finalidade de ampliação na qualidade de vida da população alocada em seu entorno. O reservatório de Sobradinho, pertencente a bacia do São Francisco é um dos maiores reservatórios do Brasil e faz parte de um complexo de reservatórios tipo cascata; suas características o fazem região impar passível de diversos trabalhos acadêmicos. A partir dos eventos de seca e a crise hídrica, se observou a redução dos limites do reservatório de Sobradinho como um todo, desta forma, emergiu a necessidade de estudar as regiões de inundação e não inundação do reservatório, bem como seu entorno. Diante do exposto, esse trabalho tem o objetivo de analisar espacialmente e temporalmente as áreas inundáveis do reservatório de Sobradinho, onde os resultados contribuirão na gestão territorial local. Utilizou-se para procedimentos metodológicos técnicas de sensoriamento remoto (SR) e geoprocessamento, sendo enfatizado a binarização de imagens e mapeamento via classificação não supervisionada das imagens Landsat 5 e 8 para uma série temporal de 1980 a 2018. Através das análises, detectou-se regiões do reservatório mantendo uma redução de aproximadamente 19 quilômetros de extensão, resultado preocupante, visto que regiões de inundação são historicamente utilizadas para plantio agrícola. Além disso, observa-se regiões de irrigação perpetuando-se mesmo em períodos extremos de seca no semiárido. A apresentação dos dados faz repensar o uso consciente dos ambientes hídricos, sobretudo em regiões áridas e semiáridas; ademais, as legislações acerca das áreas de proteção para reservatórios também devem ser revistas, uma vez que, tratando-se de um reservatório de grande porte que é Sobradinho, com uma área de redução alcançando quilômetros, leis que abarcam pequenas distâncias não conferem com a realidade do reservatório, necessitando desta forma, de específicas leis. Observa-se aplicabilidade do SR e do geoprocessamento para análises territoriais em ambientes hídricos, onde junto forneceram informações pertinentes sobre as áreas potencialmente sensíveis a atividades antrópicas resguardando a gestão local no que se refere a execução das tomadas de decisão.

Palavras chave: Zonas de borda. Geoprocessamento. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

One of the great targets of public policies in the semi-arid environment is the São Francisco river basin, this basin is not only a large target due to the large volume of water transported to the semi-arid region, but it is also of great importance that the water potential is based on a strategic planning with the purpose of increasing the quality of life of the population allocated in its surroundings. The Sobradinho reservoir, belonging to the São Francisco basin is one of the largest reservoirs in Brazil and is part of a complex of cascade type reservoirs; its characteristics make it an region capable of several academic works. From the drought events and the water crisis, the limits of the Sobradinho reservoir as a whole were reduced, thus, the need to study the flooding and non-flooding regions of the reservoir as well as its environment emerged. In view of the above, this work aims to analyze spatially and temporally the flooded areas of the Sobradinho reservoir, where the results will contribute to local territorial management. Methodological procedures were used for remote sensing (SR) and geoprocessing techniques, emphasizing the binarization of images and mapping by unsupervised classification of Landsat images 5 and 8 for a time series from 1980 to 2018. Through the analyzes, it was detected regions of the reservoir maintaining a reduction of approximately 19 kilometers in length, a worrying result, since flood regions are historically used for agricultural planting. In addition, irrigation regions are observed perpetuating even in extreme periods of drought in the semiarid. The data presentation rethinks the conscious use of water environments, especially in arid and semi-arid regions; In addition, legislation on the protection areas for reservoirs should also be reviewed, since, in the case of a large reservoir that is Sobradinho, with a reduction area reaching kilometers, laws that cover small distances do not confer with the reality of the reservoir, thus necessitating specific laws. It is observed applicability of SR and geoprocessing for territorial analyzes in water environments, where together they provided pertinent information about the areas potentially sensitive to anthropic activities, protecting the local management in the execution of the decision making.

Palavras chave: Edge areas. Geoprocessing. Remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do Reservatório de Sobradinho e seu entorno.....	20
Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.....	41
Figura 3 - Mapa de quadriculas referente as “regiões” do monitoramento da precipitação e estações chuvosas no Brasil.....	47
Figura 4 - Comparação visual dos modelos SRTM e ASTER.	49
Figura 5 - Comparação dos modelos digitais de elevação SRTM – 30 e 90 metros para a região de Sobradinho – BA.	50
Figura 6 – Representação do modelo digital de elevação - <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (Resolução 30 metros) para a região em estudo.	51
Figura 7 - Imageamento do Reservatório de Sobradinho nos anos de 1973, 1984 e 1988.	53
Figura 8 – Sobreposição das <i>shapes</i> do Reservatório de Sobradinho para o período de 1973, 1984 e 1988.	54
Figura 9 – Reservatório de Sobradinho nos anos 1990 (bienais).	55
Figura 10 – Sobreposições de cotas do Reservatório de Sobradinho para os anos 1990 (Bienal).	56
Figura 11 - Reservatório de Sobradinho (primeira década de 2000).....	57
Figura 12 – Sobreposições de <i>shapes</i> na primeira década de 2000 para Sobradinho.	58
Figura 13 – Análises das sobreposições dos anos de 1998, 2001 e 2005.....	59
Figura 14 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2000.	60
Figura 15 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2001.	60
Figura 16 – Reservatório de Sobradinho (anos 2010 – segunda década de 2000).....	63
Figura 17 – Sobreposição das cotas altimétricas para Sobradinho (segunda década dos anos 2000).....	64
Figura 18 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2009.	65
Figura 19 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2010	66
Figura 20 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2012.	66

Figura 21 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2013.	67
Figura 22 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2014.	67
Figura 23 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2015.	67
Figura 24 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2016.	68
Figura 25 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2017.	69
Figura 26 - Monitoramento Multitemporal do Reservatório de Sobradinho, Brasil.	70
Figura 27 - Média anual em metros das cotas do Reservatório de Sobradinho.	72
Figura 28 - Gráfico diário das cotas (em metros) do Reservatório de Sobradinho.	73
Figura 29 - Identificação dos transectos demarcados na região em estudo.	74
Figura 30 - Quantificação tabular e apresentação gráfica dos comprimentos (em quilômetros) dos transectos traçados.	76
Figura 31 -Quantificação tabular e apresentação gráfica da diferença de comprimentos (em quilômetros) dos transectos traçados partindo do ano referência (1994).	77
Figura 32 - Representação do rio São Francisco (1973) e do Reservatório de Sobradinho (1994).	78
Figura 33 - Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.	83
Figura 34 – Representação dos Quadrantes de recorte para área de estudo.	87
Figura 35 - Identificação visual das classificações propostas no estudo.	90
Figura 36 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1988).	92
Figura 37 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1992).	93
Figura 38 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1997).	94
Figura 39 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2001).	96
Figura 40 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2005).	97

Figura 41 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2011).	99
Figura 42 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2013).	100
Figura 43 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2014).	102
Figura 44 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2015).	103
Figura 45 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2016).	105
Figura 46 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2017).	106
Figura 47 - Gráfico do Ambiente Hídrico <i>versus</i> Solo Exposto/ Área Urbana (área relativa %).	107
Figura 48 – Gráfico do Ambiente Hídrico <i>versus</i> Área Irrigada/Vegetação Ripária (área relativa %).	108
Figura 49 – Gráfico das áreas de Caatinga, Vegetação de transição e água.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características espectrais e espaciais do sensor MMS – Landsat 1/3.	32
Tabela 2 - Características espectrais e espaciais do sensor TM/MMS – Landsat 5.	32
Tabela 3 - Características espectrais e espaciais do sensor OLI/TIRS – Landsat 8.	33
Tabela 4 – Aquisição de anos para o monitoramento multitemporal.	42
Tabela 5 – Coeficientes de calibração radiométrica (Landsat 5).	43
Tabela 6 - Cenas adquiridas para a confecção do mapa de altimetria.	45
Tabela 7 - Relação cota x situação do reservatório	52
Tabela 8 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 2001, 2005 e 2010). ..	59
Tabela 9 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 1998, 2001 e 2005). ..	60
Tabela 10 - Secas do Nordeste do Brasil, série temporal 1900 – 2017.	61
Tabela 11 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017).	65
Tabela 12 - Informação das imagens escolhidas para pesquisa.	84
Tabela 13 - Coeficientes de calibração radiométrica (Landsat 5).	85
Tabela 14 - Classificações dos usos do solo e da terra para a região do entorno do reservatório de Sobradinho.	89
Tabela 15 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno 1988 (Figura 36).	92
Tabela 16 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1992 (Figura 37).	93
Tabela 17 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1997 (Figura 38).	95
Tabela 18 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE - 2001 (Figura 39).	96
Tabela 19 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2005 (Figura 40).	98
Tabela 20 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2011 (Figura 41).	99
Tabela 21 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno BA/PE - 2013 (Figura 42).	101

Tabela 22 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2014 (Figura 43).....	102
Tabela 23 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2015 (Figura 44).....	104
Tabela 24 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2016 (Figura 45).....	105
Tabela 25 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2017 (Figura 46).....	106
Tabela 26 - Quadro geral das classificações de uso e ocupação do solo para os anos em análise – Reservatório de Sobradinho.	107

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	GERAL:	19
2.2	ESPECÍFICOS:	19
3	ÁREA DE ESTUDO	20
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
4.1	A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS PARA SOCIEDADE	25
4.2	A RELEVÂNCIA DA GESTÃO DE RESERVATÓRIOS	26
4.3	O SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS A ESTUDOS ECOSISTÊMICOS	31
4.4	A COMPREENSÃO INTRÍNSECA DA IMAGEM: O ENTENDIMENTO DO HISTOGRAMA	37
4.5	O GEOPROCESSAMENTO COMO UM ALIADO NOS ESTUDOS DE SENSORIAMENTO REMOTO TEMPORAL	38
5	ANÁLISE ESPACIAL E MULTITEMPORAL DAS COTAS DO SOBRADINHO E SUAS ÁREAS INUNDÁVEIS DOS ANOS DE 1973 A 2017.	39
5.1	METODOLOGIA	40
5.1.1	Aquisição de dados	41
5.1.2	Empilhamento e reprojeção das imagens	42
5.1.3	Processamento da imagem	42
5.1.4	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI	44
5.1.5	Contraste, binarização e Vetorização	44
5.1.6	Ajustes na vetorização automática / Confecção das shapefiles do reservatório	45
5.1.7	Modelos digitais de elevação MDE (DEM – Digital Model Elevation)	45

5.1.8	Monitoramento da precipitação da região – INPE	46
5.1.9	Dados sobre as cotas reais do reservatório de Sobradinho - ANA	47
5.1.10	Análise da imagem – sobreposições de shapefiles do reservatório de Sobradinho	47
5.1.11	Análise dos resultados dos transectos (Perfis) – representação gráfica dos comprimentos do reservatório de Sobradinho	48
5.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6	IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E DA TERRA PARA O RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO E ÁREAS CIRCUNVIZINHAS APRESENTANDO UMA ANÁLISE TEMPORAL.	81
6.1	METODOLOGIA	83
6.1.1	Aquisição de dados.....	84
6.1.2	Empilhamento das imagens e reprojeção	84
6.1.3	Processamento da imagem	85
6.1.4	Recorte das imagens	86
6.1.5	Classificação não supervisionada	87
6.1.6	Classificação Supervisionada	88
6.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
	REFERENCIAS	116
	APÊNDICE A - DEMONSTRAÇÃO TEMPORAL DOS MAPAS DE USO DO SOLO DA REGIÃO DE SOBRADINHO E ENTORNO – BA/PE (1988 – 2017)	130
	APÊNDICE B - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 1988 E 2001.	131
	APÊNDICE C – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2005 E 2011.	132
	APÊNDICE D – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2013 E 2014.	133
	APÊNDICE E – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2015 e 2016.	134

APÊNDICE F – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2017.....	135
APÊNDICE G – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2001 – 2011) DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).....	136
APÊNDICE H – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2011 – 2015) DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).....	137
APÊNDICE I – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2011 – 2015 – 2016) DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).	138

1 INTRODUÇÃO

O reservatório de Sobradinho é um dos maiores reservatórios sob ambiente semiárido do Brasil, mantendo desta forma, características impares no que se refere a gestão hídrica nordestina. Estando incluso na bacia hidrográfica do São Francisco e sendo parte de um complexo de reservatórios por barragens na mesma bacia, o mesmo é alocado no Médio São Francisco onde é condicionado a diversas funcionalidades e/ou usos múltiplos (CBHSF, 2015).

Segundo Mello (2013) e a Agência Nacional das Águas – ANA (2004), os reservatórios formados por barragens vêm propiciando benefícios a humanidade, uma vez que a armazenagem da água é necessária para diversos usos, já que esse recurso está disponível o tempo todo para todos. O abastecimento populacional, a garantia da colheita da safra a partir da irrigação, a navegação, o combate à seca e a geração de energia limpa oriunda da hidroeletricidade, que garante o bem-estar da população e desenvolvimento econômico nacional são alguns benefícios oriundos de reservatórios formados por barragens. Neste contexto, o reservatório de Sobradinho se inclui, sendo criado para controlar o regime de vazões, evitar inundações de algumas cidades ribeirinhas e manter perene a disponibilidade de energia elétrica naquela área, ainda exercendo diversas atividades que diretamente ou indiretamente movimentam o dinamismo econômico local.

Tendo em seu entorno as cidades de Remanso, Casa Nova, Petrolina, Sobradinho e Sento Sé, a população que vive aos arredores do grande reservatório envolve aproximadamente o quantitativo de 510,478 pessoas. Onde muitas destas dependem e observam, direta ou indiretamente, das dinâmicas territoriais que o corpo hídrico mantém em sua área, a denominada região inundável.

As áreas inundáveis do reservatório de Sobradinho é a temática central desta dissertação; suas relações acerca das diferenças espaciais e temporais no seu tamanho (ou range), uso do solo, da terra e considerações importantes, debruçadas no código florestal e numa melhor gestão para a população são levantadas. Além disso, observa-se na pesquisa que a partir da redução das cotas do reservatório, municípios são drasticamente atingidos no que tange os territórios agricultáveis, sobretudo os dos pequenos agricultores. Ademais, a literatura revela problematizações sobre o uso inadequado de agrotóxicos nos ambientes inundáveis de reservatórios e as consequências que estes podem acarretar.

O trabalho se divide em dois capítulos, onde estes são estruturados como artigos. Alguns temas são propositalmente repetidos para que o leitor possa acompanhar a discussão sem que haja necessidade de retornar para paginações iniciais. A revisão de literatura analisa questões pertinentes sobre a importância dos reservatórios para sociedade; o reservatório de Sobradinho e sua gestão sendo aplicada pelo Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial – PACUERA e a relevância do Sensoriamento Remoto (SR) e o geoprocessamento para o monitoramento de corpos hídricos.

O primeiro capítulo diz respeito ao monitoramento multitemporal do Reservatório, observando suas cotas e detectando suas áreas de potencial inundação; através do apanhado multitemporal, é possível entender o comportamento do reservatório e quais ambientes são os mais críticos a processos antrópicos que possam danificar e reduzir a vida útil do corpo hídrico.

O capítulo dois analisa a questão do uso e do solo e da terra das regiões circunvizinhas e seus impactos ao Reservatório. Pesquisas sobre mapeamento de uso do solo e da terra são executadas na área do Sensoriamento Remoto a décadas, sendo consolidadas. Ambos apontam recomendações para uma gestão voltada as temáticas sustentáveis quanto ao uso da terra, do solo e do recurso hídrico, junto aos seus desafios.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL:

Analisar espacialmente e temporalmente o reservatório de Sobradinho, gerando o mapeamento das áreas inundáveis (áreas Non Aedificandi) e suas relações com o entorno

2.2 ESPECÍFICOS:

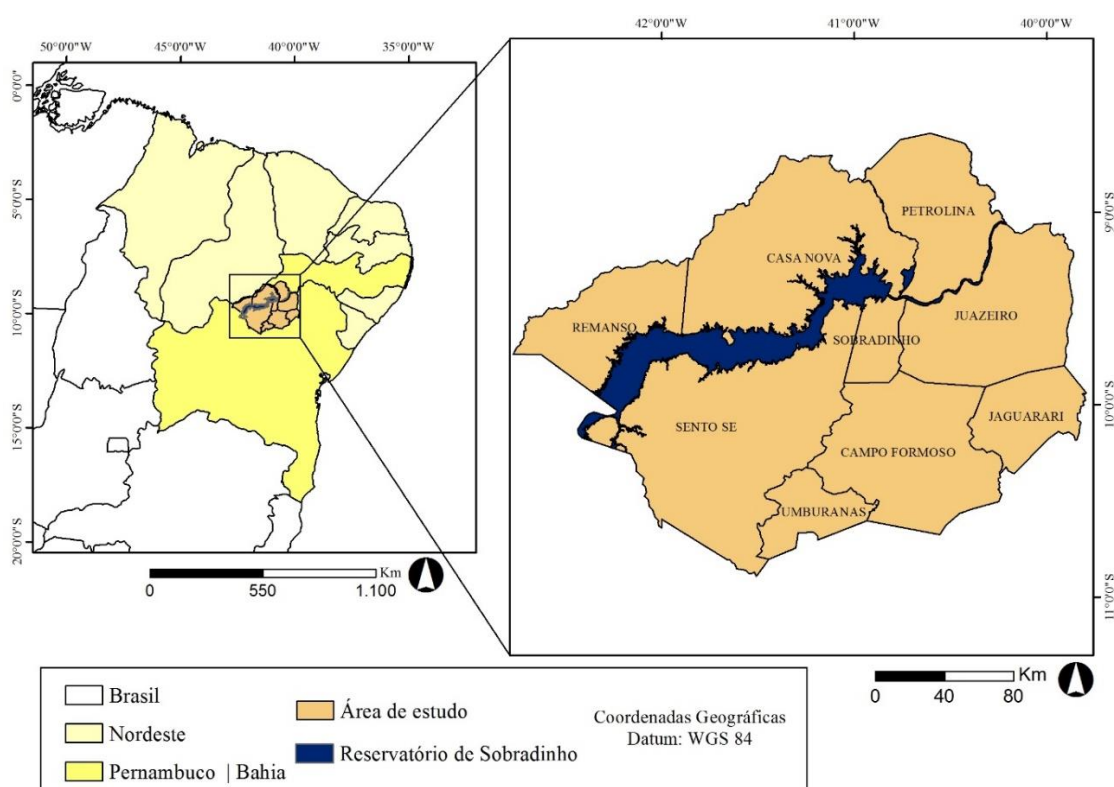
- Analisar espacialmente e multitemporalmente as cotas do Sobradinho e suas áreas inundáveis nos anos 1973 a 2017.
- Identificar o uso e ocupação do solo em torno das margens do reservatório de Sobradinho.

3 ÁREA DE ESTUDO

Ao longo da história, o Rio São Francisco trouxe para os ribeirinhos diversos benefícios, sendo chamado de “Nilo Brasileiro”, por conta de suas terras férteis oriundas das áreas de inundação, fazendo alusão com um dos maiores e mais importantes rios da história da humanidade, o Nilo. A denominação “Opará”, que na linguagem indígena, significa “Rio mar” devido sua magnitude e “Rio dos Currais”, correspondendo a quantidade de pousadas que se encontrava ao longo da margem, com finalidade de assentar os gados que passava em viagem também são encontradas na literatura. O nome São Francisco ou “Velho Chico” foi dado por Américo Vespúcio, na expedição pela costa brasileira em maio de 1501, homenageando ao santo católico São Francisco de Assis (LIMA, 2013; RIBEIRO, 1999).

Essa dissertação foi desenvolvida utilizando como área de estudo o Reservatório de Sobradinho do entorno (Figura 1). Esse reservatório encontra-se no Estado da Bahia, situado no Nordeste do Brasil e incluso na região do Médio São Francisco. Em uma área de clima semiárido e balanço hídrico negativo, a localização estratégica permite a manutenção climática local, abastecimento populacional e investimentos econômicos oriundos da irrigação. Com uma área de 4214.3 km² e com vegetação predominante a caatinga, Sobradinho mantém 280 km de comprimento e largura variando entre 5 a 50 km (DANTAS, 2005; SANTOS, 2012).

Figura 1 – Mapa de localização do Reservatório de Sobradinho e seu entorno.



De acordo com o SIDE GEO (2009), foram inundadas partes dos municípios de Casa Nova, Sento Sé, Pião Arcado, Remanso e Xique-Xique, todos alocados no Estado da Bahia. O objetivo principal do Reservatório foi a regularização das cheias, todavia, locado em sua grande parte em regiões semiáridas, o rio poderia dar o suporte econômico, energético e social que a população sertaneja necessitava, sendo assim, em 1971 foi escolhida a área de Sobradinho para ser construído um reservatório, que iniciou sua construção em 1973, enchimento e 1977 e início de operação em 1979 (CHESF, 2004; DANTAS, 2005).

Segundo o levantamento geológico de Angeli e Kosin (2001), encontra-se na região de entorno, unidades geológicas variadas, alcançando os depósitos Aluvionares, os Eólicos Continentais e Colúvios-Eluviais; no que se refere as formações geológicas, a Formação Caatinga, Mandacaru, Barra Bonita e Tombador são verificados; além dessas, as Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, a Suíte Intrusiva Serra da Esperança e os Complexos geológicos Xique-xique, Colomi, Rio Salitre, Barreiro e Sobradinho-Remanso fazem parte, cada um com suas especificidades, da cobertura geológica local. Sobre as unidades hidrogeológicas, Vieira et al. (2005) corrobora apontando os Domínios das Coberturas Detriticas ou o Aquífero Granular, o Domínio dos Calcários ou o Aquífero Cárstico, o Domínio dos Metassedimentos ou o Aquífero Fissural e o Domínio do Embasamento Cristalino.

Segundo o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial da Usina Hidrelétrica de Sobradinho (BA) - PACUERA/SOBRADINHO (CHESF, 2010), as áreas planas são predominantes, quanto Unidade Geomorfológica, seguida das colinas, morrotes e morros.

Sobre os solos, são encontrados Argissolos, Neossolos Quartzarênicos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Latossolos, Planossolos, Neossolos Flúvicos e Vertissolos na região. Quanto ao uso do solo e da terra, o PACUERA (CHESF, 2010) identificou através de imagem CBERS e Landsat (em Hectares) áreas urbanas (1.005,8), áreas desmatadas (6.413,3), áreas de irrigação (14.901,7), culturas diversificadas associadas com vegetação nativa e desmatamento (87.869,5), irrigação associada a pouca produtividade devido ao manejo inadequado do solo (776,9), solo exposto (1.101,9), afloramento rochoso (33,6), áreas com variações do nível d'água às margens da represa (89.826,1), vegetação ciliar (57,6), vegetação herbácea (45.487,6), caatinga arbórea aberta degradada (65.832,4), caatinga arbórea aberta (57.549,3), caatinga arbórea densa degradada (16.601,3), caatinga arbórea densa (10.063,5) e sombras e nuvens (252,5), todavia, não foi explicitado os procedimentos metodológicos para a obtenção destes dados na imagem.

Sabe-se que o Reservatório de Sobradinho faz parte de um complexo de reservatórios na bacia do Rio São Francisco conhecido como “Reservatórios tipo cascata” – Três Marias, Sobradinho, Itaparica, Complexo de Paulo Afonso e Xingó. Os Reservatórios tipo cascata configura-se, segundo Lima e Severi (2014) e Barbosa et al. (1999) como a distribuição sucessiva de reservatórios ao longo de um mesmo rio, formando assim, uma espécie de cascata; estas represas dependem diretamente dos fluxos da montante, implicando assim, no funcionamento tanto quanto estrutural como das comunidades aquáticas pertencentes. No clima semiárido e árido, segundo Lima e Severi (2014), regiões sujeitas a marcantes deplecionamentos sazonais das áreas de reservatórios, os fluxos de vazões reguladas dos reservatórios de montante para jusante controlam os fluxos de nutrientes, sedimentos, além de estimar prováveis áreas inundáveis, uma vez que as elevadas taxas de evapotranspiração somadas a ausência de precipitações são atuantes na redução da área molhada do reservatório.

O estudo de Straskraba (1990) pontuou diversos efeitos nos reservatórios a jusante no sistema de reservatórios do tipo cascata, destacando como efeitos diretos as alterações como aumento na transparência da água, diminuição da turbidez, nutrientes e cargas de sólidos. O autor revelou os efeitos indiretos as reduções do nível trófico, da produção primária, a queda de concentração de fósforo e de oxigênio. O avanço do mar adentro do rio é observado na foz, resultando na diminuição da fauna marinha, causando danos a economia pesqueira local.

Sobre os municípios que fazem parte do entorno do reservatório de Sobradinho, verifica-se as cidades de Remanso, Casa Nova, Sobradinho e Sento Sé como regiões diretamente influenciadas pelo ambiente hídrico. Todavia, outras cidades, tais como Petrolina (PE), Juazeiro (BA) e Campo Formoso recebem influências secundárias do reservatório e das águas do rio São Francisco como um todo.

A cidade de Remanso mantém uma população de 38,957 pessoas (IBGE, 2010) sendo estimada para 2017 uma população de aproximadamente 42,000 pessoas; com Produto Interno Bruto (PIB) predominante na atividade econômica de serviços (114.223,77 reais), o município detém um setor agropecuário relativamente ativo (50.333,61 reais) para uma região semiárida (IBGE, 2017). Segundo Moura (1993), o destino da cidade foi traçado quando o Estado da Bahia concedeu a execução do projeto Sobradinho para aquela área, em 1971. A submersão de áreas vividas e a relocação dos cidadãos modificaram as dinâmicas contidas anteriormente na cidade, no qual, detectou-se a resistência de alguns moradores e os primeiros indícios de invasão das áreas inundáveis:

“A visão do Estado por sua vez não mudou diante da visão do engenheiro Eunápio Peltier Queiros, já citado anteriormente, um exemplo foi a entrevista realizada em 1993, com engenheiro que controlava e controla até hoje o nível da água do lago. Ele dizia, na ocasião, que um dos problemas que a empresa enfrenta é a insistência de algumas pessoas que já foram devidamente indenizadas e continuam plantando na borda do lago, sujeitas a perderem tudo, pois o nível da água aumenta ou diminui de acordo com a necessidade das hidrelétricas, mas o problema que preocupa mais é a crescente formação de bancos de areia no lago...” (MOURA, 1993, p.5).

A cidade de Casa Nova assemelha-se com a história de Remanso; com uma população de 64.940 pessoas (com estimativa de 73.382 reais em 2017), as finanças da cidade estão diretamente ligadas ao setor de serviços, este com o PIB de 160.738,30 reais, seguindo de uma forte agropecuária (95.207,79 reais) (IBGE, 2010, 2017). Localizado ao norte do reservatório de Sobradinho, desde meados de 1970 observa-se o cultivo agrícola no local, sobretudo os da agricultura familiar. Realidade que modificou com o passar dos anos, onde investidas do agronegócio através de grandes projetos de agricultura irrigada colaboram junto aos agricultores familiares na economia da região (O CANDEEIRO, 2011).

Sobradinho, a cidade que dá nome ao reservatório tem uma população de 22 mil pessoas que sobrevivem diretamente das atividades industriais (187.140,49 reais), seguido dos serviços e agropecuária (75.034,89, 24.597,98 reais, respectivamente). As atividades econômicas que lideram o PIB da cidade de Sento Sé, por sua vez, são a indústria e a agricultura, ambos com aproximadamente 70 mil reais de arrecadação. Com uma população de 37.425 pessoas, a cidade mantém traços semelhantes às da de Remanso e de Casa Nova, onde a realocação de pessoas, os grandes projetos de irrigação e a luta para a permanência da agricultura familiar são traços históricos do território (IBGE, 2010, 2017).

Mesmo estado no semiárido do Brasil, Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) apresentam PIBs semelhantes a cidades da região metropolitana de Recife - RMR (PE) e Salvador - RMS (BA). Com o setor de serviços predominante, as duas cidades mantêm polos industriais e agrícolas em seus arredores oriundo sobretudo do vale do São Francisco, região de alto desenvolvimento tecnológico da fruticultura irrigada, motivos esses que a intitularam região administrativa integrada de desenvolvimento (IBGE, 2010).

A região administrativa integrada de desenvolvimento Petrolina Juazeiro é composta por oito municípios (Petrolina, Juazeiro, Casa Nova, Santa Maria da Boa Vista, Curaçá, Lagoa Grande, Sobradinho e Orocó) que compartilham de situações similares: infraestrutura rodoviária de ligação com as principais cidades do Nordeste; aeroporto, facilitando a exportação e importação de produtos e hidrovia; proximidade com o reservatório de Sobradinho;

condicionam investimentos em fruticultura irrigada. A partir dos pontos citados, região de desenvolvimento Petrolina-Juazeiro impulsiona a economia semiárida do nordeste do Brasil (FRANÇA, 2008; SOBEL; ORTEGA, 2006).

A magnitude do Reservatório, seu sistema de dependência entre reservatórios, a quantidade de municípios e da população direta e indiretamente influenciada, a avifauna, a fauna terrestre e aquática presente, a flora diversificada, as atividades sociais dependentes, o grande polo irrigado, a geração de energia elétrica, as belezas cênicas e as suas interações naturais contidas, tais quais o transporte de sedimentos ou a propagação da vegetação; ou possíveis interações antrópicas contidas, como a exposição de fertilizantes ou qualquer material de despejo que possa modificar a qualidade de água faz de Sobradinho uma região de extremo interesse para políticas públicas do Brasil, e material de escolha para este estudo acadêmico.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS INUNDÁVEIS PARA SOCIEDADE

Em seu sentido literal, o termo “inundação” refere-se a uma grande cheia, alagamento ou a invasão de águas fora de sua normalidade (PORTO, 2016; PRIBERIAM, 2016). Porém, a literatura traz definições e diferenciações mais profundas acerca do assunto. Ramos (2013) observa e analisa os conceitos de cheia e inundação, definindo cheia como fenômeno hidrológico de frequência variável que consiste no transbordo do curso de água relativamente ao seu leito originário. O mesmo autor define inundações como a submersão de uma área usualmente emersa, sendo de frequência variável, podendo ou não ser provenientes de cheias (grandes cheias) dos rios, eventos extremos de precipitação, da subida do lençol freático em depressões topográficas ou de obstáculos no escoamento superficial/sistema de drenagem em algumas regiões.

O Ministério de Meio Ambiente - MMA (2016) entende que a enchente (também denominada como cheia) é um fenômeno natural de frequência variável e por muitas vezes inesperada, que consiste no aumento do nível do canal de água devido ao aumento de vazão, e quando este aumento atinge áreas ocupadas por residências (áreas de várzeas e ribeirinhas) do leito maior do rio, a enchente se transforma em inundação.

Diante da complexidade e das semelhanças, as definições clássicas são de grande importância para a explanação do assunto. Cunha (1998), definiu cheias ou enchentes quando as águas extravasam o leito menor do rio, e, para melhor entendimento, o autor dividiu minuciosamente as áreas (leitos) de entorno do rio, descriminando quatro tipos: o leito menor, onde é coberto por água e não há crescimento de vegetação terrestre; o leito da vazante, onde a água se ocupa nos períodos de secas; o leito secundário ou o leito maior, onde a água ocupa durante o período de grandes precipitações (enchentes periódicas) ocorrendo o aumento da vazão e o leito excepcional ou também chamado de leito extraordinário, onde este só é coberto de água em eventos extremos de chuvas, podendo ou não ocorrer em uma série temporal longa. Botelho (1985) corrobora com o assunto comentando que só há uma inundação quando a área natural de uma enchente foi ocupada por processos antrópicos.

Porém, para Ostrowsky e Zmitrowicz (1991), Munhöz (1987) e Custódio (2002), as inundações são fenômenos naturais semelhantes a enchentes, já que os autores a definem como um fenômeno natural que ocorre quando a vazão do rio a ser escoada é superior a capacidade de descarga do curso d'água, sendo as planícies ribeirinhas, as várzeas e as áreas (ou planícies)

de várzea pertencentes ao leito secundário, sofrendo então, enchentes/inundações periódicas. Portanto, podemos afirmar através das definições que, geomorfologicamente as enchentes e as inundações são equivalentes, já que tratam apenas do relevo; as nomenclaturas podem variar apenas pela magnitude do acontecimento: para enchentes, o extravasamento do leito menor; para a inundação, o alcance das águas nas áreas marginais do leito menor, secundários ou do leito maior e extraordinárias. Vale destacar que, ao transbordar os canais dos rios, as enchentes formam ao longo do tempo planícies de inundações ou as áreas inundáveis de uma bacia hidrográfica.

Historicamente, esses ambientes hídricos trouxeram melhoramentos para as primeiras civilizações da humanidade. Faber (2011) em seu livro sobre a importância dos rios analisa a influência direta dos recursos hídricos na formação das grandes civilizações, onde através de descobertas das técnicas agrícolas e domínio do regime de inundação os povos egípcios, palestinos, mesopotâmicos e indianos foram desenvolvendo e praticando o sedentarismo as margens dos rios Nilo, Jordão, Tigres/Eufrates e Ganges, respectivamente. Tucci e Bertoni (2003) complementam, acrescentando que os regimes de inundações são mais antigos que a própria existência do homem na terra, tendo as primeiras cidades, no passado, a necessidade de localizar-se próximas aos rios de médio porte para o uso das áreas inundáveis.

Segundo Silva, Faria e Costa (2015), as áreas inundáveis auxiliam na evolução e desenvolvimento da biodiversidade, determinando os pulsos dos principais processos bióticos e abióticos, modificando a paisagem durante as alterações do nível d'água. Além disso, estas áreas estão ligadas diretamente ao sistema econômico local, visto que nestes espaços há o acúmulo de sedimentos, tornando um ambiente fértil, sendo usada para atividades agropecuárias em períodos secos e atividades pesqueiras nos períodos chuvosos, ambas atividades são principais fontes de renda da população ribeirinha. Vale ressaltar ainda que as áreas citadas podem complementar o sistema hídrico através da criação de reservatórios ou barragens (ADAMOLI, 1995; BELLINASSO; PAIVA, 2007; LIMA et al., 2009; SANTOS et al., 2009).

4.2 A RELEVÂNCIA DA GESTÃO DE RESERVATÓRIOS

Nos ambientes semiáridos, onde o regime de precipitações é irregular e grande parte dos rios são intermitentes, é necessária a potencialização dos recursos hídricos. É nesse cenário que os reservatórios são integrados com grande relevância, uma vez que estes, segundo Sperling (1999), Fontes et al. (2003) e Sobral et al. (2006) são ambientes lacustres

provenientes de um barramento artificial de cursos de água, suas finalidades gerais de atender as demandas hídricas populacionais nos períodos de seca, controle de vazão, abastecer a produção agrícola e pesqueira através dos processos de irrigação/aquicultura e garantir a produção energética. Além disso, processos como o turismo, lazer, navegabilidade, controle de cheias e proteção ecológica podem fazer parte no escopo dos reservatórios (MATOS et al., 2013).

Os reservatórios são empreendimentos de alto investimento de capital, onde a sua inclusão mesmo gerando benefícios, modifica a paisagem de grandes áreas podendo gerar conflitos socioambientais. No Brasil, muitos reservatórios foram construídos na década de 70, um período no qual não era dada a devida valoração aos aspectos de desenvolvimento sustentável, ocasionando uma série de adversidades na qualidade da água nestas grandes edificações como cita Candeias et al. (2009). O aumento da população nestas últimas décadas somado a uma falta de planejamento sustentável nas cidades acarretaram problemas variados nos corpos hídricos presentes. Nos trabalhos de Gunkel (2007) e Sobral et al. (2007) são apresentados os riscos potenciais causados pelo manejo inadequado que o reservatório de Itaparica, localizado no Nordeste brasileiro pode sofrer em relação a eutrofização, ocasionando reflexos na biodiversidade e na economia. Ainda no reservatório de Itaparica, Schneckenburger (2006) apresenta questionamentos sobre o uso indiscriminado das margens do reservatório para atividades agrícolas e a destinação dos pesticidas, estes usados intensivamente e indiscriminadamente em canais de drenagem e a sua influência nos processos de salinização. Sobre a qualidade da água, Vidal e Neto (2014), Melo (2011), Melo (2007) e Tundisi (2001) analisam em reservatórios de ambientes semiáridos, apresentando soluções ao problema de eutrofização.

Estudos sobre sedimentos nutrientes transportados para as águas do reservatório e suas implicações são tratados em Ferreira (2012) e Araújo Filho et al. (2013), no qual foi observado que a aceleração das taxas de sedimentação pode acarretar diversos danos, tais quais o aumento da ocorrência de enchentes, a redução das condições favoráveis para navegabilidade e a redução da vida útil do reservatório, onde o último citado é de extrema relevância para as regiões semiáridas.

Observando a devida importância de áreas de reservatórios para a população, a legislação ambiental através da Lei 12.651 de 2012 no capítulo II artigo 4 do Código Florestal, sob o pretexto de uma melhor gestão, respaldam as áreas de reservatórios como APP's – Áreas de Preservação Permanente, sob o pretexto da preservação dos recursos hídricos; estabilidade

na geologia e biodiversidade; conservação da beleza cênica natural; contenção da erosão, enchentes e deslizamentos de terras, facilitando assim, o desenvolvimento da flora e fauna e o bem-estar da sociedade (FAEP, 2012). Além dos reservatórios, a legislação favorece proteção permanente para cursos d'água, bordas de chapadas, montes, montanhas, lagos, áreas acima de 1.800 metros, entre outras áreas de relevância ambiental:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I – As faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II – As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III – as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV – As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

V – As encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI – As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII – os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII – as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX – No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta, definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X – As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado. (WEIGAND, 2012).

Em relação a legislações aplicadas aos reservatórios e suas adjacências, o novo código florestal determina as condições de instauração de APP's para estas regiões; a área mínima de preservação (caso haja em áreas rurais) e o uso excepcional das áreas de entorno como citam as medidas no Art. 4, parágrafos 1, 2, 4 e 5 no Capítulo II – Seção I da Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 e Medida Provisória 571, de 28 de maio de 2012 (WEIGAND, 2012):

§ 1º Não se aplica o previsto no inciso III nos casos em que os reservatórios artificiais de água não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água.

§ 2º No entorno dos reservatórios artificiais situados em áreas rurais, com até 20 (vinte) hectares de superfície, a área de preservação permanente terá, no mínimo, 15 (quinze) metros.

§ 4º Fica dispensado o estabelecimento das faixas de Área de Preservação Permanente no entorno das acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa. (Redação dada pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

§ 5º É admitido, para a pequena propriedade ou posse rural familiar, de que trata o inciso V do art. 3º desta Lei, o plantio de culturas temporárias e sazonais de vazante de ciclo curto, na faixa de terra que fica exposta no período de vazante dos rios ou lagos, desde que não implique supressão de novas áreas de vegetação nativa, e seja conservada a qualidade da água e do solo e seja protegida a fauna silvestre.

Sobre reservatórios voltados a geração de energia e/ou abastecimento público, as APP's serão definidas no ato do licenciamento ambiental respeitando parâmetros bases para as faixas de proteção como mostra o Art. 5º, com exceção dos reservatórios registrados anteriormente à medida provisória de 2001; nestes casos, o artigo 62 traz as definições das faixas de APP's:

Art. 5º Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana. (Redação dada pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

§ 1º Na implantação de reservatórios d'água artificiais de que trata o caput, o empreendedor, no âmbito do licenciamento ambiental, elaborará Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório, em conformidade com termo de referência expedido pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA14, não podendo exceder a dez por cento do total da Área de Preservação Permanente. (Redação dada pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

Art. 62. Para os reservatórios artificiais de água destinados a geração de energia ou abastecimento público que foram registrados ou tiveram seus contratos de concessão ou autorização assinados anteriormente à Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, a faixa da Área de Preservação Permanente será a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima maximorum.

Em áreas consolidadas sobre APP's, o Código Florestal no artigo 61-A seção II,

autoriza a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo/turismo rural para regiões consolidadas antes de 23 de julho de 2008. Entende-se a denominação “áreas consolidadas” as áreas de imóvel rural com ocupação antrópica pré-existente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio, como é retratado no artigo 3º, capítulo I - inciso IV:

Art. 61-A. Nas Áreas de Preservação Permanente é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. (Incluído pela Medida Provisória nº 571, de 2012).

Capítulo I, Art. 3º

IV – Área rural consolidada: área de imóvel rural com ocupação antrópica pré-existente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.

A partir do suporte legislativo apresentado anteriormente, observamos que as modificações aplicadas no novo código florestal propuseram significância quanto ao aumento da faixa de proteção também chamadas de faixas *Non Aedificandi*. As áreas *Non Aedificandi* por definição são ambientes não edificáveis, onde é vetado por motivos diversos (segurança, facilitação de operação, questões ambientais) a construção de qualquer natureza. A Lei Federal de nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979 sobre o solo urbano e outras providências estabelece que deverão ter, em faixas *Non Aedificandi* a largura mínima de 15 metros, diferente do observado na Lei 12.651 de 2012, e nas faixas para APP's, nos quais são propostos limites mínimos de 30 metros e 100, nessas áreas respectivamente. Dentre esse universo de larguras mínimas e máximas e suas limitações, ainda há elevada discussão devido as interações e a necessidade de uma área maior, a intenção dessa mudança é atingir diretamente a conservação ambiental, principalmente dos ambientes aquáticos e seu entorno, junto a sua influência na vida animal e na sociedade.

Isto posto, é de grande magnitude para esfera pública dominar mecanismos eficientes para o gerenciamento e monitoramento, potencializando as benesses que as áreas inundáveis e os reservatórios podem proporcionar, principalmente em regiões de déficit hídrico como o semiárido; controlando o fenômeno de inundações, especialmente nas grandes cidades, nas quais são motivos de diversas perdas, tanto estruturais quanto humanas ao longo dos anos. Aliado a isso, deve-se investigar os conflitos e os danos, apresentando propostas que estejam incorporadas ao desenvolvimento sustentável.

4.3 O SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS A ESTUDOS ECOSISTÊMICOS

Desafios em conhecer as relações que ocorrem nos ecossistemas tem limitado a tomada de decisão das políticas públicas, em que estas relações são de grande complexidade devido às interações físicas, químicas e biológicas contidas. Sabe-se que a partir do entendimento desses processos, da conservação de ambientes naturais e da biodiversidade, que vem sendo diariamente alvo das ações antrópicas podem ser preservadas. Neste cenário, segundo Barbosa e Vecchia (2009) e Cunha et al. (2012), o sensoriamento remoto mostra-se em destaque nas pesquisas de cunho ambiental, ajudando a estabelecer condições de uso e ocupações de solo sustentáveis através do monitoramento dos parâmetros biofísicos das áreas em estudo.

Meneses e Almeida (2012), apresenta a conceituação “É uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres” definindo bem o Sensoriamento Remoto. No mesmo livro, os autores consideram que as fotografias aéreas também fazem parte do escopo do sensoriamento, e não só imagens obtidas por meio de satélites.

As imagens oriundas de satélites comumente usadas em pesquisas possuem intervalos (ou bandas) espectrais variando na faixa do Visível ($0,38 - 0,76 \mu\text{m}$) ao Infravermelho termal ($5,0 \mu\text{m} - 14 \mu\text{m}$). Os intervalos espectrais, segundo Meneses e Almeida (2012) é a divisão do espectro eletromagnético em intervalos de comprimentos de onda com base em mecanismos físicos de sua detecção. É de grande importância o pesquisador manter o domínio dos intervalos espectrais possíveis de se trabalhar no sensoriamento remoto; a partir deste domínio, a aplicação das bandas corretas e, a combinação destas podem facilitar a discriminação e a explanação do trabalho na comunidade científica e na sociedade.

Como o estudo é feito a partir de imagens do Landsat, mostra-se um breve histórico da série dos satélites e sensores acoplados a estes. O projeto Landsat iniciou-se em meados da década de 60 a partir de uma missão conjunta entre a USGS - *U.S. Geological Survey* e a NASA - *National Aeronautics and Space Administration* denominada *Earth Resources Technology Satellite* – ERTS. Os satélites Landsat 1 – 3 foram lançados entre os anos de 1970 e tiveram vida útil até 1983, onde o ultimo satélite nesse período foi desativado (Landsat 3). Eram compostas pelo sistema MMS (*Landsat Multispectral Scanner System*) e RBV (*Return Beam Vidicon*) que registram a radiação eletromagnética refletida pelos alvos da superfície terrestre

em 4 bandas/faixas espectrais (Tabela 01). Gastava um tempo médio para dar uma volta em torno da terra de, aproximadamente, 103 minutos e 27 segundos (EMBRAPA, 2013; EMBRAPA, 2017; INPE, 2016a; USGS 2015a).

Tabela 1 - Características espectrais e espaciais do sensor MMS – Landsat 1/3.

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (metros)
4 (verde)	0,5 - 0,6	80
5 (vermelho)	0,6 - 0,7	80
6 (IR - próximo)	0,7 - 0,8	80
7 (IR - próximo)	0,8 - 1,1	80

Fonte: INPE, 2016.

Após desativação do Landsat 3, o satélite Landsat 5 manteve-se como o mais relevante imageador das últimas décadas. Lançado para operação no ano de 1984 e imageando até 2011 (sensor TM) – 2013 (sensor MSS), sendo desativado definitivamente em junho de 2013. É um dos mais importantes satélites, deixando um grande legado de imagens históricas da superfície terrestre. Seu tempo de duração orbital é de aproximadamente 99 minutos, sendo composta pelos sensores TM – *Thematic Mapper* e MSS - *Multi-Spectral Scanner* que registraram a radiação eletromagnética refletida pelos alvos da superfície terrestre em 7 bandas/faixas espectrais (Tabela 02) (INPE, 2016b; USGS, 2014; 2015b).

Tabela 2 - Características espectrais e espaciais do sensor TM/MSS – Landsat 5.

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (metros)
1 (azul)	0,452 - 0,518	30
2 (verde)	0,528 - 0,609	30
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	30
4 (IV – próximo)	0,776 - 0,904	30
5 (IV - médio)	1,567 - 1,784	30
6 (IV - termal)	10,45 - 12,42	120
7 (IV - médio)	2,097 - 2,349	30

Fonte: INPE, 2016.

Diante a desativação do Landsat 5 e a falha detectada no Landsat 7, o satélite Landsat 8 entrou em execução no ano de 2013 para suprir as necessidades observadas e continuar o magnífico legado dos outros satélites. Estão embarcados nesse satélite, o sensor OLI - *Operational Land Imager* e o TIRS - *The Thermal Infrared Sensor*, que trouxeram 4 novas

bandas. Diferente dos satélites anteriores, as imagens Landsat 8 vem com os valores de radiância embutidos e possuem entre as suas 11 bandas disponíveis (Tabela 03), uma banda exclusiva para estudos costeiros e aerossóis e duas bandas termais, além da banda pancromática com resolução espacial de 15 metros (NASA, 2016a; 2016b; USGS, 2015c).

Tabela 3 - Características espectrais e espaciais do sensor OLI/TIRS – Landsat 8.

Bandas	Comprimento de onda (µm)	Resolução espacial (metros)
1 (Costeiros - aerossóis/ <i>Coastal aerosol</i>)	0,433 - 0,453	30
2 (Azul - <i>Blue</i>)	0,450 - 0,515	30
3 (Verde - <i>Green</i>)	0,525 - 0,600	30
4 (Vermelho - <i>Red</i>)	0,630 - 0,680	30
5 (Infravermelho próximo - <i>Near infrared</i>) –NIR	0,845 - 0,885	30
6 (SWIR/MIR - <i>short wave infrared</i>) 1	1,560 - 1,660	30
7 (SWIR/MIR - <i>short wave infrared</i>) 2	2,100 - 2,300	30
8 (Pancromática - <i>Panchromatic</i>)	0,500 - 0,680	15
9 (Nuvens - <i>Cirrus</i>)	1,360 - 1,390	30
10 (Infravermelho termal - <i>Thermal infrared</i>) 1	10,6 - 11,2	100
11 (Infravermelho termal - <i>Thermal infrared</i>) 2	11,5 - 12,51	100

Fonte: USGS, 2015c.

Em resumo sobre o histórico do satélite, Chander, Markham e Helder (2009) em seu artigo o classificaram em três grupos: o primeiro (L1, L2, L3), de caráter mais experimental, inicia-se de 1972 a 1983/4 com o sensor MMS e câmera RBV, tendo resolução espacial de 80 metros e 4 bandas espectrais; o segundo grupo (L4-L5), lançado em 1984, marcou o sensoriamento remoto com a velocidade de processamento e aquisição de dados através dos sensores MMS e o novo, TM, reduzindo a resolução espacial para 30 metros e aumentando as resoluções espectrais para 6 e uma termal. No terceiro grupo de satélites (L6-L7) estão inclusos os sensores *Enhanced Thematic Mapper* - ETM e *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), resultando além das bandas do segundo grupo está inclusa a pancromática. Considerando a possibilidade dos autores de conhecimento do Landsat 8, projeta-se o quarto grupo com o sensor dominante *Operational Land Imager* (OLI), com 12 bandas sendo duas termais (IRONs; DWYER; BARSI, 2012; ROY et al., 2014).

O uso do sensoriamento remoto para estudos aplicado ao meio ambiente mostra-se eficiente desde a década de 70. Estudos como os de Rouse et al. (1973), utilizam as bandas 5 e 7 do satélite Landsat 1 e propuseram a razão entre a subtração destas bandas com sua respectiva soma; assim, foi criado o TVI – *Transformed Vegetation Index* o comumente conhecido como NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*. Mesmo sendo um índice desenvolvido na década de 70, ainda é atualmente bastante utilizado, onde é explorado em diversos casos, como análises e monitoramentos agrícolas/florestais (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). Sendo calculado a partir da seguinte equação (1):

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (1)$$

Onde: ρ_4 e ρ_3 são os valores da refletância das bandas 3 e 4 do (Landsat 5 TM), 5 e 7 (Landsat 1), e 4 e 5 (Landsat 8 OLI).

Tucker (1979) corrobora com os escritos de Rouse et al. (1973) dissertando sobre a importância das bandas espectrais para monitoramento da vegetação. Todavia, Huete (1988) observa que o fator solo mantém influência, podendo interferir no resultado do NDVI e propõe a equação (2) denotada como SAVI - *Soil Adjusted Vegetation Index*:

$$SAVI = \frac{IVP - VERM}{(IVP + VERM)} * (1 + L) \quad (2)$$

Onde o IVP e VERM são os valores da refletância das bandas 4 e 3 do TM/Landsat 5, ou bandas 5 e 7 para o MSS/Landsat 1, ou bandas 5 e 4 para o OLI/Landsat 8. Na equação (2), L é o coeficiente de solo usado para minimizar a interferência deste nas imagens. Em vários estudos, utiliza-se $L=0.5$.

Na década na 90, o sensoriamento aplicado aos ecossistemas é marcado por dois grandes índices com o mesmo nome, porém, com diferentes intencionalidades. Gao (1996) desenvolveu um índice tendo base no NDVI para estimar a quantidade de água contida no dossel da vegetação, denominando-o de NDWI - *Normalized difference water index of vegetation liquid water* ou *Normalized difference water index*, definido pela equação (3):

$$NDWI_{(Gao,1996)} = \frac{(\rho_4 - \rho_5)}{(\rho_4 + \rho_5)} \quad (3)$$

A banda 4 é referente ao Infravermelho próximo (NIR) e a banda 5, Infravermelho médio (MIR/SWIR) (Landsat 5). Em 2002, Wilson e Sader (2002) formulam com grande

semelhança ao NDWI_(GAO, 1996) o NDMI – *Normalized difference moisture index* ou índice da diferença normalizada da umidade, que se trata de um índice detector de água na vegetação. Em contrapartida, McFeeters (1996) desenvolve um índice com a mesma sigla de Gao (1996), porém, o objetivo principal desse é separar com elevado grau de precisão os corpos hídricos do solo, sendo definido pela equação (4):

$$\text{NDWI}_{(\text{McFeeters } 1996)} = \frac{(\rho_2 - \rho_4)}{(\rho_2 + \rho_4)} \quad (4)$$

A banda 2 é referente ao verde (Green) e a banda 4, infravermelho próximo (NIR). Como os índices supracitados, todos variam de -1 a 1 e o 0 é a ancora, que no caso da equação do McFeeters, é o limiar de com ou sem água.

Zha, Gao e Ni (2003) observando as respostas na refletância em cidades, formularam o NDBI - *Normalized Difference Built-up Index* ou Índice normalizado de diferença de crescimento com as bandas 4 (infravermelho próximo – NIR/Landsat 5) e 5 (infravermelho médio – MIR/SWIR Landsat 5 (equação 5), onde através desse, áreas edificadas poderiam ser mapeadas com mais automação.

$$\text{NDBI} = \frac{(\rho_5 - \rho_4)}{(\rho_5 + \rho_4)} \quad (5)$$

Xu (2006) encontra falhas no índice do McFeeters no que tange a divisão exata de água e solo/vegetação. Observando tais falhas, o autor desenvolveu uma modificação no NDWI (McFeeters 1996), substituindo o infravermelho próximo (NIR) pelo infravermelho médio (SWIR/MIR) e renomeando a formula para MNDWI equação (6):

$$\text{MNDWI} = \frac{(\rho_2 - \rho_5)}{(\rho_2 + \rho_5)} \quad (6)$$

Onde a banda 2 é referente ao verde e a banda 5 diz respeito a banda do infravermelho médio.

O autor valida seu trabalho em lagos, rios e áreas costeiras, mostrando a considerável melhora na discriminação precisa dos recursos de água e não água. Vale ressaltar que o mesmo continuou deixando o limiar do novo índice em 0, porém, observou que dependendo da região,

ajustar o limiar resultava em resultados mais satisfatórios no produto final. Na África, Lacaux et al. (2007) desenvolveu o NDPI – *Normalized difference pond index* ou índice de diferença normalizada de lagoas, onde o mesmo valida classificando lagoas na África Ocidental, utilizando as mesmas bandas do MNDWI, invertendo apenas a posição destas na formula (MIR/SWIR [5] - Green [2] / MIR/SWIR [5] + Green [2]).

Wang (2007) trabalhando em sua tese de doutorado com o MNDWI em inundações, observou algumas falhas no índice, desenvolvendo o DFI – *Desert flood index* ou índice de inundações desérticas, definida pela equação (7):

$$DFI = \frac{(\rho_2 - \rho_5 + 0.1)}{[(\rho_2 + \rho_5) \cdot (NDVI + 0.5)]} \quad (7)$$

Onde o NDVI é o índice de vegetação formatado por Rouse et al. (1973) com um valor de redução de impacto (0,5) e o 0,1 é um fundo experimental obtido através de diversas observações. Wang conclui em seu trabalho que o DFI na grande maioria dos casos detém resultados de elevado grau de semelhança ao MNDWI (BAIG et al., 2013). Porém, o autor com essa nova formula remete a importância de outros índices do sensoriamento remoto trabalhando em conjunto para mapear um ecossistema. Num estudo publicado por Zhang, Ji e Wylie (2009) sobre os diversos índices de diferenças normalizadas para água, descobrem que o MNDWI é o mais recomendado para mapear a borda entre a água e o solo, mas o ajuste do limiar com base nas situações específicas é necessário.

Uma alternativa de maior automatização dos processos de monitoramento via sensoriamento remoto atualmente é o Projeto EEFlux - *Earth Engine Evapotranspiration Flux*, projeto oriundo do consórcio entre o Google, a Universidade de Nebraska-Lincoln, do Instituto de Pesquisa do Deserto (EUA) e a Universidade de Idaho. Consiste no processamento automático das imagens Landsat e a exposição de tais produtos como imagens brutas, composições verdadeiras, composições falsas (RGB: 4, 3, 2 e 7, 5, 3), albedo, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI/IVDN, DEM – *Digital Elevation Model* – Modelo digital de elevação, *Land Cover* – Uso e cobertura da terra, temperatura da superfície, ETr – Evapotranspiração real (referência da alfafa), ET₀ – Evapotranspiração (referência da grama), ETrF – Fração da referência ET e atual ET - Evapotranspiração em plataforma virtual vinculada ao *Google Earth Engine system* (EEFLUX, 2015). Para o NDVI, o EEFlux se utiliza das formulas de obtenção da reflectância aconselhadas por Tasumi, Allen e Trezza (2008) e do Índice de Vegetação por diferença normalizada de Rouse et al. (1973), todavia, por ainda estar

em fase *beta*, os produtos do processamento automático não estão disponibilizados por completo, sendo assim, recomenda-se a utilização dos métodos convencionais de aquisição, pré-processamento e processamento de imagens.

Após o levantamento temporal de índices de grande relevância para perenidade dos estudos de sensoriamento remoto no mundo, ressalta-se que outros índices promovidos via sensoriamento remoto são existentes, todavia, neste trabalho tentamos propor um levantamento das formulações padrões, sendo encontradas com frequência em trabalhos na temática. A possibilidade de uso das bandas para detecção de comportamentos ambientais sem a utilização de índices é factível; podemos citar como exemplos o trabalho científico de Santos (2012) no qual utilizou a banda 4 do satélite Landsat 5 para investigar a borda do Reservatório de Sobradinho – BA; Lopes et al. (2013) que utilizou imagens Landsat para avaliar a qualidade da água com relação do clorofila-a nas margens do Reservatório de Itaparica - PE e Candeias et al. (2015), que combinou bandas do Landsat e detectou sedimentos em suspensão, macrófitas e áreas com argila no reservatório de Itaparica – PE.

Dentre o multiverso de possibilidades oferecido pelas imagens de sensoriamento remoto (monitoramento, realce, índices, análises temporais), as técnicas de geoprocessamento podem ser incluídas como instrumento pujante no processamento de dados de geomorfológicos, pedológicos, hidroclimatológicos e meteorológicos, auxiliando na análise de uma determinada área e validando estudos. Atividades como o zoneamento agroecológico, ecológico econômico e cartas de geopotencialidade (CREPANI, et al, 2001; CREPANI et al, 2008; RODRIGUES et al., 2001, SILVA et al., 2015) levantam a importância do geoprocessamento junto ao sensoriamento remoto como uma importante ferramenta para tomada de decisão e suporte a gestão de ambientes com grande influência antrópica ou em elevado grau de conservação.

4.4 A COMPREENSÃO INTRÍNSECA DA IMAGEM: O ENTENDIMENTO DO HISTOGRAMA

Quando se deseja estudar um alvo, como por exemplo, um reservatório como no caso dessa dissertação, pode-se aplicar uma simplificação da imagem usando a binarização de histograma. O resultado é uma imagem contendo apenas o alvo de interesse. Esse tipo de processamento de imagem pode ser útil quando se deseja analisar um alvo de forma multitemporal.

Para isso, cabe ao pesquisador conhecer as relações existentes em cada faixa nos intervalos espectrais e, portar sensibilidade e entendimento de como a imagem se organiza em

seu histograma. Segundo Crósta (1992) e Figueiredo (2005), o histograma é a representação de valores, numericamente ou em percentual dos *pixels* em uma imagem, no qual fornece informações sobre a sua distribuição dos níveis de cinza. Mesmo sendo base relevante para a imagem, os histogramas não emitem informações referentes a distribuição espacial de dados. Pode também ser denominado como distribuição de intensidades ou Função de Densidade de Probabilidade – PDF (SILVA, 2001).

O reflexo da manipulação adequada de um histograma varia entre uma obtenção de um dado em um determinado intervalo até, por intermédio da classificação, numa rica discussão e defesa de uma imagem. Todavia, usa-se uma série de programas para o processamento digital de imagens (PDI); em meio de *softwares* de licenças gratuitas ou pagas, os programas ERDAS, SPRING e ENVI são os mais usados sob território nacional, adaptando-se a contínua evolução do sensoriamento remoto, que por sua vez, fornece produtos de maiores volumes e complexas interpretações e decodificações.

4.5 O GEOPROCESSAMENTO COMO UM ALIADO NOS ESTUDOS DE SENSORIAMENTO REMOTO TEMPORAL

Os resultados provenientes do processamento de imagem necessitam, na maioria das vezes, de instrumentos tecnológicos que sejam capazes de armazenar, localizar espacialmente, analisar, apresentar e manipular via banco de dados os elementos anteriormente tratados durante o PDI. Denomina-se estes instrumentos de Sistema de Informações Geográficas – SIG, sendo, segundo Veiga e Silva (2004) e Oliveira et al. (2008) um conjunto de aplicações e/ou ferramentas habilitadas a manusear bases georreferenciadas (e georreferenciar elementos sem referência espacial), editando imperfeições e assim, proporcionando uma visão e/ou produto final de abrangência elevada para a determinada área em estudo. Os programas como ArcGis, QuantumGis (QGIS) e MapInfo podem ser levantados como exemplos.

Tendo como base os autores citados, denomina-se geoprocessamento como a junção das técnicas de processamento de imagens acrescida aos Sistemas de Informações Geográficas, não ausentando os relevantes conceitos da Cartografia, Geografia, Urbanismo e áreas afins, que compõe todo o arcabouço discursivo. O geoprocessamento vem sendo eficiente no que tange a associação com o sensoriamento remoto e suas respectivas séries temporais, em que os resultados de diversas manipulações implicam em benesses para a preservação físico natural, ambientes urbanos (ou povoados) e nos recursos hídricos.

5 ANÁLISE ESPACIAL E MULTITEMPORAL DAS COTAS DO SOBRADINHO E SUAS ÁREAS INUNDÁVEIS DOS ANOS DE 1973 A 2017.

É inquestionável a relevância das imagens oriundas do sensoriamento para monitoramento e gestão dos ambientes de interesse. Os diversos modais usados para se obter informações remotas, tais como satélites, aviões ou drones estão em consonância com as variadas formas para a decodificação destas; programas de realce visual e fórmulas vem promovendo para essa ciência elevado prestígio e credibilidade em seus produtos, como é observado ao longo dos anos.

Importantes estudos sobre a temática, tais como as primeiras aplicações do índice de área foliar - IAF (JORDAN, 1969), a distribuição espectral da luz na floresta (FEDERER, TANNER, 1966), o índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI (ROUSE et al., 1973), o índice de vegetação ajustado ao solo - SAVI (HUETE, 1988), os índices de água por diferença normalizada - NDWI (GAO, 1996; MCFEETERS, 1996), o de diferença de crescimento - NDBI (ZHA; GAO; NI, 2003) e o de inundações desérticas - DFI (WANG, 2007) estão em concomitância com escritos envolvendo análises temporais, uma vez que, observa-se monitoramentos via sensoriamento em agricultura (ROUSE, 1974; EPIPHANIO et al., 1996; GOERGEN et al., 2016), dossel de vegetação (TUCKER; MAXWELL, 1976; ROSA et al., 2015), perímetros irrigados (EPIPHANIO, VITORELLO, 1983; SILVA et al., 2012), uso e ocupação do solo (BORGES; PFEIFER; DEMATTÊ, 1993; MENKE et al., 2009), áreas litorâneas (MORAES et al., 2015) e ações antrópicas (ALVES; SKOLE, 1996; GRECCHI et al., 2016). Aliado a isto, uma grande diversidade de parâmetros que permitem a possibilidade de o conteúdo apresentado abarcar pesquisas.

As análises multitemporais são cada vez mais usadas, resultado da facilidade no que tange a velocidade ao acesso a informação, o que fez elevar a disseminação dos resultados e processos metodológicos de pesquisas acadêmicas e a permanência destas e de novos trabalhos na plataforma virtual. Por definição, essas análises são verificações críticas das séries temporais, sendo estas definidas por Latorre e Cardoso. (2001) e Antunes e Cardoso (2015) como uma forma de organizar no tempo, uma sequência de dados e/ou informações quantitativas relativas a momentos específicos onde são estudadas, segundo sua variação de período. Atualmente, a utilização das séries temporais no sensoriamento é um artifício robusto para validação, comparação e investigação de ambientes, enriquecendo discussões e embasando diagnósticos.

Em ambientes semiáridos e áridos, o monitoramento dos recursos hídricos é de extrema relevância para a manutenção da vida e da perpetuação dos sistemas econômicos condicionados. Embora haja o contínuo acompanhamento dos recursos hídricos no Brasil e especialmente no Nordeste, os dados recebidos e catalogados das estações hidrológicas físicas podem vir com grandes períodos vazios ou conterem erros devido a conservação dessas. No entanto, essas estações físicas possuem extrema significância para pesquisa acadêmica, indicando informações hidrológicas observadas reais.

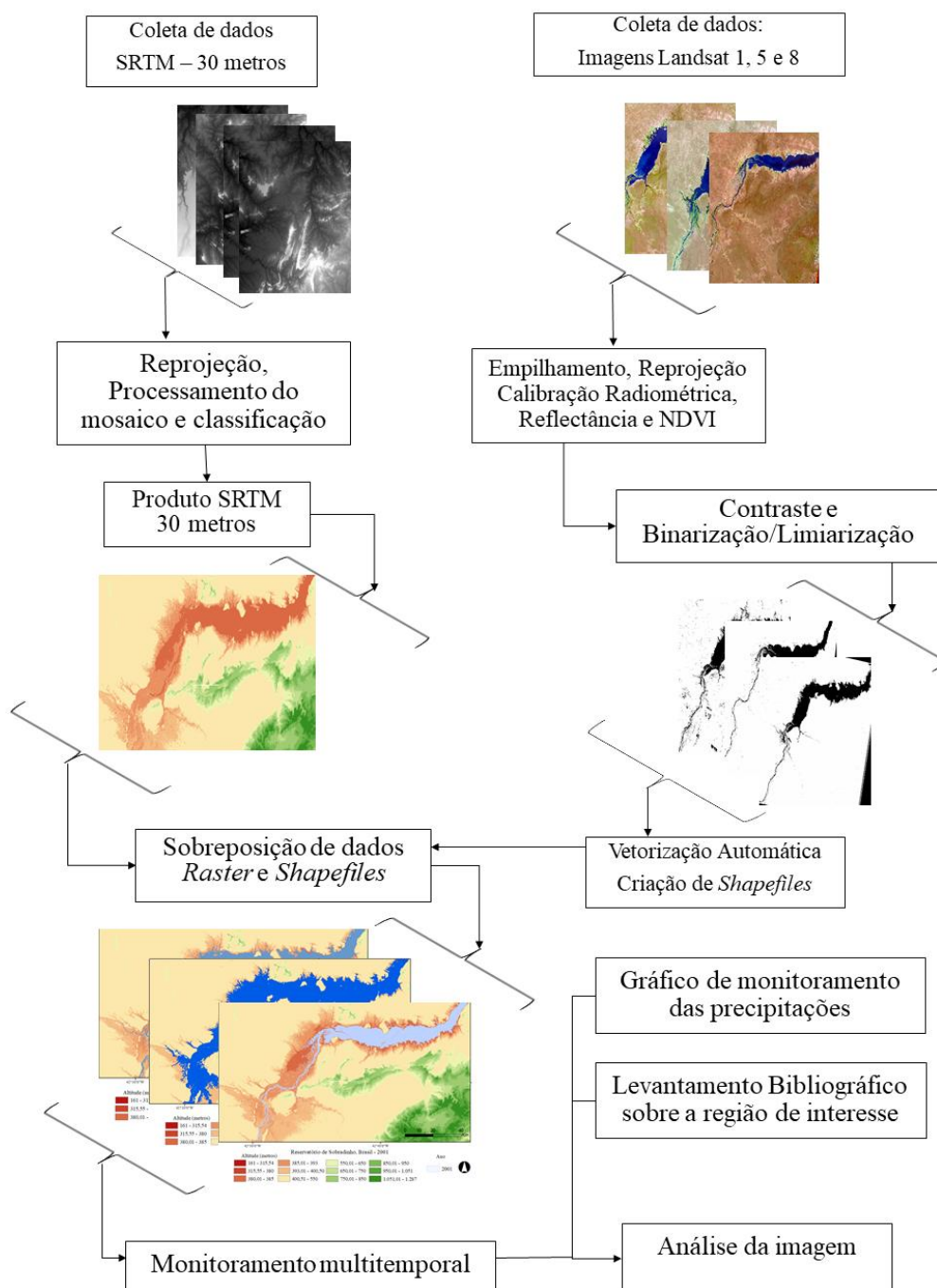
A capacidade do sensoriamento remoto e do geoprocessamento aliado as séries temporais de extrair informes sensíveis para hidrologia, tais como cotas altimétricas, temperatura de superfície, evapotranspiração e outros índices faz dele uma ferramenta conciliadora entre o observado e o remoto. A junção promove equilíbrio para a gestão de recursos hídricos, sejam eles públicos ou privados, envolvendo as esferas aquáticas menores tais como barreiros, barragens e rios secundários até os macros, como grandes bacias hidrográficas, rios principais e extensos reservatórios.

Diante do exposto, o primeiro capítulo apresenta uma análise espacial e multitemporal temporal das cotas do Reservatório de Sobradinho e seu entorno, a partir do ano de 1973 até 2017.

5.1 METODOLOGIA

Para desenvolvimento do capítulo I, utiliza-se técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento sendo auxiliado com dados de instancias federais competentes, tal como o INPE e a ANA. Os procedimentos metodológicos seguem os passos do fluxograma abaixo (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.



5.1.1 Aquisição de dados

A coleta de dados compreendeu-se na obtenção gratuita via Serviço Geológico Americano - USGS das imagens oriundas do satélite Landsat 1 (MMS), 5 (TM) e 8 (OLI). A disponibilidade das imagens é através do sítio virtual da USGS <https://earthexplorer.usgs.gov>,

onde a série temporal deu-se de 1973 a 2018. A Tabela 04 expõe os anos das imagens, o patch e o row:

Tabela 4 – Aquisição de anos para o monitoramento multitemporal.

Ano	Mês	Dia	Patch	Row
1973	10	9	234	67
1984	8	9	218	67
1988	6	1	218	67
1992	8	31	218	67
1994	5	17	218	67
1996	5	22	218	67
1998	6	29	218	67
2001	10	11	218	67
2005	11	17	218	67
2010	5	29	218	67
2013	6	6	218	67
2014	7	11	218	67
2015	11	19	218	67
2016	12	7	218	67
2017	2	25	218	67

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

5.1.2 Empilhamento e reprojeção das imagens

Após a aquisição das imagens, utilizou-se o *software* ERDAS Imagine 9.1 para empilhar as faixas de 1 a 7 (Landsat 5) e 2 a 7 e a banda 10 (Landsat 8). Para reprojeção, o *Software* ERDAS 9.1, licenciado pelo Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE deu suporte nesse procedimento. As ferramentas *raster – reprojeção*, aplicando o sistema geodésico Datum WGS 84 - Sul foram utilizadas.

5.1.3 Processamento da imagem

Necessita para extração de informações importantes dos produtos Landsat 5 brutos tal como os conhecidos Índices para monitoramento ambiental a calibração radiométrica nas imagens. A calibração radiométrica, segundo Oliveira et al. (2010) é obtida através da intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido. A equação proposta por Markham e Baker (1987), (Equação 8) é manipulada:

$$L_{\lambda i} = \alpha_t + \frac{b_t - \alpha_t}{255} \cdot ND \quad (8)$$

Onde a e b são os coeficientes de calibração mínima e máximo, ND é a intensidade do pixel e i corresponde às bandas da imagem. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003) e atualizados por Chander, Markham e Helder (2009) (Tabela 05).

Tabela 5 – Coeficientes de calibração radiométrica (Landsat 5).

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de Calibração		Irradiância espectral no topo atmosférico - TOA
		a (mínimo)	b (máximo)	
1 (azul)	0,452 - 0,518	-1,52	169	1957
2 (verde)	0,528 - 0,609	-2,84	333	1796
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	-1,17	264	1536
4 (IV - próximo)	0,776 - 0,904	-1,51	221	1031
5 (IV - médio)	1,567 - 1,784	-0,37	30.2	220
6 (IV - termal)	10,45 - 12,42	1,2378	15.303	1
7 (IV - médio)	2,097 - 2,349	-0,15	16	83.44

Fonte: Chander, Markham e Helder (2009).

Nas imagens Landsat 5 adquiridas e empilhadas foram executadas o procedimento denominado reflectância. A reflectância é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida para as imagens Landsat 5 através da equação proposta por Allen et al. (2002), (Equação 9):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos(Z) \cdot dr} \quad (9)$$

Onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $K_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano (ALLEN et al., 2002). A Irradiância espectral no topo da atmosfera se encontra no manuscrito de e atualizados por Chander, Markham e Helder (2009) (Tabela 5).

Para as imagens do satélite Landsat 8 utilizamos a seguinte fórmula promovida por Chander e Markham (2003) para a reflectância (equação 10):

$$r_b = \frac{(Add_{refb} + Mult_{refb} \cdot ND_b)}{\cos(Z) \cdot D_R} \quad (10)$$

Segundo Silva et al. (2016) o Add_{refb} corresponde ao fator aditivo de reescalonamento para cada banda, disponível no arquivo metadados da imagem, assim como o $Mult_{refb}$ que corresponde ao fator multiplicativo de reescalonamento para cada banda. ND_b representa os valores de número digital da imagem, Z é o ângulo zenital solar e também pode ser encontrado no arquivo metadados da imagem. O D_R corresponde ao quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano, e pode ser calculado através da equação abaixo (Equação 11):

$$D_r = \left(\frac{1}{D_{TR}} \right)^2 \quad (11)$$

D_{TR} é a distância Terra-Sol (unidade astronômica) no dia de cada imagem, também inclusa e extraída dos metadados da imagem.

5.1.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

Após o processamento da reflectância, executou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI/IVDN. É um dos índices mais usados no sensoriamento remoto em diversas regiões no globo, proposto por Rouse et al. (1973) (equação 12) tendo a capacidade de medir a distribuição espacial do vigor da vegetação a partir da seguinte formulação:

$$NDVI/IVDN = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (12)$$

Onde a ρ_4 faz referência a banda equivalente ao infravermelho próximo e o ρ_3 , a banda do vermelho.

5.1.5 Contraste, binarização e Vetorização

Utilizou-se o *software* gratuito SPRING 5.5 para o procedimento de contraste e binarização da imagem NDVI, resultado do passo metodológico anterior. O contraste, segundo Passaia e Zattana (2012) é a diferença de brilho entre as áreas escuras (tons escuros) e claras de uma cena (imagem), tendo todos os tons de cinza representado no histograma. O realce de contraste redistribui o agrupamento dos tons de cinza, resultando no impacto visual elevado ao enfatizar texturas, realçar alvos e aflorar detalhes. Contudo, quando há a manipulação do histograma junto ao contraste, pode-se aplicar o princípio da *binarização* ou *limiarização* na imagem, onde, segundo Facon (2006), é um mecanismo simples com objetivo principal de dividir as áreas de interesse – *foreground* [ON] das áreas de fundo – *background* [OFF];

gerando imagens binárias, isto é, representações com apenas duas classes (branco e preto/ preto e branco), facilitando a automação e distinção dos ambientes relevantes.

A vetorização ou o desenho vetorial é definido por Tori (1987), onde coordenadas cartesianas e parâmetros geométricos podem se converter numa imagem constituídas por pixels, ou seja, um mapa de pontos. O mesmo autor denomina esse processo de “análise de imagens”. Podem ser usadas em diversos âmbitos, seja na arquitetura ou no processamento de imagens via sensoriamento remoto (SOARES et al., 2005; ROCHA, 2009). Os procedimentos de vetorização poder abarcar o manual, o semiautomático e o automático.

Após a binarização das imagens de sensoriamento remoto, utilizou-se a ferramenta *vetorização automática* do *software* SPRING 5.5. Uma vez binarizada, os valores da imagem foram incluídos em duas classes: os pontos do reservatório - *foreground* e as áreas de não relevância – *background*; no qual, considerou-se o valor máximo para o limiar (*background*), aplicando a vetorização nos valores abaixo do limiar indicado (*foreground*).

5.1.6 Ajustes na vetorização automática / Confeção das shapefiles do reservatório

Obtendo os produtos vetor, exportou-se os dados do SPRING para o *software* ArcGis 9.2, utilizando o botão *exportar > exportar dados vetoriais e matriciais > shapefiles (sem marcação de classes) > coordenadas (planas, metros) > separador; > entidade (linha e identificação automática)*. Eventuais erros, ruídos e áreas de borda da imagem foram excluídas com o auxílio da ferramenta *edição de vértices*. Para o agrupamento e criação da shapefiles do reservatório utilizou-se as ferramentas *merge*.

5.1.7 Modelos digitais de elevação MDE (DEM – Digital Model Elevation)

Para confecção do modelo digital de elevação, adquiriu-se 12 cenas do SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* de 30 metros para o mosaico, correspondendo a todo reservatório e seu entorno (Tabela 06):

Tabela 6 - Cenas adquiridas para a confecção do mapa de altimetria.

SRTM – 30 metros
Cenas adquiridas
s09_w040_1arc_v3
s09_w041_1arc_v3
s09_w042_1arc_v3
s09_w043_1arc_v3
s10_w040_1arc_v3

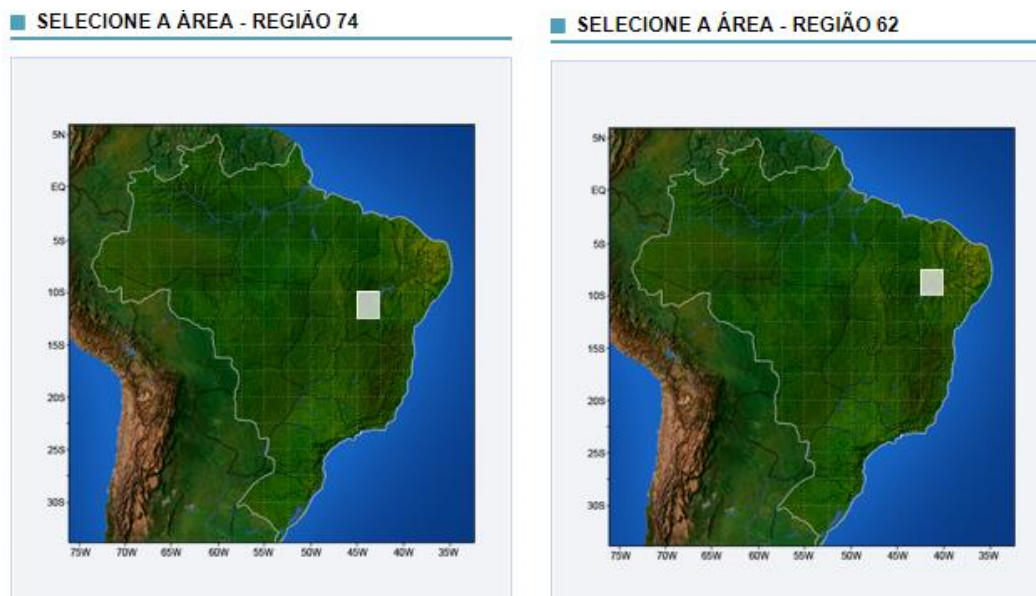
s10_w041_1arc_v3
s10_w042_1arc_v3
s10_w043_1arc_v3
s11_w040_1arc_v3
s11_w041_1arc_v3
s11_w042_1arc_v3
s11_w043_1arc_v3

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2018).

5.1.8 Monitoramento da precipitação da região – INPE

Com relação a precipitação, utilizou-se dados de monitoramento da precipitação e estações chuvosas, produto oriundo do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, que por sua vez, mantém um vasto banco de dados interligado (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia [SOYNOP - *Surface Synoptic Observations* + EMAs - Estação Meteorológica Automática], PCDs - Plataforma de Coleta de Dados e Centros Estaduais de Meteorologia). De resolução espacial de 0.25°x 0.25°, varrendo o território brasileiro, o produto final é exposto em 124 caixas denominadas pelo próprio INPE de “regiões”, com período de disponibilidade iniciando no ano de 1997 até o presente momento. As regiões escolhidas para suporte ao trabalho são enumeradas pelo INPE de “Região 74” que mostra desde a nascente do Rio São Francisco até a entrada do Reservatório de Sobradinho (Região 62) (Figura 3). Obteve-se a partir dessa plataforma os gráficos de precipitação acumulada anual e suas anomalias positivas e negativas. Os dados foram obtidos gratuitamente a partir do site clima1.cptec.inpe.br/estacaochuvosa/pt.

Figura 3 - Mapa de quadriculas referente as “regiões” do monitoramento da precipitação e estações chuvosas no Brasil.



. Fonte: INPE, 2018.

5.1.9 Dados sobre as cotas reais do reservatório de Sobradinho - ANA

As informações reais sobre as cotas do reservatório de Sobradinho foram adquiridas na plataforma virtual do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR (<http://sar.ana.gov.br/>), junto as informações do Sistema de Integração Nacional – SIN. A série de dados se inicia em 1991 a 1992, mantendo um hiato nos anos de 1993 a 1997, retornando de 1998 até os dias atuais. Desenvolveu-se gráficos sobre as cotas diárias e média de cotas anuais foram para suporte nas discussões da pesquisa.

5.1.10 Análise da imagem – sobreposições de shapefiles do reservatório de Sobradinho

Obtendo o resultado vetorizado do Reservatório ao longo dos anos em formato *shapefile* junto ao modelo digital de elevação em formato *raster*, executou-se a sobreposição dos elementos junto a uma série de transectos (15) com a finalidade de compreender as dinâmicas de Sobradinho. Para obtenção dos dados do transectos utilizou-se a ferramenta *measure* e *Calculate Geometry*, do ArcGis nas *shapefiles* dos pontos, uma vez que estas estão com coordenadas geográficas conhecidas.

5.1.11 Análise dos resultados dos transectos (Perfis) – representação gráfica dos comprimentos do reservatório de Sobradinho

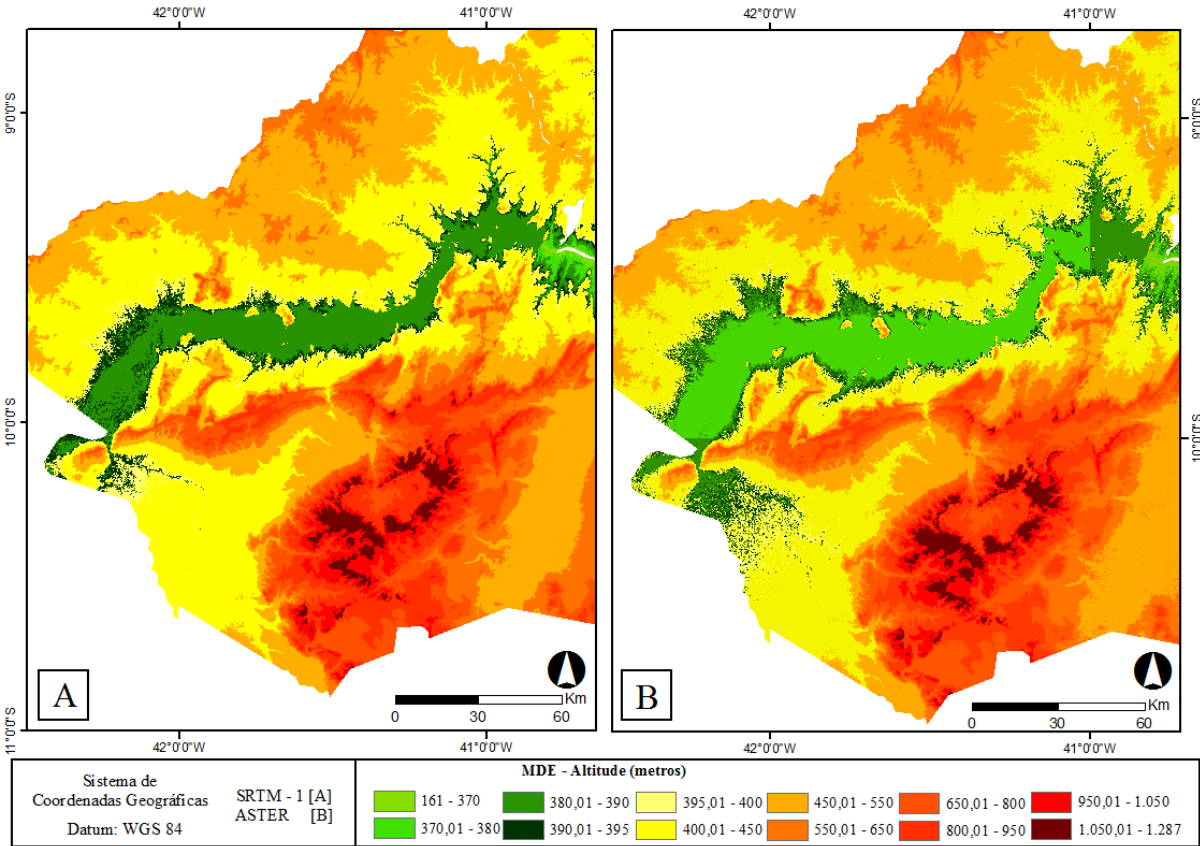
Após obtenção das *shapefiles* do reservatório de Sobradinho, foi executado através do ArcGis 9.2 licenciado pelo Departamento de Ciências Geográficas quinze (15) transectos ao longo da imagem em estudo, com finalidade de quantificação e apresentação dos dados em gráfico. Posteriormente detectou-se a imagem com o período de maior cheia do reservatório, considerando-o referência; desta forma executou-se uma representação gráfica através da subtração dos dados extraídos tendo como base da subtração o ano referência escolhido.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da imagem bruta pode trazer para a pesquisa agilidade e facilidade para organizações e estudos de gestão dos recursos hídricos, todavia, é necessário o acompanhamento de um profissional técnico da área que mantenha o entendimento das variações e respostas espectrais que o histograma pode obter. A aplicação dos índices de sensoriamento remoto vem sendo alternativa na redução de erros e veracidade dos dados; sabendo que o NDVI é um índice que varia no intervalo de -1 a 1, onde valores entre -1 a 0 são equivalentes a corpos hídricos, manipula-se, empregando o valor ancora de limiarização no 0 (zero), assim, a resposta da imagem binarizada compreende com relevância os ambientes hídricos e não hídricos. A popularidade do NDVI, somada a sua precisão espectral e vastos trabalhos datados em literatura acadêmica o fez ser alvo desse trabalho, contudo, diversos índices que apresentam valores variando de -1 a 1 podem ser recorridos, ainda assim, necessita-se de um entendimento prévio de que estes valores representam e onde impor as ancoras limiares, caso seja necessário.

Além das imagens de satélite, o uso dos modelos digitais de elevação (*Digital Elevation Model*) – MDE/DEM é de grande utilidade para auxiliar nos mapeamentos no que tange aos recursos hídricos (NOVAIS, 2015) e estudos geológicos ou/e geomorfológicos (CAMARGO et al., 2011; KAZZUO-VIEIRA, 2015). Silva e Candeias (2017) compararam os modelos digitais de elevação ASTER e SRTM de 30 e 90 metros para região de Sobradinho - BA, tendo como propósito a obtenção do modelo que melhor correspondesse, no âmbito real, a área. Os pesquisadores supracitados observaram discrepâncias no modelo ASTER para área (Figura 04), juntamente com a MDE SRTM de 90 metros (Figura 05).

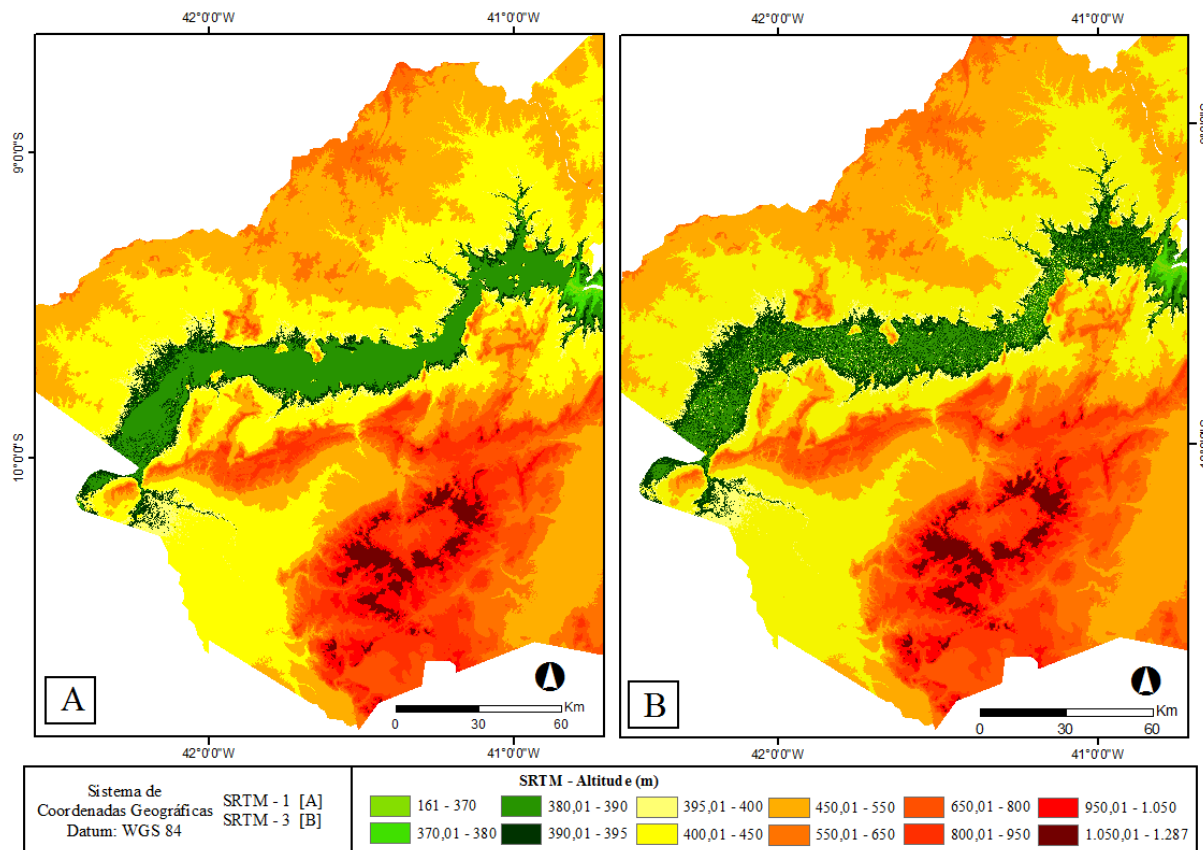
Figura 4 - Comparação visual dos modelos SRTM e ASTER.



Fonte: Silva e Candeias (2017).

Segundo Silva e Candeias (2017), valores na MDE ASTER (Figura 04, imagem B) estão abaixo do que é encontrado em literatura para área. Ademais, observou-se na jusante do reservatório bruscas mudanças de valores na altimetria, comprometendo ainda mais o modelo digital de elevação.

Figura 5 - Comparação dos modelos digitais de elevação SRTM – 30 e 90 metros para a região de Sobradinho – BA.

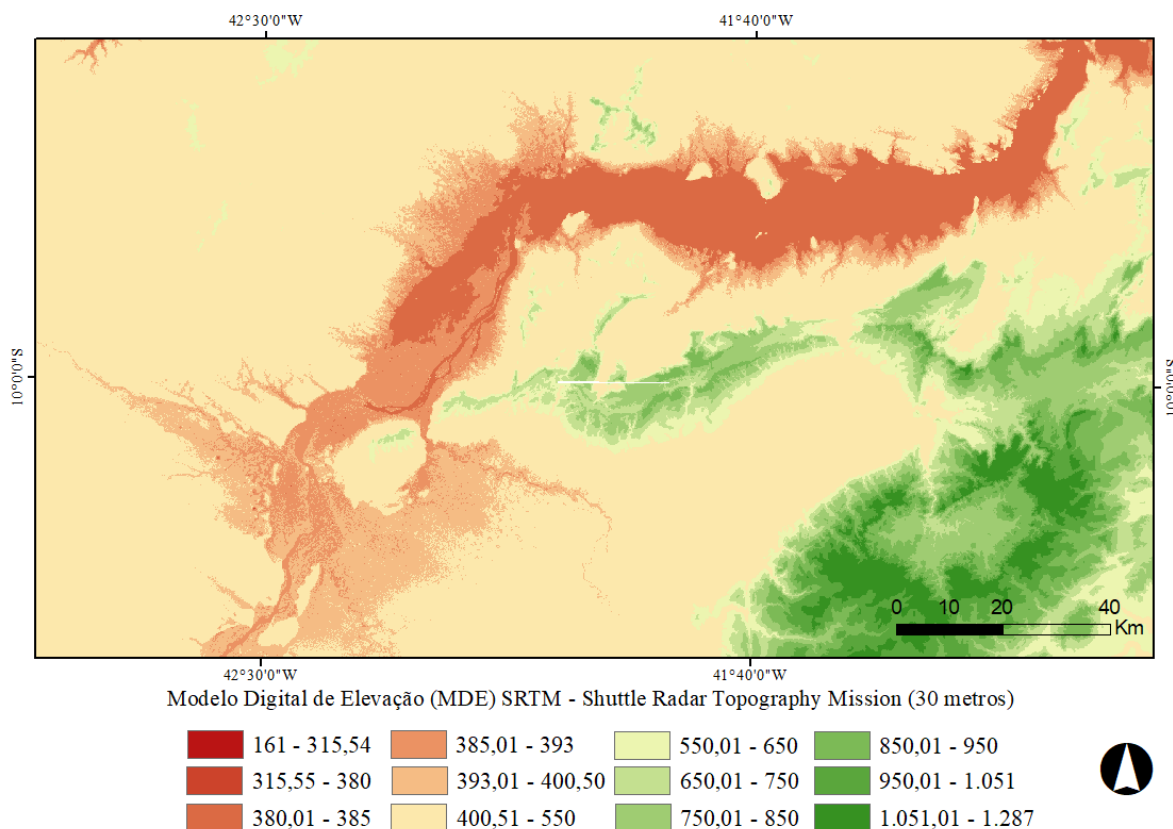


Fonte: Silva e Candeias (2017).

O modelo digital de elevação SRTM de 30 metros foi lançado para o âmbito global no ano de 2014 (SRTM, 2005) abrindo novos paradigmas de pensamento em relação à qualidade desta: trabalhos de grande relevância que tiveram como base modelos SRTM e foram executados em período anterior as disponibilizações podem novamente ser refeitos, sendo esses aprimorados no que se refere à qualidade dos resultados. Segundo Silva e Candeias (2017), a SRTM de 90 metros (denominado pelos autores de SRTM – 3) (Figura 05 – imagem B) possui uma série de pequenos pontos de elevação superior agrupados ao longo do reservatório, esses pontos fogem dos dados obtidos e discutidos em literatura e são ocasionados pelo reflexo do corpo hídrico no radar. Os autores Mendes e Cirilo (2001) quando encontraram esses pontos no corpo hídrico definiu-os como *sinks*, caracterizados como áreas rodeadas com maiores elevações, dando a impressão de que foi formada várias depressões conjuntas. Em contrapartida, a SRTM de 30 metros (denominada por Silva e Candeias (2017) de SRTM – 1) possui uniformidade nos dados e contemplam a literatura da área, diferente também do modelo digital de elevação TOPODATA, que reamostra a imagem SRTM de 90 metros para 30, sendo

esse o motivo deste trabalho escolher o modelo digital de elevação SRTM 30 metros (ou SRTM – 1) para o suporte altimétrico (Figura 06).

Figura 6 – Representação do modelo digital de elevação - *Shuttle Radar Topography Mission* (Resolução 30 metros) para a região em estudo.



Fonte: USGS, s/d.

Dividiu-se a Figura 06 em 12 partes, com a paleta de cores variando do vermelho (retratando as áreas mais baixas) ao verde (retratando as áreas mais elevadas). A divisão em 12 partes deu-se por conta da grande diferenciação altimétrica da região escolhida; a cota do modelo digital de elevação variou de 161 a 1287 metros, no qual, os períodos de 383 a 393 metros fazem parte das cotas do reservatório, e como consequência, classificou-se no trabalho de forma específica, com finalidade principal de esclarecer as áreas de inundação e não inundação. As demais áreas foram classificadas no formato padrão através de intervalos de 50 metros.

Compreendendo as diferenças altimétricas do reservatório, denominaremos, neste trabalho, de situação “Ótima” quando o Reservatório alcançar esses ambientes de extravasamento ou de cota máxima; “Normal”, quando Sobradinho mesmo sem alcançar os ambientes de extravasamento, manter suas cotas entre (385,01 – 393); “Crítica”, se o

Reservatório manter-se entre as cotas (383 - 385,01) e “Muito crítico” enquanto o reservatório respirar abaixo da cota equivalente ao intervalo (380,01 – 383). Para validação das denominações do reservatório descritas anteriormente, utilizou-se de informações adquiridas através dos resultados obtidos pelas sobreposições das máscaras de situação do Reservatório somado aos dados oficiais de cotas oriundos (1998 até os dias atuais) da ANA para a região de interesse (Tabela 07).

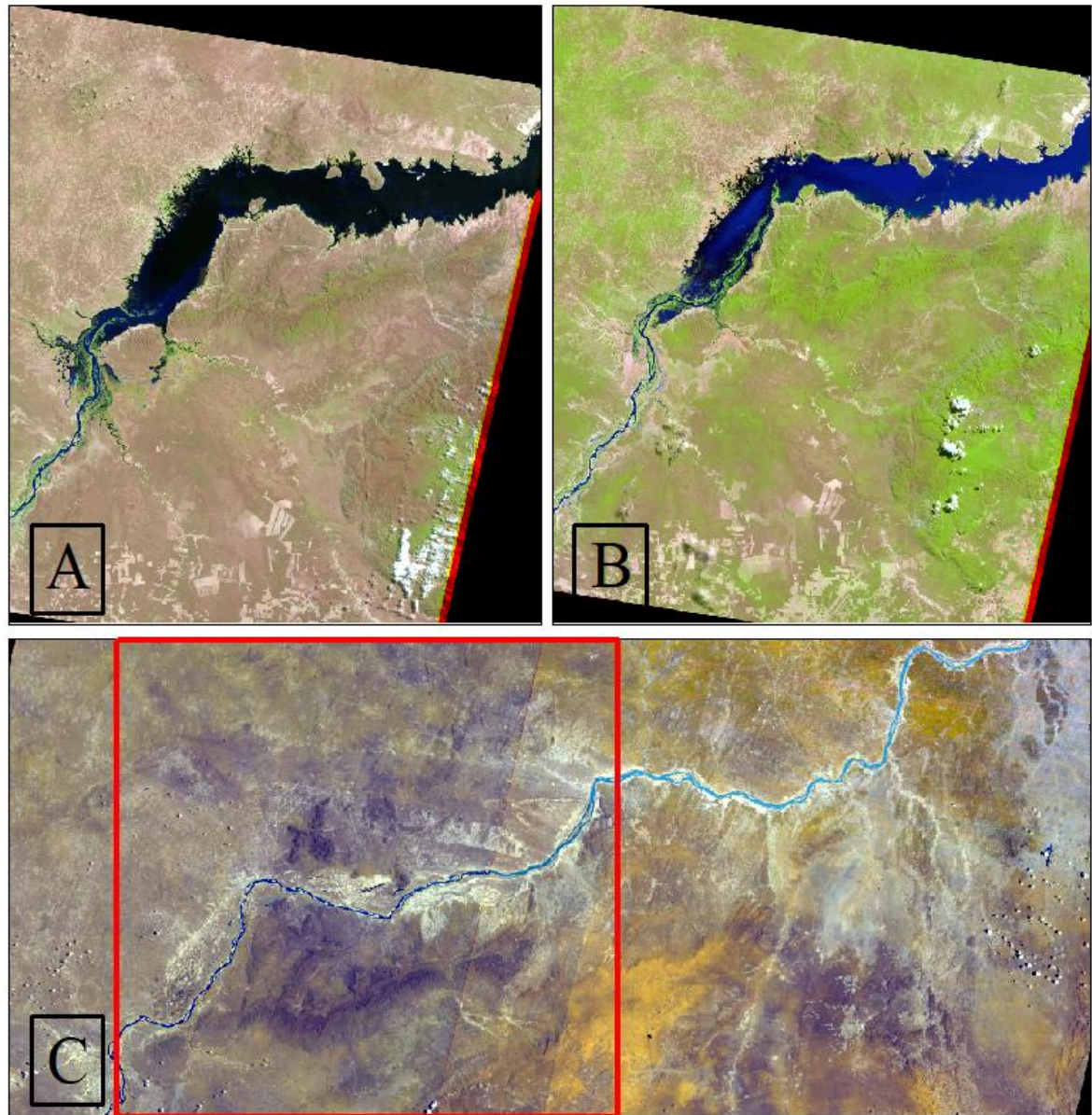
Tabela 7 - Relação cota x situação do reservatório

Cota (metros)	Situação do Reservatório
393,5 - 390,0	Ótima
389,9 - 385,0	Normal
384,9 - 383,0	Crítico
Abaixo de 382,9	Muito crítico

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2018).

O primeiro imageamento para a região de Sobradinho é datado de 1973, período anterior à grande cheia, sendo um raro e considerável dado para análise até os dias presentes. A intensificação dos imageamentos ocorrem na década de 90, tendo a qualidade melhorada nos anos 2000 com o Landsat 7 e com o Landsat 8 nos dias atuais; o banco de dados de imagens de aproximadamente 40 anos traz para administração a possibilidade de prevenção e controle de suas áreas, devido sua magnitude e de sua longevidade. O imageamento dos primeiros 20 anos de existência do reservatório foi tímido, com isso, se dificulta a visualização das dinâmicas água-solo do local. A Figura 07 retrata as imagens de Sobradinho nos períodos de 1973, 1984, e 1988, na composição colorida (RBG 543).

Figura 7 - Imageamento do Reservatório de Sobradinho nos anos de 1973, 1984 e 1988.



Reservatório de Sobradinho, Brasil (anos 70 - 80)

RGB

Red: Layer_5
Green: Layer_4
Blue: Layer_3

Figuras:

Figura A - Período de 1984 (09 / 08 / 1984)

Figura B - Período de 1988 (01 / 06 / 1988)

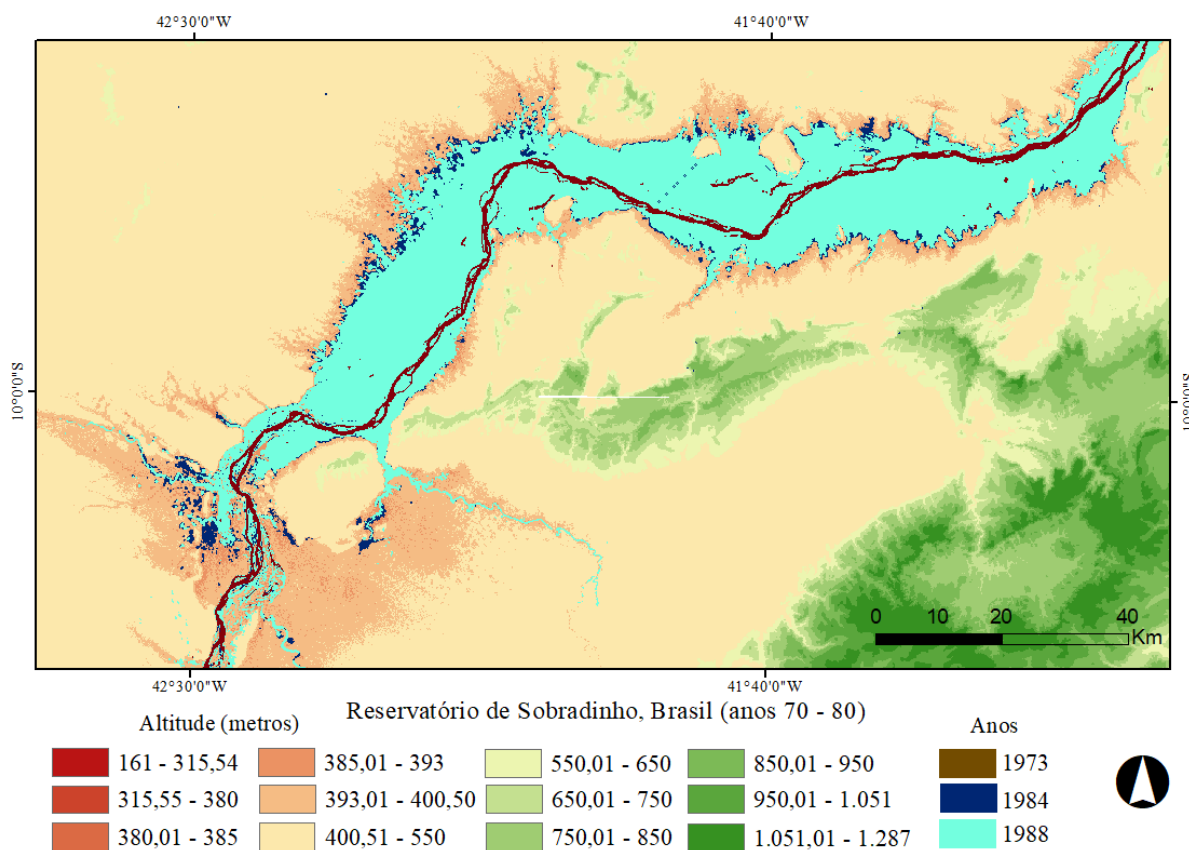
Figura C - Período de 1973 (09 / 10 / 1973)



As imagens A e B da Figura 07 retratam Sobradinho já preenchido, onde ambas transparecem uma quantidade hídrica estável, uma vez que estes alcançam e preenchem os maiores ambientes de reserva de água do lago artificial. Na mesma Figura, a imagem C mostra Sobradinho no período anterior da cheia; seus meandros marcam a imagem, expressando o

pulsar incessante que as águas do rio mantêm perene ao longo dos anos. A Figura 08 faz as sobreposições das cotas para o período de 1973, 1984 e 1988.

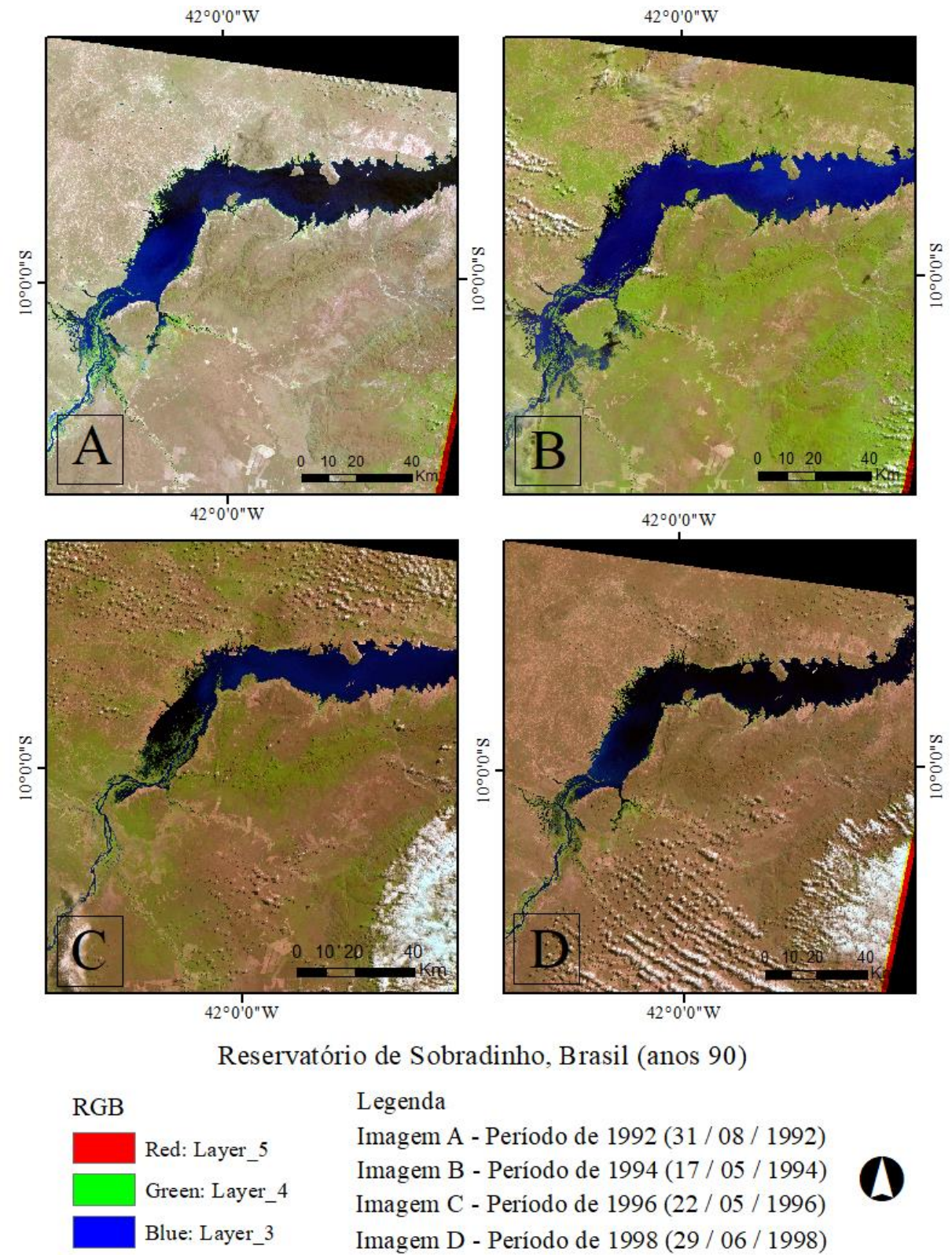
Figura 8 – Sobreposição das *shapes* do Reservatório de Sobradinho para o período de 1973, 1984 e 1988.



Ausentando o período de 1973, onde o rio caminhava sem a influência antrópica, a Figura 08 mostra a sobreposição das imagens de 1984 (azul escuro) e 1988 (azul claro), onde ambas participaram de um momento de grande preenchimento do Reservatório, sendo classificado sob a situação “Ótima”, pois o alcance do extravasamento é visível e realizado.

No começo dos anos 1990 o satélite Landsat, mais especificamente o Landsat 5 começou o imageamento para região que é incluído o Sobradinho em maior acentuação; o produto disto foram imagens com grande quantidade de dados intrínsecas a ela, contemplando todos os anos e permitindo monitoramentos temporais em menor período. Utilizou-se para os anos 90 imagens em alternância bienal (Figura 09).

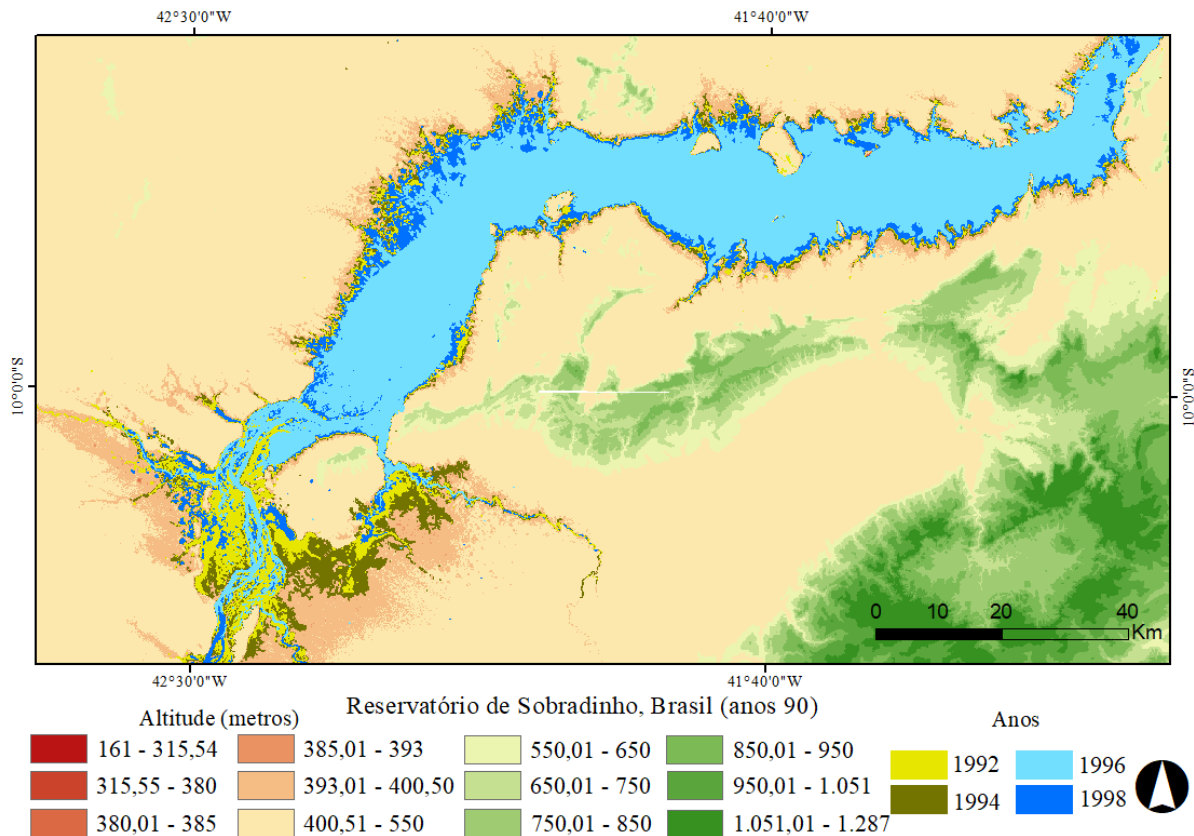
Figura 9 – Reservatório de Sobradinho nos anos 1990 (bienais).



As imagens A B e D (1992, 1994 e 1998, respectivamente) detectam o Reservatório em períodos de elevada quantidade hídrica; a imagem C, que faz referência ao período de 1996,

apresenta quantidade hídrica reduzida, todavia, não interferindo na abundância e soberania do Reservatório. A Figura 10 exibe as sobreposições das cotas para o mesmo período de estudo da Figura 09.

Figura 10 – Sobreposições de cotas do Reservatório de Sobradinho para os anos 1990 (Bienal).

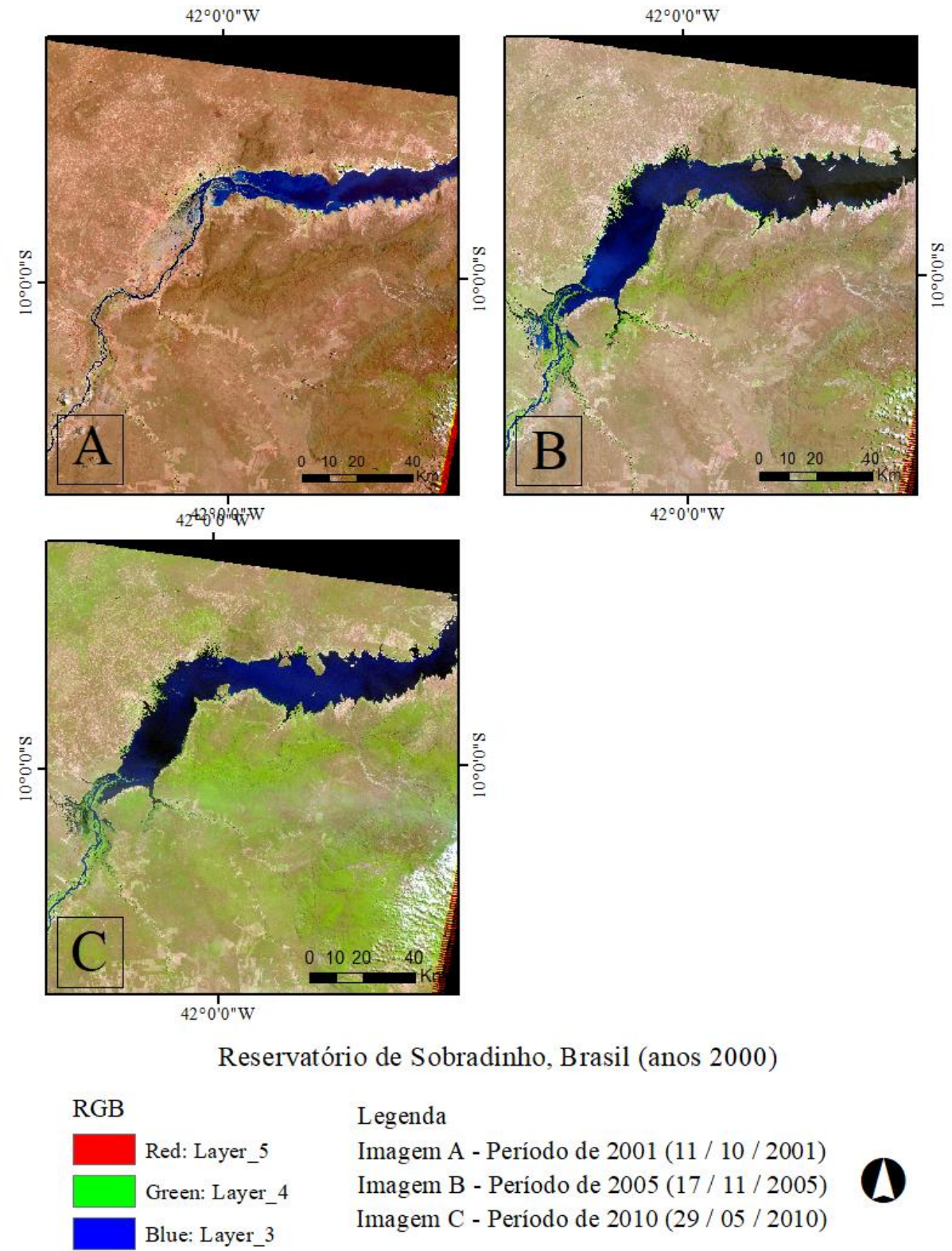


A partir da Figura 10, que indica as sobreposições de cotas do Reservatório de Sobradinho para os anos de 1990, com alternância bienal, mostra as situações de 1992, 1994 e 1998 como “Ótima”; para 1996 utilizou-se a classificação “Normal”. A alternância bienal deu-se pela disponibilidade (de dois e dois anos) de imagens com possibilidade da análise isenta da influência das nuvens no local.

O sensoriamento remoto foi marcado com a chegada dos anos 2000 com a perpetuação e difusão das imagens Landsat 5 no mundo acadêmico e o lançamento do satélite Landsat 7. Contudo, observa-se após lançamento do Landsat 7 avarias no sensor, o que comprometeu a qualidade do imageamento para grandes áreas de interesse. Todavia, a continuidade do Landsat

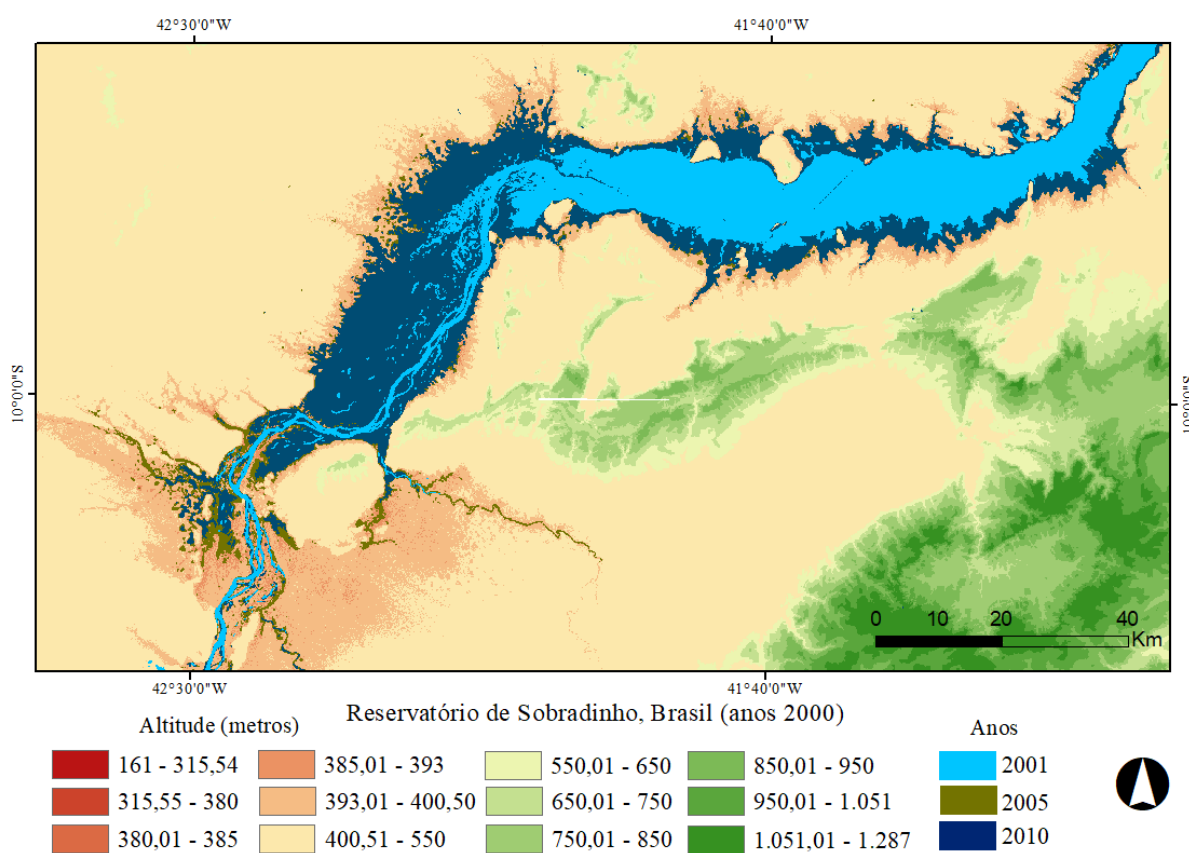
5 fez manter-se o arcabouço de imagens para a década. Em consequência disso, optou-se pela escolha de 3 (três) imagens (Figura 11) para descobrir as variações altimétricas de Sobradinho.

Figura 11 - Reservatório de Sobradinho (primeira década de 2000).



Analisando a Figura 11, observa-se que a chegada do novo milênio trouxe consigo a primeira e visível grande redução de cota do Reservatório (Imagem A). Entretanto, nos anos de 2005 (Imagem B) e 2010 (Imagem C) é perceptível o ressurgimento e extravasamento do Reservatório. A Figura 12 sinaliza, com as sobreposições, mudanças altimétricas na primeira década de 2000.

Figura 12 – Sobreposições de *shapes* na primeira década de 2000 para Sobradinho.

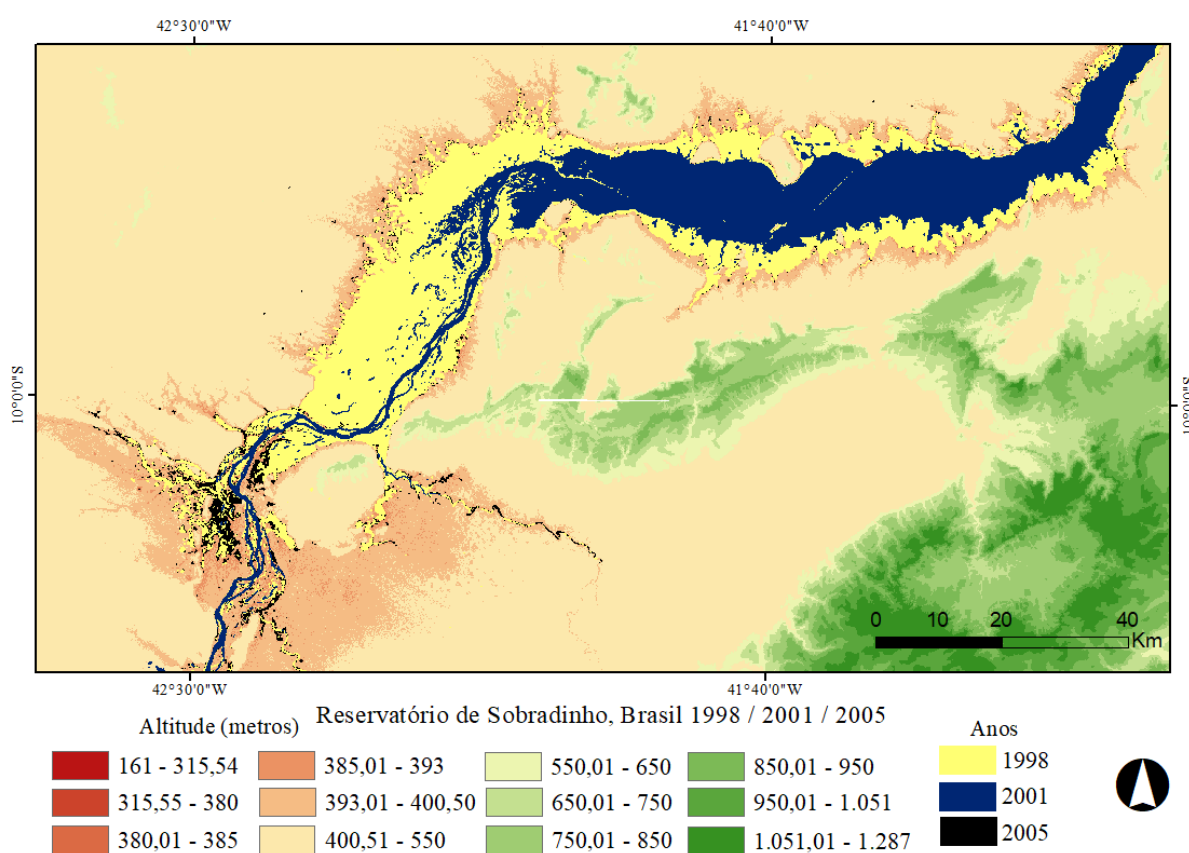


Explorando a Figura 12, classifica-se pelos parâmetros adotados anteriormente que para os anos de 2010 (azul escuro) e 2005 (verde oliva) no estado “Ótimo”; para o ano de 2001 (azul claro) e sua drástica redução, como estado “Crítico”; os dados da ANA auxiliam através da Tabela 08, onde são refletidos seus valores reais. Analisando os mapas anteriores, atentamos a grande redução altimétrica que o Reservatório obteve entre as décadas de 90 e os anos 2000 (Figura 13).

Tabela 8 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 2001, 2005 e 2010).

Cota (metros)	Anos	Situação do Reservatório
382,41	2001	Crítico
390,91	2005	Ótima
390,47	2010	Ótima

Fonte: ANA, s/d.

Figura 13 – Análises das sobreposições dos anos de 1998, 2001 e 2005.

A imagem em sobreposição referente ao final da década de 90 (Figura 13) retrata o reservatório em quantidade hídrica suficiente para manutenção das atividades de abastecimento humano e indústrias, não obstante, ao passar de 3 (três) anos o cenário observado é preocupante, uma redução não só da montante de Sobradinho, mas também como suas camadas de entorno próximo a jusante; os dados reais de cotas corroboram com o que é observado, no qual revela a drástica mudança de cotas entre anos (Tabela 09). Incluso na região do Médio São Francisco, sabe-se que a influência do Alto São Francisco para a essencial manutenção das cotas altimétricas hídricas é existente, logo, os somatórios das anomalias climáticas dessas regiões

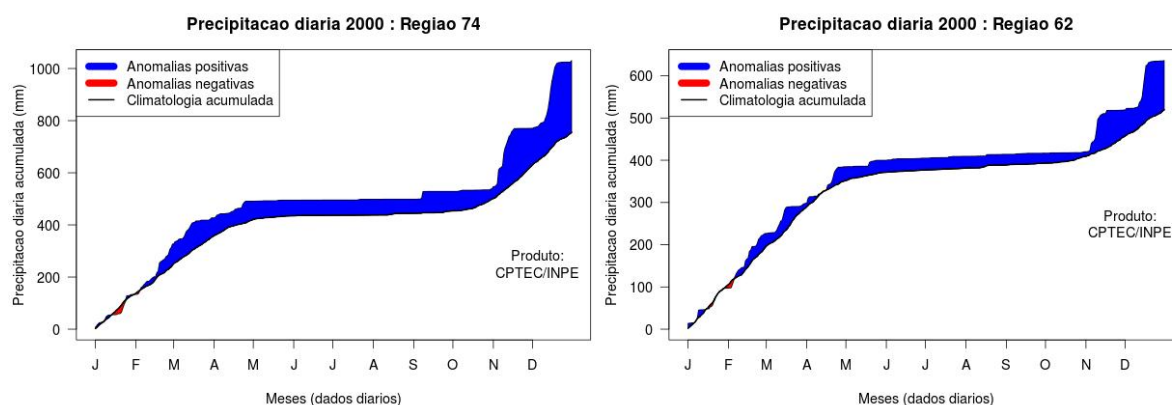
resultam na quantidade de água no Reservatório. Os gráficos de monitoramento climático do INPE salientam as anomalias climáticas para os anos de 2000 e 2001 (Figuras 14 e 15).

Tabela 9 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 1998, 2001 e 2005).

Cota	Ano	Situação do Reservatório
390,43	1998	Ótima
382,41	2001	Crítica
390,91	2005	Ótima

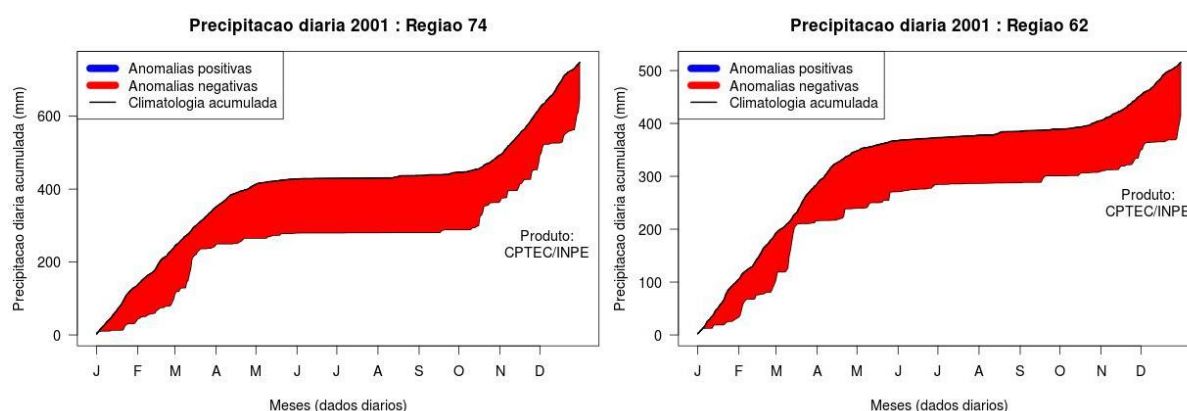
Fonte: ANA, s/d.

Figura 14 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2000.



Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

Figura 15 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2001.



Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

Lê-se anomalia climática como uma flutuação acentuada e/ou extrema a mostra numa série climática, podendo ser positiva (aumento de precipitação) ou negativa (diminuição de precipitação) (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). As Figuras 14 e 15 demonstram as situações climáticas positivas no ano 2000 (1000 milímetros [mm] anual acumulado para a região 74, anomalia positiva; 610 mm anual acumulado para região 62, anomalia positiva), e a brusca mudança no ano de 2001 (aproximadamente 680 mm anual acumulado para a região 74, anomalia negativa; 370 mm anual acumulado para a região 62, anomalia negativa), onde observa-se os valores do ano de 2001 pouco mais que a metade dos dados de 2000. Tratando de um reservatório tipo cascata, as mudanças oriundas das anomalias climáticas negativas ocorridas nos reservatórios anteriores ao de Sobradinho impactam diretamente no fluxo de vazão do mesmo, devendo assim, ser consideradas.

Marengo, Cunha e Alves (2016) junto a Eakin, Lemos e Nelson (2014) apontam as secas como grande responsável pelas irregularidades hídricas no semiárido. Originada a partir de período temporal prolongado de deficiência da precipitação, são fenômenos naturais que afetam moradores e criando situações de riscos à segurança alimentar, energética, socioeconômica e principalmente hídrica para uma região. Fazem parte da história geológica, na qual ocorreu no passado, ocorre no presente e ocorrerá no futuro, uma vez que se observa a ocorrência aproximada de 10 secas em 100 anos (Tabela 10).

Tabela 10 - Secas do Nordeste do Brasil, série temporal 1900 – 2017.

Secas no Nordeste do Brasil - Série histórica (1600 - 2017)			
Anos			
1603	1784	1891	1966
1624	1790-1794	1898	1970
1692	1804	1990	1976
1711	1809	1902-1903	1979-1981
1720	1810	1907	1982-1983
1723-1724	1816-1817	1915	1992 – 1993
1744-1746	1824-1825	1919	1997-1998
1754	1827	1932-1933	2001-2002
1760	1830-1833	1936	2005
1766-1767	1845	1941-1944	2007
1772	1877-1879	1951-1953	2010
1777-1780	1888-1889	1958	2012-2015

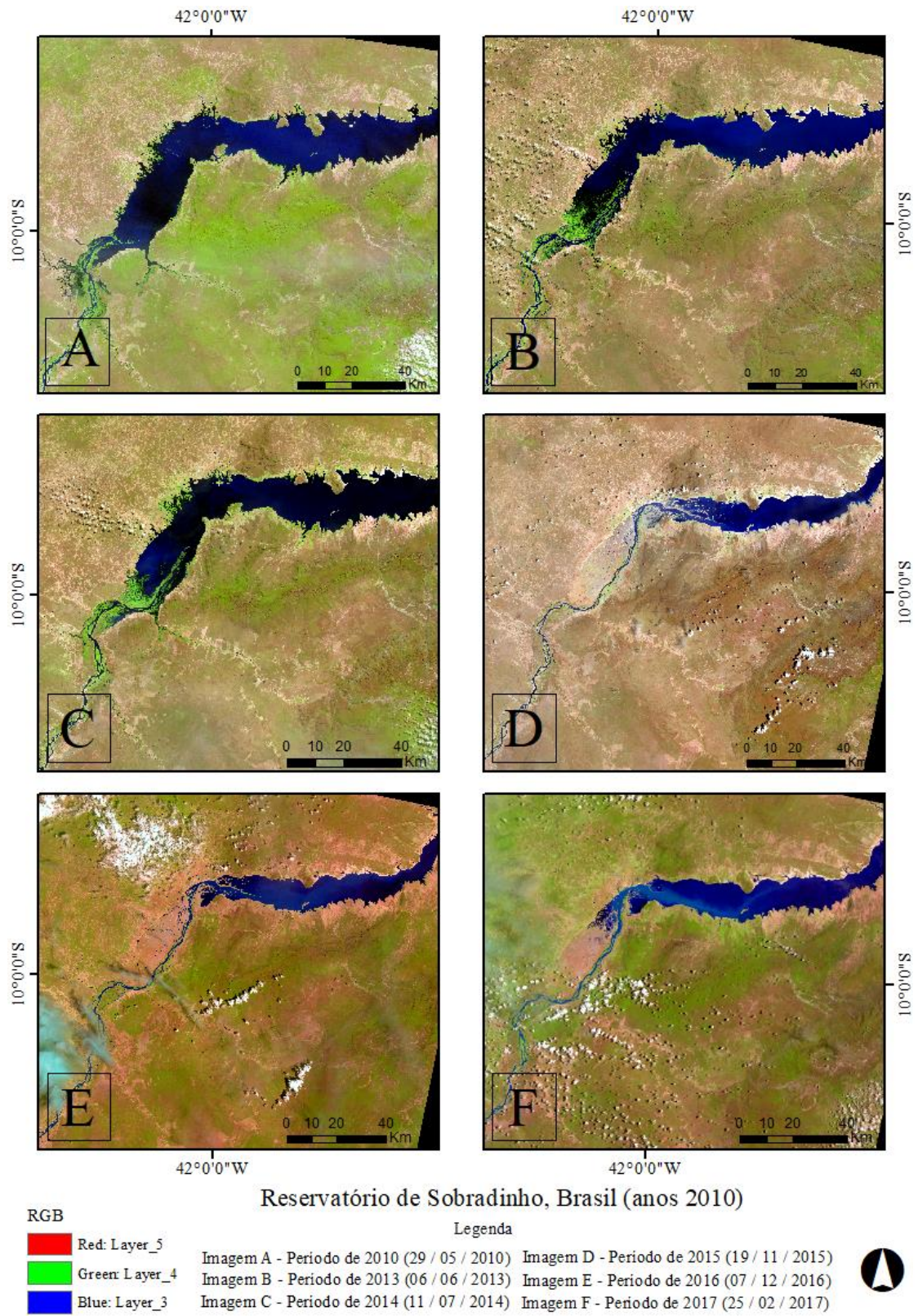
Fonte: Marengo, Cunha e Alves (2016).

Datadas desde 1583 – 1587, quando Fernão Cardim, Padre Jesuíta que viveu no período entre 1540 – 1625, em 1587 comentou sobre os cinco mil índios sertanejos, que assolados pela fome e sede, pediram auxílios dos brancos para sobrevivência, e por dedução, concluíram que a seca não atingiu somente aquela pequena região nordestina, mas também outras partes do semiárido como cita Alves (1953) e Silva (2015). As secas atravessaram o século XVII com apenas 3 aparições, o século XVIII com 11, o XIX com 12 e o XX, 17. Aproximando-se da segunda década no século XXI, foi assegurada a presença de cinco períodos de secura. Todavia, Além das secas, momentos de normais chuvosas para região semiárida são existentes; nesses períodos, as colheitas foram produtivas, como também o aumento do rebanho e a esperança da população.

A presença de anos secos nas décadas nos 20 anos não interferiram a quantidade hídrica do Reservatório de Sobradinho, que apresentou situações classificadas como “Ótima” em relação a sua cota d’água. O mesmo vale para o ano de 2005, mesmo acontecendo um período de seca, este não afetou a região, retomando as cotas altimétricas para situações mais tranquilizadoras após quatro anos da seca de 2001. Considera-se a reflexão que as dinâmicas do maior Reservatório do Nordeste são existentes, no qual o uso consciente da água e de suas áreas inundáveis pelos circunvizinhos devem ser respeitadas

A segunda década de 2000 foi marcado pelo fim do projeto Landsat 5 (2011) e o lançamento do satélite Landsat 8 (2013) para substituir o anterior, Landsat 7 que teve a qualidade dos produtos comprometida pelas avarias nos sensores. Além disso, assolou-se um dos mais prolongados períodos de seca (2012 – 2015), resultando os menores índices do reservatório dos últimos anos (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016). Pela qualidade na disponibilidade de dados expostos e a qualidade do mesmo, escolheu-se a partir do início do Landsat 8 (2013) imagens anuais para figurar a situação da área em estudo (Figura 16).

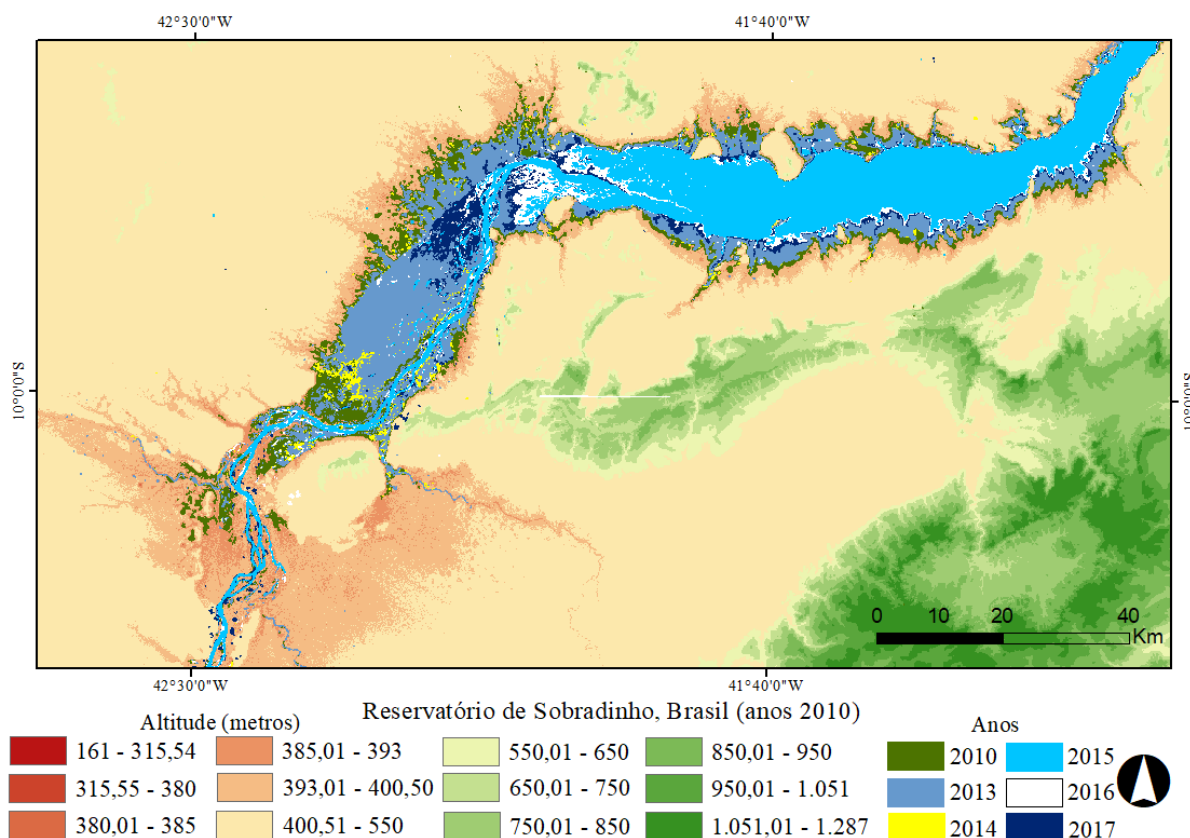
Figura 16 – Reservatório de Sobradinho (anos 2010 – segunda década de 2000).



Investigando a Figura 16, nota-se visivelmente que o Reservatório, gradativamente reduz seu nível d’água, chegando até seu estado mais alarmante observado, o ano de 2015. Após

seu estado mais preocupante, o Reservatório vem dando respostas positivas paulatinas, todavia, seu estado ainda espera cuidados. As sobreposições de todas as cotas altimétricas estão expostas na Figura 17 junto aos seus dados de cotas reais (Tabela 11).

Figura 17 – Sobreposição das cotas altimétricas para Sobradinho (segunda década dos anos 2000).



Conforme a classificação da Figura 12, o ano de 2010 mantém-se na situação “Ótima”. Os anos de 2013 e 2014, apontam dados altimétricos menores que 2010, se aproximando da classificação “Normal”. O ano de 2015 encontra-se numa situação de calamidade, classificado como “Muito Crítico”, apresentando a menor cota decadal; junto a 2015, o ano de 2016 também é classificado como situação “Muito Crítica”. Já 2017, mostra boas respostas no que toca o aumento do nível hídrico, classificado neste trabalho como situação “Crítica” (Figura 17).

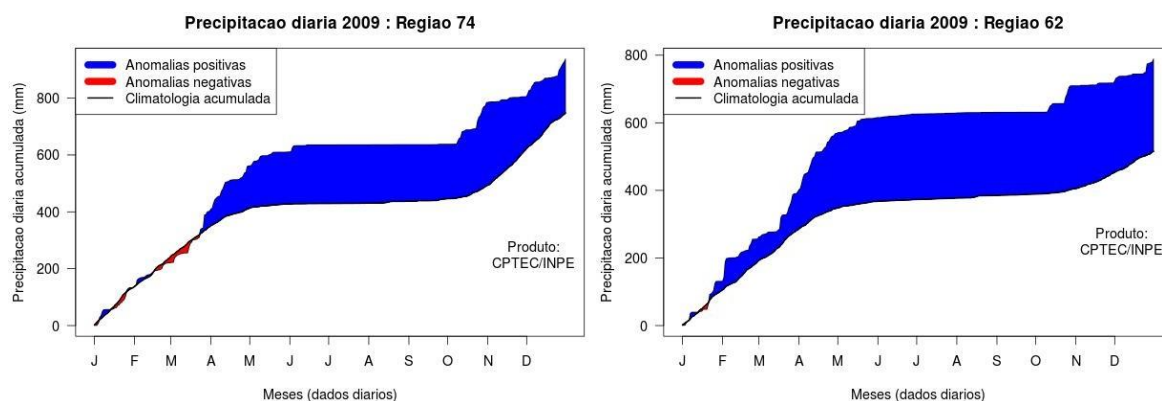
Tabela 11 - Valores de cotas para o Reservatório de Sobradinho (anos 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017).

Cota (metros)	Ano	Situação do Reservatório
390,47	2010	Ótima
387,98	2013	Normal
386,98	2014	Normal
381,02	2015	Muito Crítico
382,21	2016	Muito Crítico
383,22	2017	Crítico

Fonte: ANA, s/d.

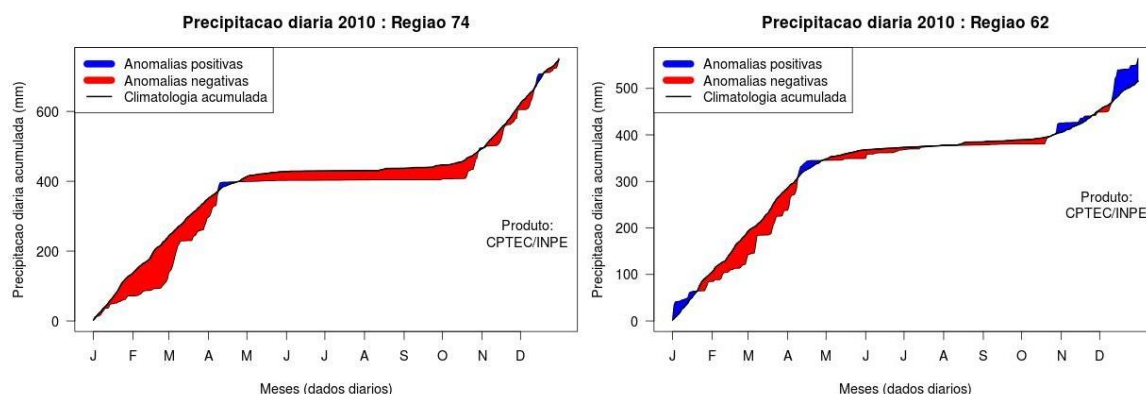
Os gráficos climatológicos demonstram alinhamento com as imagens obtidas, visto que, para o ano de 2009 foram catalogados um ambiente de precipitação voltados a elevadas anomalias positivas, o que fez reflexo no ano de 2010, momento que mesmo não alcançando patamares similares a 2009, os valores foram mantidos na linha natural de precipitação das regiões, com pequenas anomalias negativas (Figura 18 e 19).

Figura 18 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2009.



Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

Figura 19 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2010

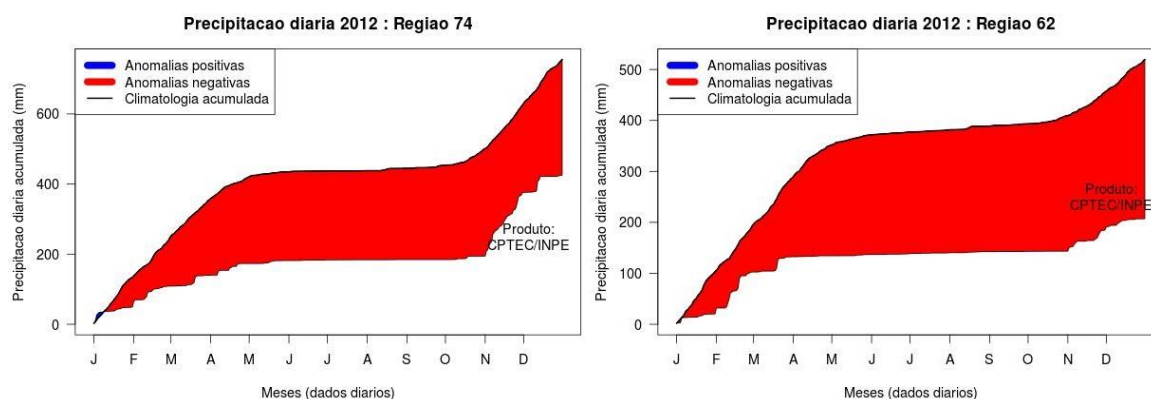


Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

A Figura 18 revela precipitações acima dos 800 milímetros anuais, indicando um ano de grande pluviosidade, principalmente para a Região 62 por se tratar de um ambiente semiárido. A manutenção da quantidade hídrica recebida em 2009 é observada na Figura 19; ausentes de anomalias extremas, mas marcado por pequenas anomalias negativas ao longo dos meses, a precipitação anual encontra-se em 700 mm para a região 74 e 550 milímetros na região de Sobradinho.

Após 2010, inicia-se uma grande seca nas regiões incluídas ao Reservatório e nas circunvizinhas, registrando anomalias negativas acentuadas, sendo caracterizadas pelas Figuras 20, 21, 22 e 23.

Figura 20 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2012.



Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

Figura 21 – Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2013.

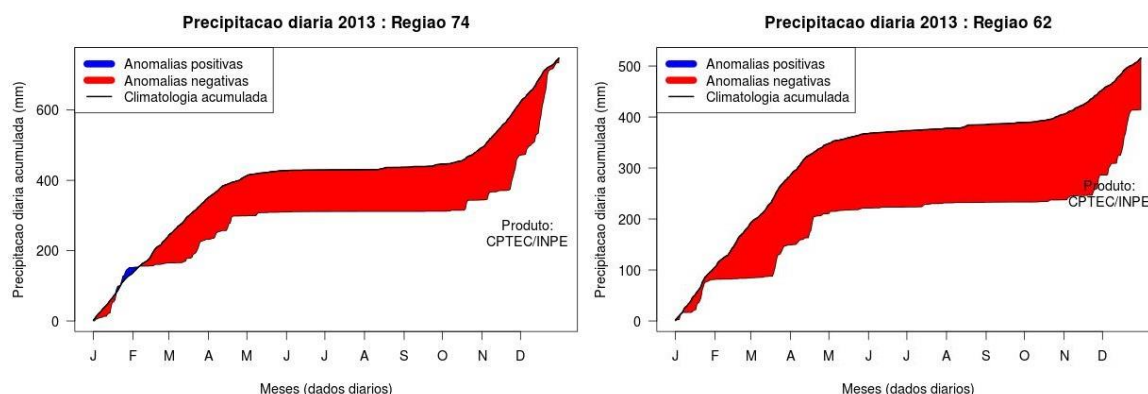


Figura 22 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2014.

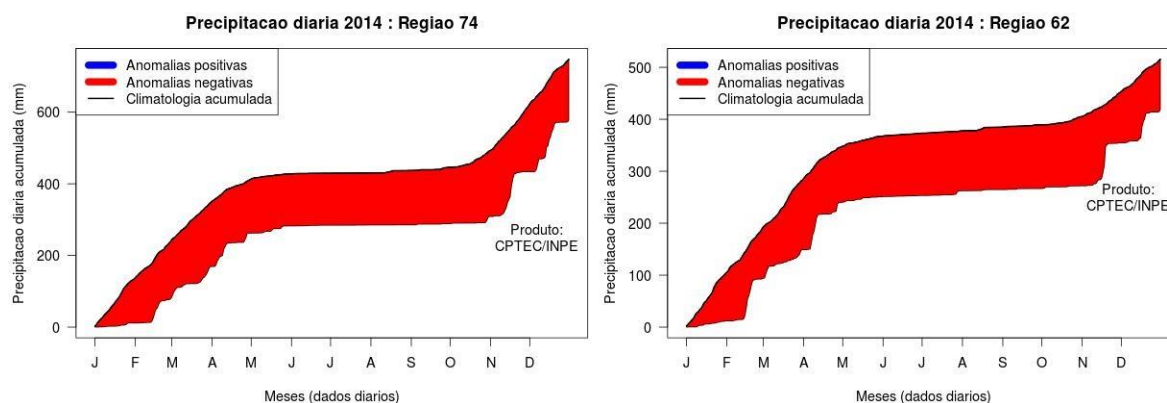
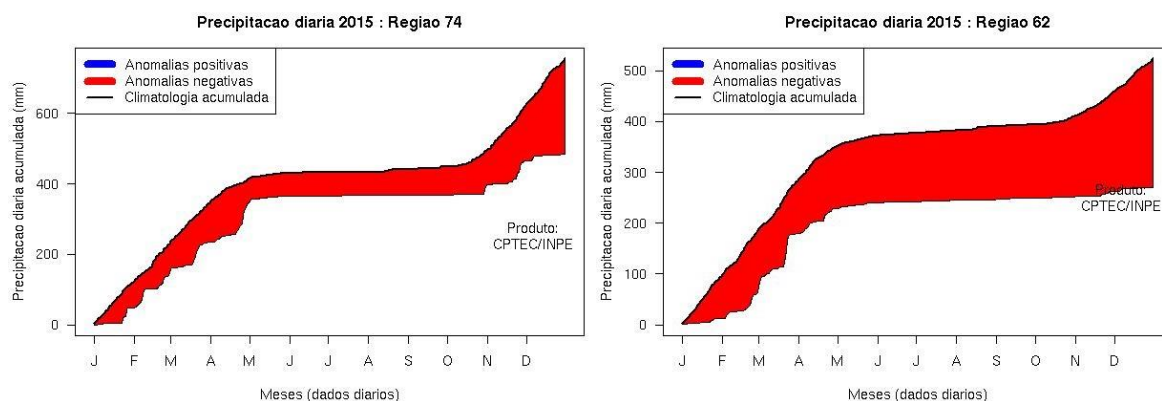


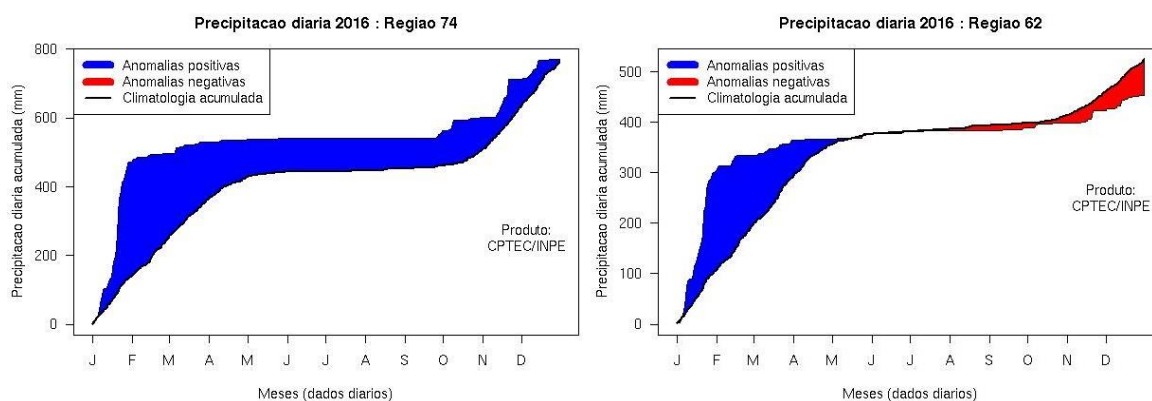
Figura 23 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2015.



Para todos os anos levantados (2012, 2013, 2014 e 2015) as precipitações encontraram-se abaixo dos 600 milímetros anuais (valores aproximados para 2012, R74 410 mm, R62 220; 2013, R74 620 mm, R62 390 mm; 2014, R74 580 mm, R62 390 mm; 2015, R74 430, R62 270 mm, respectivamente) para ambas as regiões de influência para a manutenção hídrica do Reservatório de Sobradinho. Salienta-se neste trabalho que o fator ausência de precipitação não é, exclusivamente o percalço resultante das diminuições de cotas d'água do reservatório; a ausência de chuvas é um fator que ocasiona reduções do nível hídrico, bem como as altas taxas de evapotranspiração da região do semiárido e do uso inadequado da relação água-solo nas áreas circunvizinhas, essas rodeadas de perímetros irrigados.

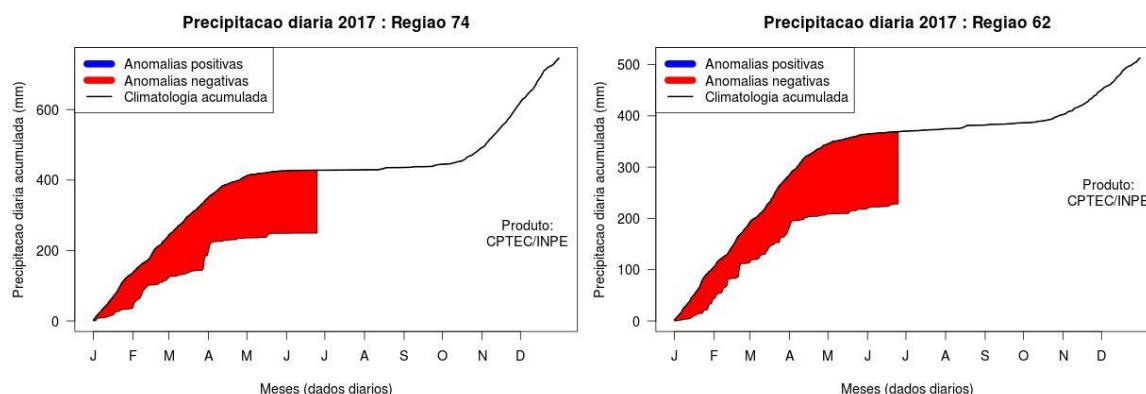
O ano de 2016 trouxe consigo a retomada das anomalias positivas de precipitação para a o reservatório e sua montante, contudo, os meses iniciais de 2017 manteve-se em resultados negativos (Figura 24 e 25).

Figura 24 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2016.



Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

Figura 25 - Gráfico de monitoramento anual de precipitação das regiões 74 e 62 (compreendendo parte do Alto e Médio São Francisco) para 2017.

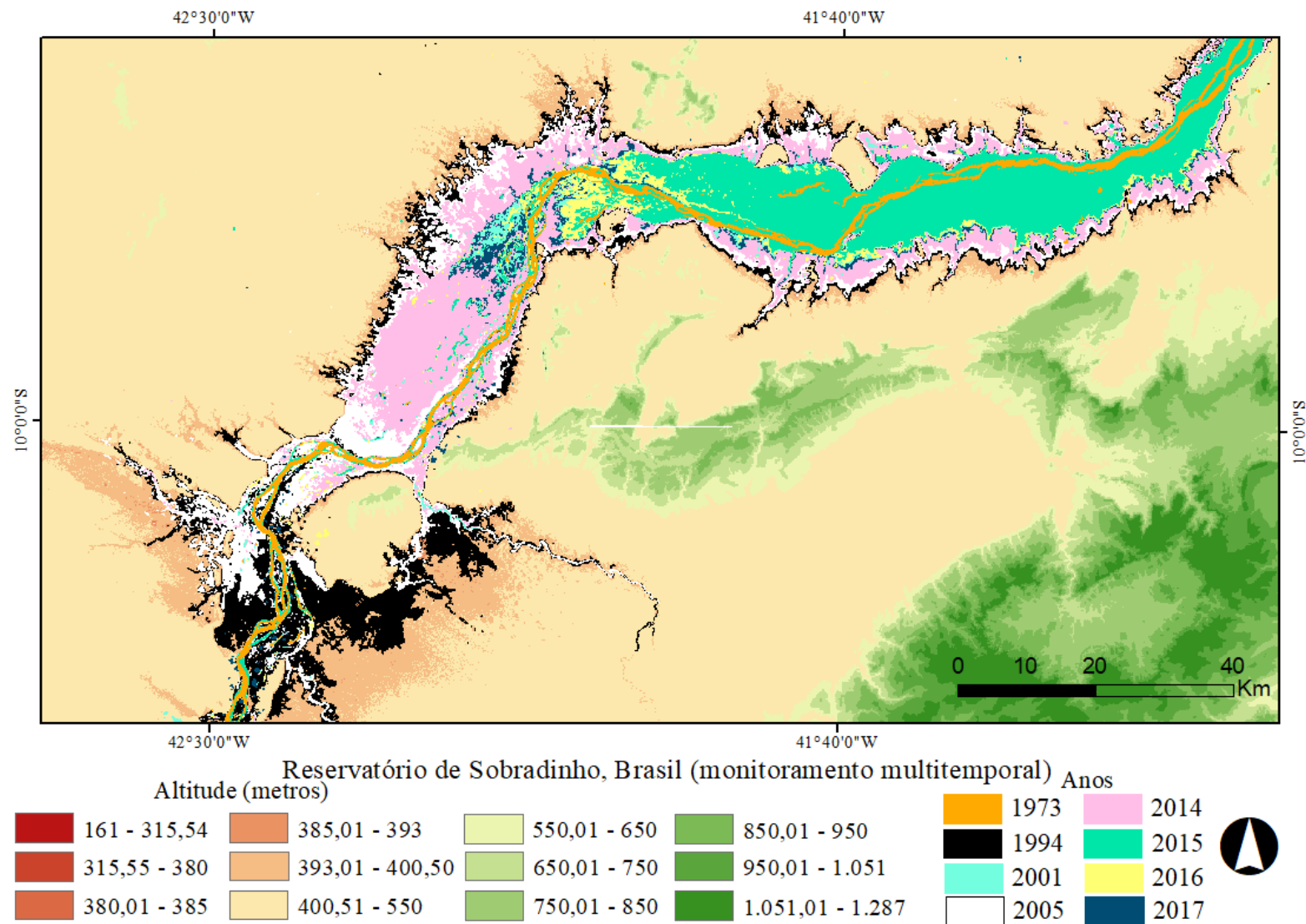


Fonte: INPE/CPTEC, s/d.

O regresso dos valores acima da normalidade da Região 74 somadas a boas respostas pluviométricas da Região 62 elevaram as cotas d'água do Reservatório, mas não o retirou de sua classificação “Muito Crítica”. O ano de 2017 inicia-se com anomalias negativas que se assemelham com os anos de 2012 e 2014. É sabido que as anomalias negativas na “Região 74” na bacia hidrográfica do São Francisco somados ao seu formato de reservatórios tipo cascata agrava ainda mais a situação do reservatório de Sobradinho, desde que ele mantenha também anomalias negativas, cenário observado em diversos anos da segunda década de 2000.

Em posse das informações coletadas para o Reservatório de Sobradinho nos últimos 40 anos de sua existência, selecionou-se uma série de anos (1973, 1994, 2001, 2005, 2014, 2015, 2016 e 2017) para confeccionar o mapa de monitoramento temporal da região (Figura 26).

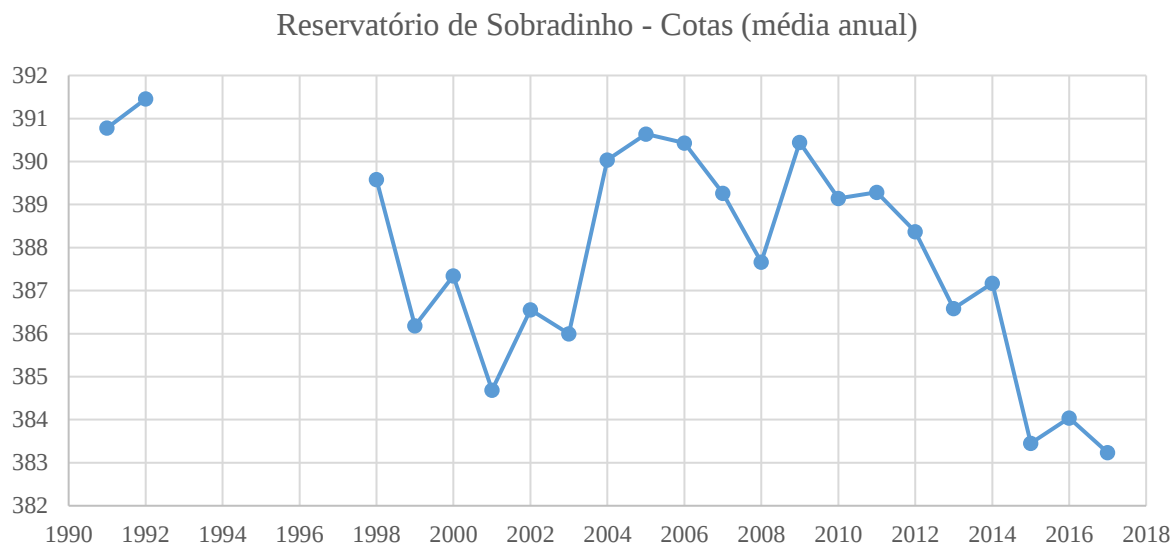
Figura 26 - Monitoramento Multitemporal do Reservatório de Sobradinho, Brasil.



Os períodos de cotas elevadas que Sobradinho deteve ao longo dos anos 70 – 90 deram para a população sertaneja confiança e esperança através do grande “mar” artificial criado; os mais antigos, que observara o rio São Francisco em seu estado natural (1973, na Figura 26), entraram em perplexidade ao perceber as proporções que ali mantinha. O ano de 1994 representa as séries anuais de situações “Ótima” e data o quão amplo o Reservatório pode se expandir e extravasar, tanto quanto os anos de 2005 (Figura 26) e 2010 (Figura 17). Instituições privadas instalaram-se ao redor atraídas pelas oportunidades geradas pela abundância hídrica e/ou para oferecer serviços auxiliares/de suporte para as empresas maiores; consequentemente, famílias inteiras aproximam-se destes ambientes com a justificativa das ofertas de trabalho, habitando novas regiões e iniciando negócios para suprir as necessidades dos residentes. Assim, cria-se uma dinâmica populacional em torno do grande reservatório, dinâmica esta que também existe adentro do reservatório, e o faz expandir e contrair; os anos de 2013 (Figura 17) e 2014 (Figura 26) já desvelam um ambiente hídrico retraído, todavia, ao acompanhar uma grande redução do nível de água em 2001 (Figura 26) e o retorno das cotas em 2005 (Figura 26), a expectativa de cenários positivos habitava nos moradores e nas empresas que vivem diretamente do Reservatório.

O Nordeste Brasileiro e seu predominante clima semiárido, traz consigo características como a alta evapotranspiração de corpos hídricos, chuvas irregulares e momentos de seca, ou a comumente denominada seca. Acompanhando a grande crise hídrica que aconteceu a partir de 2013, se observa, em 2015 e 2016 os menores níveis d’água em 20 anos, onde a redução de cota não atingiu apenas a montante, mas também todas as bordas próximas a médio/jusante. Ainda que a resposta dos anos 2016 e 2017 sejam mais positivas que 2015, a situação atual do Reservatório é alarmante e necessita além do contínuo monitoramento, de medidas estratégicas. Aqui destacamos que as escolhas das imagens para análise na pesquisa demonstraram equivalência no que se refere a sua média anual mesmo elas sendo amostras de um todo; através do auxílio da Figura 27, no qual retrata as médias anuais das cotas do reservatório de Sobradinho, constata-se a afirmação anterior.

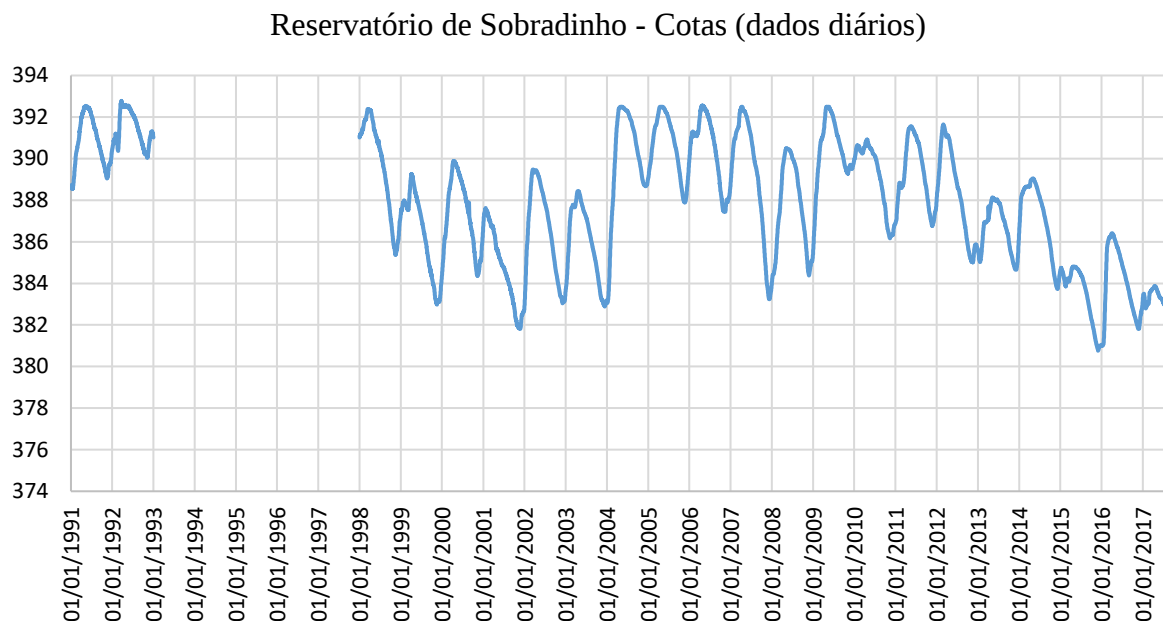
Figura 27 - Média anual em metros das cotas do Reservatório de Sobradinho.



Fonte: ANA, s/d.

De acordo com a Figura 27, as imagens contidas na pesquisa refletiram as situações que o reservatório vivenciou no que tange as médias anuais, não sendo estas manipuladas; sejam essas notadas entre os períodos de abundância hídrica ou em períodos de diminuição de cota, período este que é visivelmente observado no gráfico a partir do ano 2010. Contudo, para análises diárias, o satélite Landsat não consegue responder com fidelidade o que é proposto (Figura 28).

Figura 28 - Gráfico diário das cotas (em metros) do Reservatório de Sobradinho.

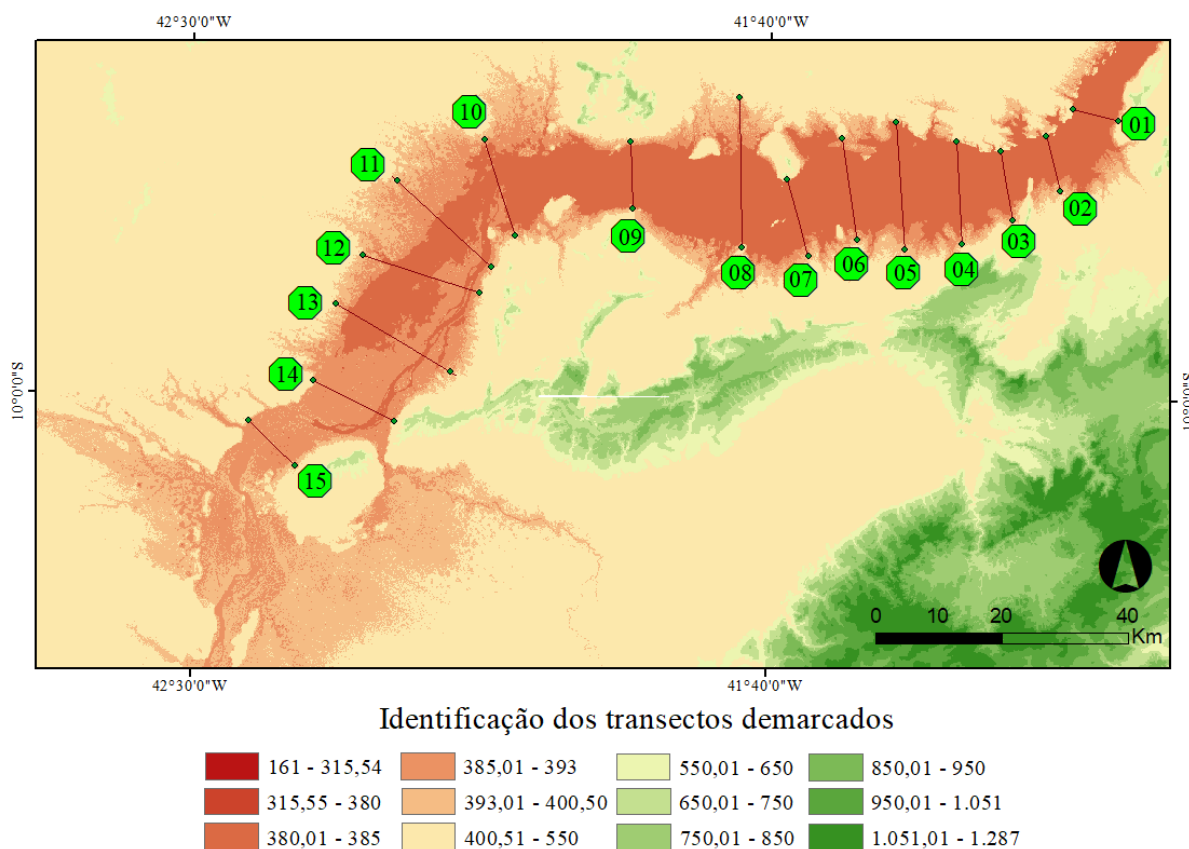


Fonte: ANA, s/d.

A Figura 28 remonta em gráfico as variações de cotas em escala diária para o reservatório de Sobradinho: observa-se que nesta escala de dados a especificidade das informações tais como quedas ou elevações de cotas repentinas não são refletidas na Figura 27, que demonstra o gráfico em médias anuais. A própria periodicidade do satélite no que refere ao imageamento da área é o primeiro desafio, pois quatorze dias para imagear a mesma área de interesse torna o acompanhamento diário pelo Landsat inviável. A disponibilidade de informações isentas de nuvens ou erros também pode ser outro percalço que não permita as imagens Landsat para acompanhamento diário. Atualmente, com variados satélites em órbita, o único que promove uma continuidade de imageamento de áreas é o satélite MODIS, todavia, para utilizá-lo com maior precisão, deve-se estudar grandes ambientes, visto que, a resolução espacial deste é muito maior que os outros imageadores gratuitos.

A partir dos dados extraídos dos planos de informações, considera-se o ano de 1994 como detentor do maior volume hídrico notado em Sobradinho. Partindo deste resultado, foram traçados 15 transectos ao longo da região em estudo, onde os pontos de borda nestes transectos tiveram como referência o ano de 1994 no que tange à distância borda-a-borda no Reservatório (Figura 29).

Figura 29 - Identificação dos transectos demarcados na região em estudo.

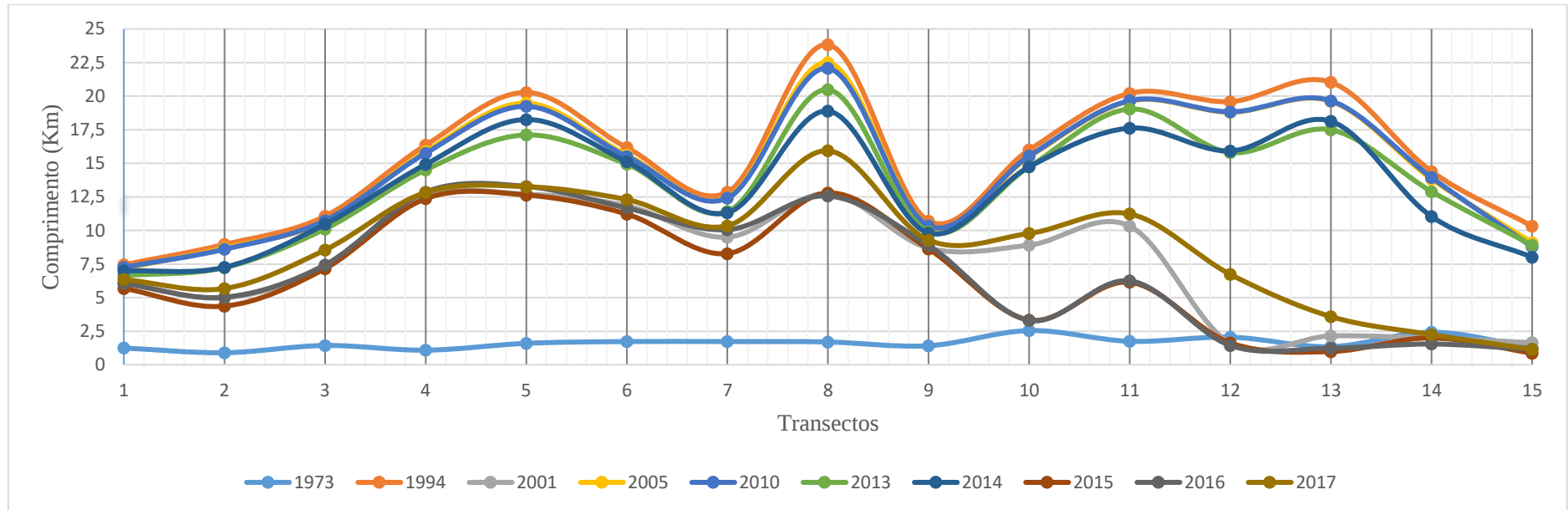


Por ser um reservatório relativamente antigo, a literatura sobre Sobradinho traz características acerca de seus aspectos físicos. No trabalho de Dantas (2005), são observados uma série de informações pertinentes, tais quais a vazão mínima do reservatório (2.060 m³/s), a sua área total (4.214 km²), área mínima do nível de água para operativo normal (1000 km²), e extensão total (327.5 km). O mesmo autor, através de seu trabalho, indica que a cota altimétrica (N.A – Nível de água) máxima para operativo normal é de 392,5 metros, a cota mínima presente no reservatório é de 380,5 metros e a maior cota altimétrica encontrada oriunda da cheia do projeto é de 393,5 metros. Costa et al. (2008) corrobora com as afirmações citadas, salientando a altimetria do reservatório, onde aponta 393,5 metros. O MMA – Ministério do Meio Ambiente (2010) e ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico (2015) afirmam as informações e complementam com dados sobre a distância do reservatório para a foz (780 quilômetros) e a distância para ponte que liga Juazeiro ao município de Petrolina (40 km), a montante de Sobradinho. Sobre as cotas máximas, ambos órgãos indicaram 392,5 metros para 100%, 391,83 para 90% e 390 metros para 80% do preenchimento. Ressalta-se o nível de cota *maximorum*, que segundo o MMA (2010), é de 393,5 metros.

Ao longo desse trabalho observa-se a relevância dos modelos digitais de elevação para os procedimentos técnicos – científicos de gestão, seja eles em regiões urbanas ou recursos naturais. Ressalta-se também a disponibilização do modelo digital de elevação SRTM com 30 metros de resolução para o refinamento e beneficiamento das pesquisas acadêmicas, que anteriormente usaram modelos com maiores resoluções. Sobradinho quando se mantém em situações normais engloba cotas altimétricas encontradas na literatura e concorda-se com as informações já obtidas via levantamento bibliográfico. Todavia, em situações de grande abundância hídrica, tal como o ano de 1994 ou 2005, por exemplo, encontra-se cotas no intervalo de 393,5 – 394,5 submersas; podendo ser provocadas por *sinks* no modelo digital de elevação (SILVA et al., 2017).

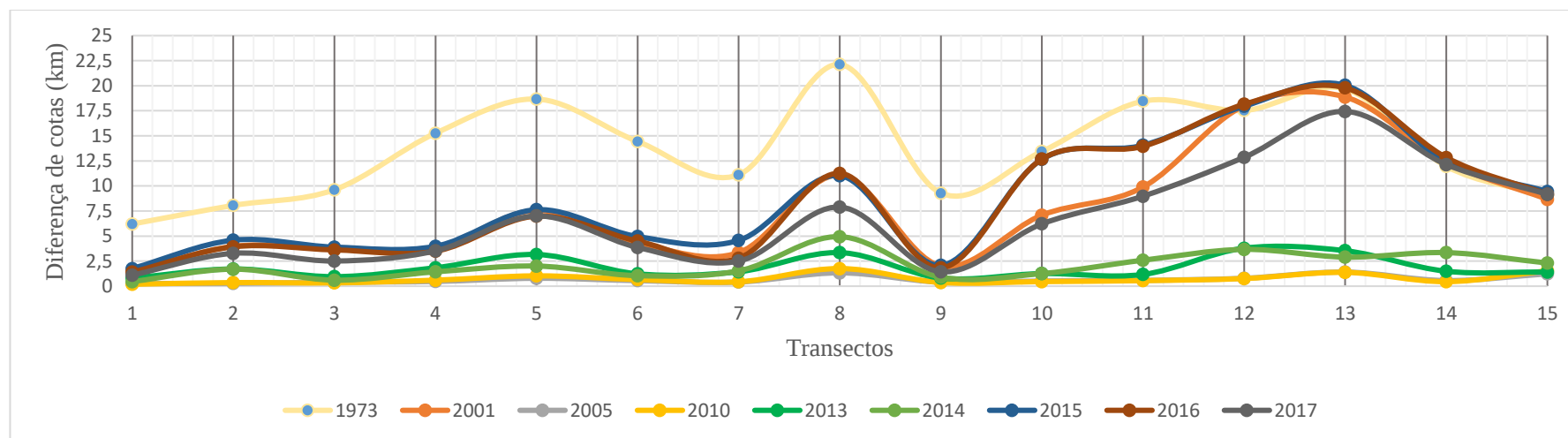
A partir dos transectos traçados obteve-se ricas informações no que se refere aos comprimentos de pequenas amostras do Reservatório. A Figura 30 quantifica e retrata em gráfico estes comprimentos borda a borda. A figura 31 além de retratar em gráfico, apresenta a diferença destes comprimentos de acordo com um período referência escolhido, o ano de 1994.

Figura 30 - Quantificação tabular e apresentação gráfica dos comprimentos (em quilômetros) dos transectos traçados.



Anos	Transectos (Comprimento em quilômetros [km])														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1973	1.25	0.9	1.44	1.09	1.6	1.73	1.73	1.7	1.42	2.55	1.75	2.06	1.35	2.43	1.28
1994	7.45	8.96	11.06	16.35	20.27	16.17	12.85	23.83	10.71	16	20.21	19.59	21.03	14.39	10.32
2001	6.07	4.99	7.25	12.46	12.71	11.84	9.5	12.75	8.69	8.91	10.32	1.59	2.15	1.98	1.65
2005	7.17	8.68	10.67	15.88	19.48	15.62	12.44	22.5	10.32	15.48	19.63	18.8	19.62	13.83	9.09
2010	7.26	8.6	10.73	15.75	19.24	15.51	12.41	22.07	10.34	15.54	19.66	18.83	19.65	13.94	8.78
2013	6.64	7.24	10.11	14.51	17.11	14.94	11.41	20.48	9.9	14.74	19.04	15.8	17.49	12.9	8.9
2014	6.99	7.26	10.46	14.92	18.26	15.12	11.32	18.89	9.81	14.74	17.62	15.92	18.13	11.04	8.01
2015	5.69	4.37	7.16	12.37	12.64	11.22	8.28	12.8	8.63	3.33	6.15	1.63	0.99	2.01	0.87
2016	6.05	5.03	7.44	12.86	13.28	11.67	10.06	12.57	8.89	3.31	6.25	1.44	1.24	1.55	1.15
2017	6.35	5.68	8.55	12.83	13.26	12.3	10.35	15.93	9.28	9.78	11.23	6.73	3.59	2.25	1.15

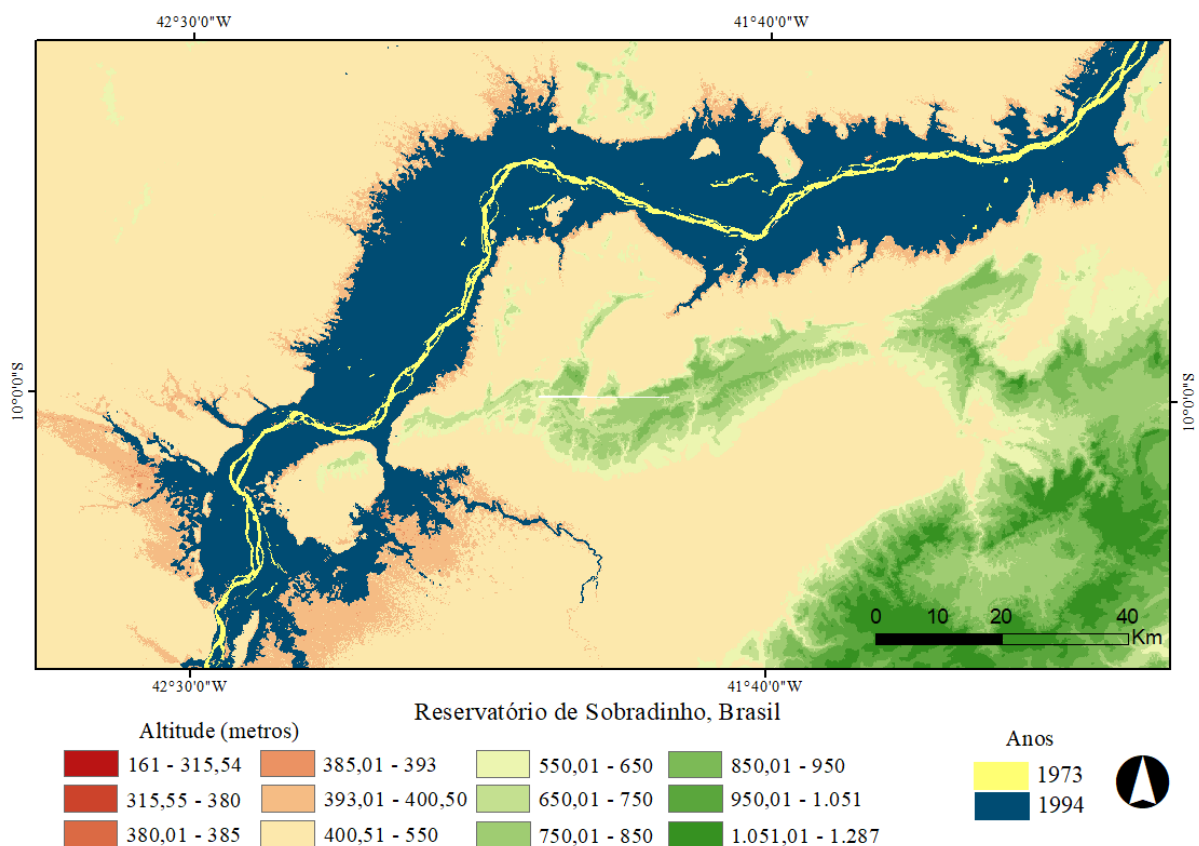
Figura 31 -Quantificação tabular e apresentação gráfica da diferença de comprimentos (em quilômetros) dos transectos traçados partindo do ano referência (1994).



Ano	Transectos (Diferença de comprimento partindo do ano referência - 1994 [km])														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1994 (Referência)	7.45	8.96	11.06	16.35	20.27	16.17	12.85	23.83	10.71	16	20.21	19.59	21.03	14.39	10.32
1973	6.2	8.06	9.62	15.26	18.67	14.44	11.12	22.13	9.29	13.45	18.46	17.53	19.68	11.96	9.04
2001	1.38	3.97	3.81	3.89	7.56	4.33	3.35	11.08	2.02	7.09	9.89	18	18.88	12.41	8.67
2005	0.28	0.28	0.39	0.47	0.79	0.55	0.41	1.33	0.39	0.52	0.58	0.79	1.41	0.56	1.23
2010	0.19	0.36	0.33	0.6	1.03	0.66	0.44	1.76	0.37	0.46	0.55	0.76	1.38	0.45	1.54
2013	0.81	1.72	0.95	1.84	3.16	1.23	1.44	3.35	0.81	1.26	1.17	3.79	3.54	1.49	1.42
2014	0.46	1.7	0.6	1.43	2.01	1.05	1.53	4.94	0.9	1.26	2.59	3.67	2.9	3.35	2.31
2015	1.76	4.59	3.9	3.98	7.63	4.95	4.57	11.03	2.08	12.67	14.06	17.96	20.04	12.38	9.45
2016	1.4	3.93	3.62	3.49	6.99	4.5	2.79	11.26	1.82	12.69	13.96	18.15	19.79	12.84	9.17
2017	1.1	3.28	2.51	3.52	7.01	3.87	2.5	7.9	1.43	6.22	8.98	12.86	17.44	12.14	9.17

Em contrapartida ao ano de 1973, onde os respeitáveis meandros naturais do Rio São Francisco percorriam, em 1994 são apresentados valores dez vezes acima do natural; encontra-se a soberania do Reservatório, dito o maior do Nordeste (Figura 32). Ausentando os valores de Sobradinho antes da construção do Reservatório, observa-se no conjunto da Figura 30, sendo auxiliado pela Figura 29, que os transectos 5, 8, 11 e 13 mostram resultados de comprimento acima de 20 quilômetros. Os transectos 1, 2 expõe valores abaixo dos 10 quilômetros (7,5 e 8,9 quilômetros, aproximadamente). Nota-se que a partir do transector 9 o desfecho do Reservatório é definido, podendo alcançar, através de séries anuais de precipitação satisfatórias e uma regular emissão de vazão dos reservatórios anteriores ao de Sobradinho, resultados no transector 15 variando no intervalo de 10,32 – 8,01 quilômetros, sendo capaz de extravasar para ambientes de montante; crises hídricas acentuadas fazem os valores no mesmo transector assemelhar-se com o Rio São Francisco em sua plenitude natural (1,65 – 0,87 quilômetros aproximadamente).

Figura 32 - Representação do rio São Francisco (1973) e do Reservatório de Sobradinho (1994).



Em posse das informações de comprimento dos transectos (Figura 30), e a constatação do ano de 1994 como o detentor do maior volume do Reservatório, a Figura 31 diz respeito à diferença ou razão dos comprimentos dos transectos tendo como base os valores de referência do ano de 1994. É compreensível perceber o elevado potencial de área inundável a partir da série 1973, abarcando resultados entre o intervalo de 6 a 20 quilômetros; todavia, salienta-se os dados após aquisição e preenchimento do Reservatório de Sobradinho.

Em períodos de seca ou crise hídrica tais como os anos de 2001, 2015, 2016 e 2017, se observa consideravelmente a exposição de áreas potenciais a inundações a partir do transector 9, onde alterna-se, nos menores valores de intervalo (6,22 – 7,09 quilômetros) no transector 10 (anos 2001 e 2017, respectivamente) aos maiores (17,44 – 19,79 quilômetros), no transector 13 (anos 2001, 2015, 2016 e 2017). Além disso, estes períodos não resultam em redução dos volumes hídricos apenas no montante de Sobradinho, mas sim no Reservatório por completo; observa-se o aparecimento de áreas inundáveis numa alternância de 2,51 (2017, transector 3) a 11,26 quilômetros (2001, 2015, 2016, transector 8). Esses resultados são preocupantes, uma vez que, reduzida as cotas do reservatório, as atividades básicas para manutenção da população de entorno como a disponibilidade de água para fins gerais são atingidas pelo racionamento; para grandes empresários resulta na aquisição de mecanismos para suprir a necessidade de água para o produto, que por sua vez, atinge no aumento de preço e por consequência, na diminuição de competitividade nacionalmente ou internacionalmente; para pequenos empresários pode resultar na falência da micro ou pequena empresa, uma vez que este não tem elevado capital para manter-se em ambiente ausente de água perene.

Para as famílias que vivem da agricultura de subsistência, o resultado é o êxodo destas famílias ou a invasão e contaminação via agrotóxicos das áreas *Non Aedificandi*, ou a área que pela luz da legislação é impedida de construção, em virtude da aproximação dos cultivos em ambientes adjacentes aos recursos hídricos e os procedimentos convencionais de preparo do solo, a potencial contaminação por agrotóxicos e a facilitação de transportes em relação aos sedimentos, uma vez que o Reservatório e suas dinâmicas permitem o extravasamento e a redução de suas cotas.

Períodos de normais climatológica ou abundância hídrica também resultam em consequências que uma notável gestão não deve postergar. Fascinados pela disponibilidade hídrica, pode-se observar o aumento de famílias ao redor do Reservatório, e consequentemente a atenção na invasão das áreas *Non Aedificandi*, no descarte de resíduos sólidos e/ou agrotóxicos. O aumento de empresas ao redor do Reservatório faz atentar quanto o uso

sustentável da água e a sua adequada destinação final. Observa-se satisfatoriedade no uso do Sensoriamento Remoto, na metodologia aplicada e os seus resultados extraídos, podendo esta ser replicada para outros ambientes hídricos, uma vez que o monitoramento multitemporal das cotas em reservatórios é extremamente essencial para entender das dinâmicas do corpo hídrico de interesse, dando assim, o devido suporte na análise e gestão destas áreas, uma vez que se entende toda plenitude das regiões inundáveis e, junto aos mecanismos de perpetuação deste monitoramento, tal como o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento e a legislação Federal, Estadual e Municipal aplica-se, com excelência, as eficientes soluções.

6 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E DA TERRA PARA O RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO E ÁREAS CIRCUNVIZINHAS APRESENTANDO UMA ANÁLISE TEMPORAL.

A relação água – terra – ar é detentora das dinâmicas vitais para o funcionamento das populações no globo, sendo a terra, para o modo de vida humana, considerada uma das mais importantes por conta dos grandes desenvolvimentos antrópicos alocados. Observa-se ao longo da história diversas mudanças no que se refere ao uso da terra e do solo sendo este intensificado a partir das revoluções industriais, médico – sanitárias e informacional, onde os fatores citados proporcionaram o aumento das cidades e a possibilidade desta a adentrar em regiões antes inabitadas, a redução biomas nativos e modificações no que tange aos recursos hídricos. Apesar de serem parecidos, a denominação uso do solo refere-se as atividades humanas ou socioeconômicas efetuadas na terra, sendo as mais comuns a agricultura e a urbanização; uso da terra ou cobertura da terra diz respeito ao material físico pertencente na região, podendo ser vegetação, água, solo exposto ou árvores (COMBER et al., 2005; FISHER et al., 2005).

Sendo assim, acompanhar as transformações da terra ou as utilizações antrópicas quanto ao uso do solo em nível global, regional e local são itens de extrema importância para o monitoramento, planejamento, modelagem e tomada de decisão de ecossistemas, fornecendo informações atualizadas, possibilitando eficiência e tangibilidade no gerenciamento sustentável de áreas urbano/rural ou preservadas (LIU et al., 2014; EZEOMEDO; IGBOKWE, 2013; BAJOCCO et al., 2012; GONG et al., 2013). Através dos confiáveis dados espaço-temporais disponibilizados pelos órgãos competentes; como o Serviço Geológico Norte Americano – USGS em âmbito internacional; ou nacional, como a Agência Nacional das Águas - ANA, Ministério do Meio Ambiente – MMA e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, somado as dissertações e teses em Universidades, juntos, dão origem a estrutura base de um estudo sobre mudanças no uso do solo e da terra, uma vez que observações em elevado grau de detalhamento para diversos países em desenvolvimento e/ou pobres ainda não estão disponíveis (KIBRET; MAROHN; CADISCH, 2016; ZHANG et al., 2014).

Verificam-se numerosas e variadas pesquisas sobre o assunto supracitado, consagrando-o, deste modo, na comunidade científica e ressaltando a necessidade de novos trabalhos em ambientes de interesse. Segundo Halmy et al. (2015) e Muriithi (2016), os condutores englobam, comumente as causas antrópicas, todavia, causas naturais também são responsáveis por modificar o solo de uma região. Os principais fatores comuns das alterações no uso do solo e da terra incluem o desmatamento (ALMEIDA et al., 2016; BAGLEY et al., 2014),

monoculturas (MORENFIELD et al., 2016; ZERMEÑO-HERNÁNDEZ; PINGARRONI; MARTÍNEZ-RAMOS, 2016; XU; GRUMBINE; BECKSCHÄFER, 2013), a pecuária expansiva (MATEO-TOMÁS; OLEA, 2015; MEKASHAA et al, 2014), mineração (AREENDRAN et al, 2013; ABOOD et al, 2014), urbanização (MOHAN e KANDYA, 2015; FU e WENG, 2016) e degradação das zonas costeiras (SINGH et al, 2013).

As mudanças de uso do solo e da terra também atuam sob a hidrologia. Modelos hidrológicos consolidados necessitam para o processamento de dados informações sobre os usos de solo e da terra; tais como a modelagem *Soil and Water Assessment Tools* – SWAT, por exemplo, utilizadas por Welde e Gebremariam (2017) e Getachew e Melesse (2012) para uma bacia hidrográfica na Etiópia e Zhang et al. (2016) no Noroeste da China, onde tiveram resultados como o aumento de sedimentos, drásticas reduções de vazão nos meses secos e diminuição de vazão da bacia hidrográfica como um todo, respectivamente.

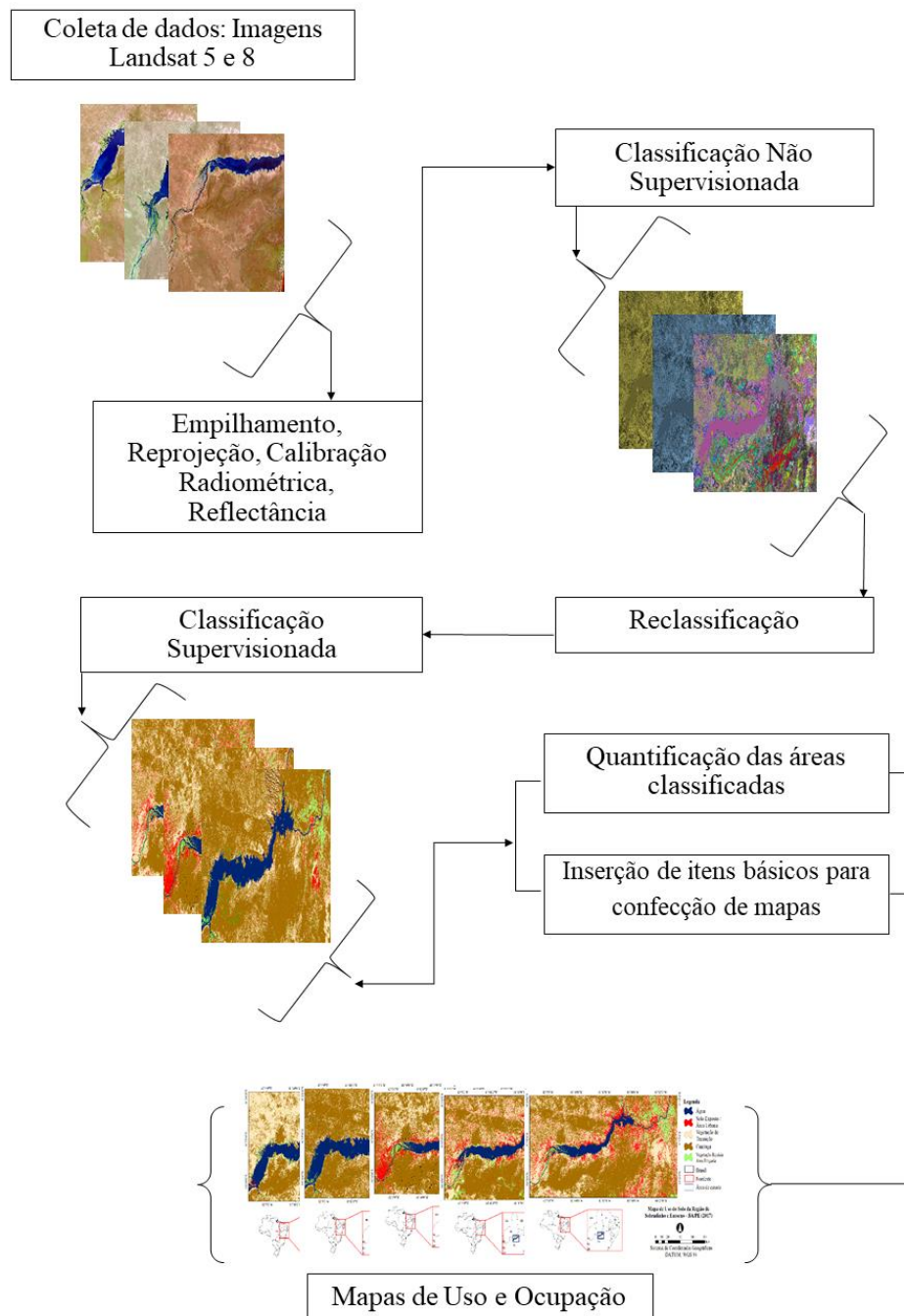
Além dos modelos hidrológicos, as informações de uso do solo/terra podem estar somadas a estatísticas hidrológicas (GAO et al., 2011; WEI et al., 2007; ZHU et al., 2015), dando suporte necessário ao monitoramento de ambientes tais como regiões semiáridas e áridas, áreas de elevado grau de vulnerabilidade, devido a problemática da água nestas regiões. Halmy et al. (2015) e Muriithi (2016) comentam que nestes ambientes, a agricultura, seja ela irrigada ou subsistência e o pastoreio são as principais causas das alterações de solo, atingindo, desta forma, diretamente os fluxos hidrológicos (POYATOS; LATRON; LLORENS, 2003; TAYE et al., 2013). Adicionamos a este, o desmatamento do bioma Caatinga, Serrado, Savana ou um nativo específico para produção de carvão ou para outros fins como alternativa de rentabilidade da população alocada. Ainda na hidrologia, as áreas de entorno de reservatórios podem ser estudadas, observando suas dinâmicas que podem ser configuradas desde a quantidade de sedimentos, áreas construídas até a demanda de água (ZHANG; ZHENGJUN; XIAOXIA, 2009; LI et al., 2009; LÓPEZ-MORENO et al., 2013), totais elementos que remetem a possíveis impactos a sistemas aquáticos ou terrestres, refletindo no setor econômico, político e social das comunidades.

Contemplando as análises abarcadas anteriormente onde observa-se a relevância no que tange uso da terra e solo para diversos ambientes, este capítulo tem como objetivo analisar o processo de uso e ocupação do solo, atualizando, para o Reservatório de Sobradinho e áreas circunvizinhas apresentando uma análise temporal a partir dos planos de informações.

6.1 METODOLOGIA

Utiliza-se técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para o desenvolvimento do capítulo. Os procedimentos metodológicos seguem os passos do fluxograma abaixo (Figura 33):

Figura 33 - Fluxograma da metodologia utilizada neste estudo.



6.1.1 Aquisição de dados

A aquisição de dados abrange-se na obtenção das imagens de satélite gratuitas oriundas do Serviço Geológico Norte Americano - USGS Landsat 5 (TM) e 8 (OLI) no período de 1988 até os dias atuais (2018). A Tabela 08 aponta todos os anos das imagens, o path e o row:

Tabela 12 - Informação das imagens escolhidas para pesquisa.

Ano	Mês	Dia	Path	Row
1988	6	1	218	66/67
1988	5	25	217	66/67
1992	8	15	218	66/67
1992	8	24	217	66/67
1997	10	16	218	66/67
1997	9	23	217	66/67
2001	10	11	218	66/67
2001	10	4	217	66/67
2005	11	7	218	66/67
2005	11	16	217	66/67
2010	5	29	218	66/67
2010	5	22	217	66/67
2011	6	17	218	66/67
2011	6	10	217	66/67
2013	6	6	218	66/67
2013	5	30	217	66/67
2014	9	29	218	66/67
2014	9	22	217	66/67
2015	11	19	218	66/67
2015	11	12	217	66/67
2016	8	17	218	66/67
2016	8	10	217	66/67
2017	10	23	218	66/67
2017	10	16	217	66/67

Fonte: Desenvolvido pelo autor (2018).

6.1.2 Empilhamento das imagens e reprojeção

Após seleção dos dados iniciais, manuseia-se junto ao *software* ERDAS Imagine 9.1 licenciado pelo Departamento de Ciências Geográficas – DCG/SERGEIO o procedimento denominado empilhamento, onde as faixas de 1 a 7 do Landsat 5 e 2 a 7 e a banda 10, do Landsat 8 de cada imagem serão agrupadas. Emprega-se o *software* ERDAS 9.1 para reprojeção das imagens, uma vez que estas mantêm projeções da região norte do globo. O envolvimento das

ferramentas *raster – reprojeção* são essenciais para esse procedimento. O sistema geodésico utilizado foi o Datum WGS 84 sul.

6.1.3 Processamento da imagem

Para extrair informações das imagens de satélite Landsat 5 são necessários ajustes iniciais denominado Calibração radiométrica. A calibração radiométrica consiste por meio da intensidade do fluxo radiante e o ângulo sólido. Markham e Baker (1987) promove a equação para o desenvolvimento da calibração radiométrica (Equação 13):

$$L_{\lambda i} = \alpha_t + \frac{b_t - \alpha_t}{255} \cdot ND \quad (13)$$

At e bt são as radiâncias espectrais mínima e máxima, ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1 a 7) da imagem Landsat 5. Os coeficientes de calibração (at e bt) são os propostos por Chander e Markham (2003) e atualizados por Chander, Markham e Helder (2009) (Tabela 09).

Tabela 13 - Coeficientes de calibração radiométrica (Landsat 5).

Bandas	Comprimento de onda (µm)	Coeficientes de Calibração		Irradiância espectral no topo atmosférico - TOA
		a (mínimo)	b (máximo)	
1 (azul)	0,452 - 0,518	-1,52	169,0	1957
2 (verde)	0,528 - 0,609	-2,84	333,0	1796
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	-1,17	264,0	1536
4 (IV -próximo)	0,776 - 0,904	-1,51	221,0	1031
5 (IV - médio)	1,567 - 1,784	-0,37	30,2	220.0
6 (IV - termal)	10,45 - 12,42	12,378	15,303	1
7 (IV - médio)	2,097 - 2,349	-0,15	16,0	83.44

Fonte: Chander, Markham e Helder (2009).

Após a calibração radiométrica aplicou-se o cálculo de reflectância nas imagens. Para elucidação, a reflectância consiste como a divisão entre a radiação solar refletida pelo solo e o fluxo de radiação solar global incidente, proposta inicialmente por Allen et al. (2002) para o Landsat 5 (Equação 14):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos(Z) \cdot dr} \quad (14)$$

$\lambda i L$ é a radiância espectral de cada banda, $\lambda i k$ é a Irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ALLEN et al., 2002). A Irradiância solar espectral no topo da atmosfera é encontrada no manuscrito de Chander, Markham e Helder (2009) (Tabela 09).

As imagens do satélite Landsat 8 utiliza-se a formula promovida por Chander e Markham (2003) para a reflectância (equação 15):

$$r_b = \frac{(Add_{refb} + Mult_{refb} \cdot ND_b)}{\cos(Z) \cdot D_R} \quad (15)$$

Onde, segundo Silva et al., (2016) o Add_{refb} corresponde ao fator aditivo, disponível no metadados da imagem, como o $Mult_{refb}$, que corresponde ao fator multiplicativo de. ND_b representa os valores de número digital da imagem, Z é o ângulo zenital solar. O D_R corresponde ao quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano, calculado pela Equação 16.

$$D_r = \left(\frac{1}{D_{TR}} \right)^2 \quad (16)$$

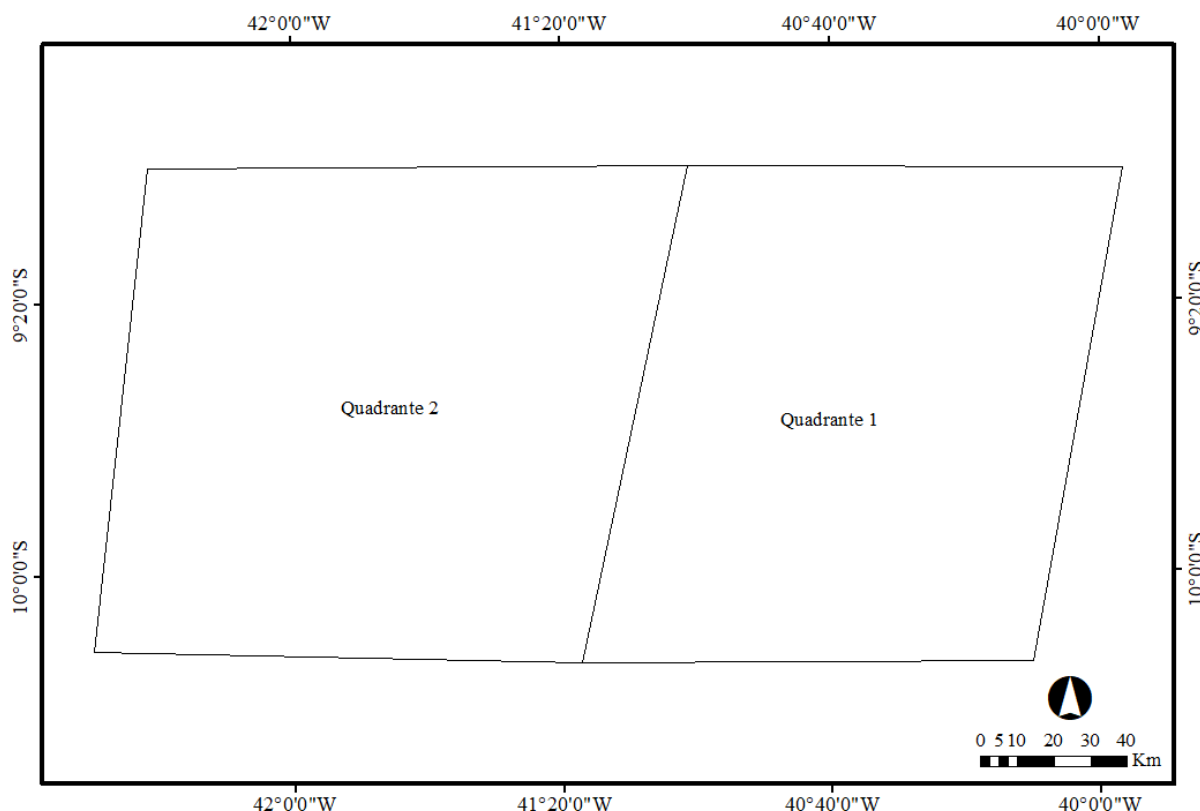
Onde o D_{TR} é a distância Terra-Sol (unidade astronômica) no dia de cada imagem, e extraída dos Metadados da imagem.

Observa-se na literatura o uso das imagens brutas no processo do mapeamento de uso e ocupação do solo/terra; neste trabalho, utiliza-se os produtos de reflectância em consequência da numeração decimal contida, aumentando assim, a possibilidade de diferenciação de alvos escolhidos, diferente da imagem bruta, que mantém números inteiros.

6.1.4 Recorte das imagens

Todas as imagens de satélite deste estudo foram submetidas a um recorte estratégico que contemplou a magnitude do reservatório de Sobradinho, as áreas de caatinga em seu montante/centro e as dinâmicas dos perímetros irrigados de sua jusante (Figura 34).

Figura 34 – Representação dos Quadrantes de recorte para área de estudo.



A área denominada “quadrante 1” abarca o recorte das cenas Landsat (Path 217, row 66, 67); a área denominada “quadrante 2” compreende o recorte das cenas (Path 218, row 66, 67). Em conjunto a região mantém uma área de 34960,2 km² (Quadrante 1 – 16266,4 km², Quadrante 2 – 18693,8 km²).

6.1.5 Classificação não supervisionada

Após o processamento inicial das imagens de interesse, foi aplicada a técnica denominada classificação não supervisionada. Fitz (2008) aponta que nesta classificação o próprio programa se habilita em escolher os alvos de interesse, e sem interpretação de um analista, criar as devidas assinaturas e classifica-las na quantidade de classes de acordo com os alvos encontrados. Após as etapas, o pesquisador, diferente da classificação supervisionada, denomina as categorias posteriormente.

Neste trabalho aplicou-se para cada imagem a classificação não supervisionada de *Iso Cluster Unsupervised Classification* dividindo-o com 25 números de classes. Esta divisão foi necessária para observação e verificação dos ambientes aproximando-se ao máximo no âmbito real. Após a classificação inicial, foi utilizado a ferramenta *Reclassify (3D)* para agrupar os

ambientes de semelhança e assim, obter categoricamente o mapa de uso do solo para cada cena da área.

6.1.6 Classificação Supervisionada

Obtendo os produtos das imagens oriundas da classificação não supervisionada, aplicou-se os procedimentos de mosaico e classificação supervisionada. O motivo para utilizar a classificação supervisionada e o mosaico após execução da classificação não supervisionada (automática) foi unir de forma igualitária os produtos das duas cenas Landsat, respeitando a classificação anterior e respaldando os dados ali contidos.

Por definição, o mosaico de imagens é a junção de duas ou mais *rasters* de imagens, onde sua essencialidade é devido à grande área de estudo e manipulação de duas cenas diferentes, necessitando, desta forma, de agrupa-las para uma análise universal. A classificação supervisionada consiste, segundo Santos e Lollo (2016) na extração de amostras de *pixel*, representando os alvos de interesse na imagem, permitindo a redução de erros cometidos na interpretação do *software* para o todo.

As etapas da classificação incluem a localização das áreas de interesse para desenvolvimento da assinatura espectral, isto é, o identificador para cada classe escolhida; escolha dos locais e coletas das amostras, criando a citada assinatura espectral para cada tipo de cobertura; classificação de toda a imagem via *software* de maior familiaridade, comparando a assinatura escolhida manualmente com as demais assinaturas. Foi utilizado o *software* ArcGis 9.2 junto a técnica *Maximum Likelihood Classification* (máxima verossimilhança).

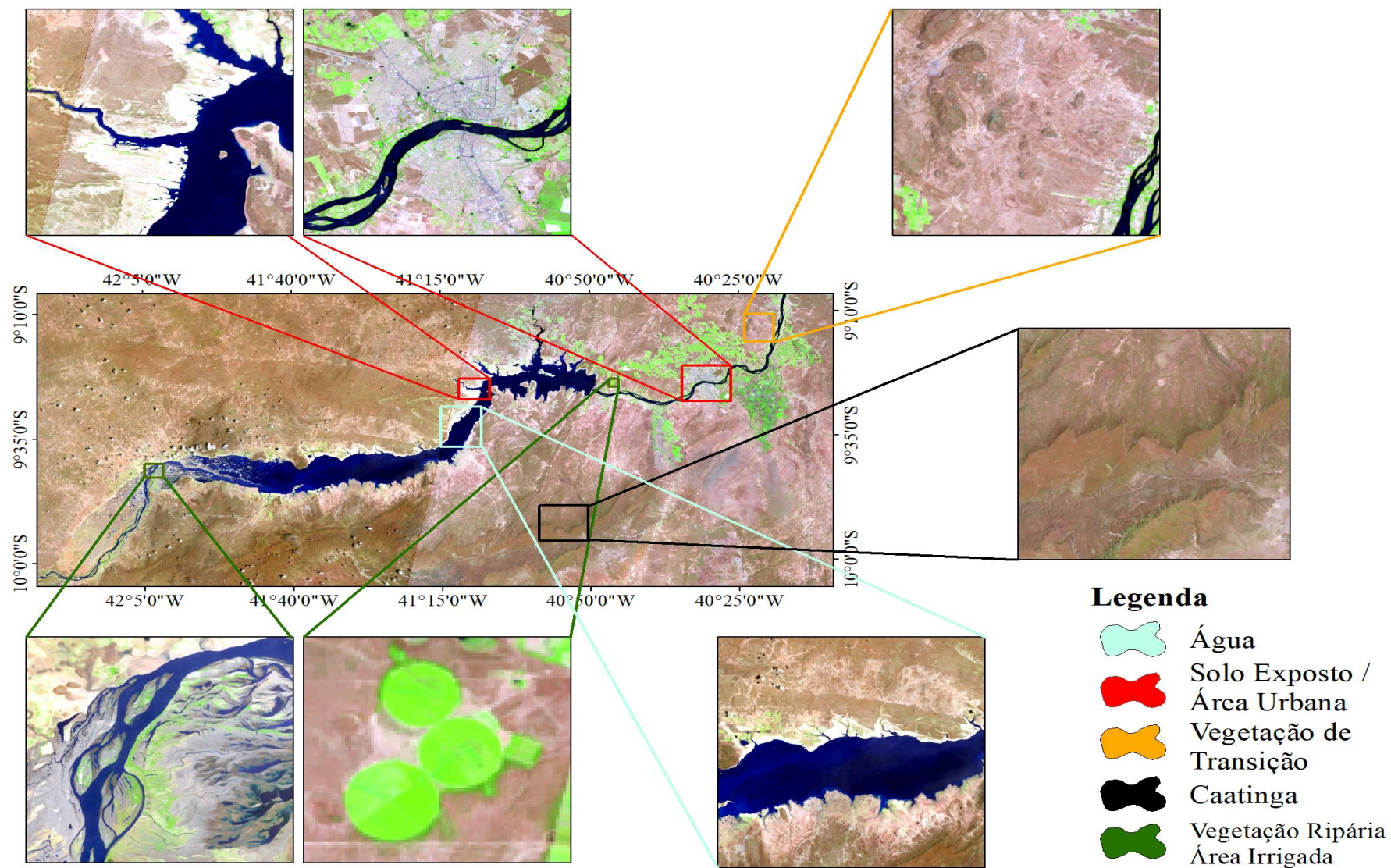
As classes definidas para o agrupamento pós classificação não supervisionada e na classificação supervisionada para união das duas cenas Landsat envolveram caráter gerais para que deste modo a discussão dos ambientes seja englobado como um todo. Respaldou-se para o desenvolvimento das classes de análise a classificação de uso de solo do MapBiomias (<http://mapbiomas.org/>) e PROBIO/MMA. A Tabela 14 junto a Figura 35 retrata as classes e suas descrições.

Tabela 14 - Classificações dos usos do solo e da terra para a região do entorno do reservatório de Sobradinho.

	Classificação	Descrição	Classes IBGE
1	Caatinga (Floresta Densa e/ou Aberta)	Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo (Savana Estépica Florestada, Floresta Estacional Semidecidual e Decidual) e semicontínuo (Savana Estépica Arborizada e Savana Arborizada).	Td,Cs,Cm,Fm,Fs,Pa,As,Fb, Pf,Pm,Fa,Cb,Ds,Am,Ab,Sd, Ta,Sa,
2	Vegetação Ripária / Área Irrigada - Irrigação (Agricultura e Agropecuária)	Sobre a vegetação Ripária: Ambientes com vegetação recentemente afloradas, oriundas da regressão de barramentos hídricos ou respostas vegetacionais sobre a precipitação. Áreas reservadas para a agricultura extensiva, perímetros irrigados e/ou policulturas. Regiões de Agropecuária ou agropastoril.	Ac, Acp, Acc
3	Transicional – Áreas de transição (Pastagens e Vegetação Campestre)	Sobre a vegetação campestre - tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas: Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque ou Savana Gramíneo-Lenhosa; área de transição entre a caatinga frondosa para a caatinga espaçada. Sobre as pastagens: Áreas de campos ou pastagens, sejam elas naturais ou plantadas, com vínculo ativo ou não a uma atividade agrícola ou pecuária.	AP, PE, OS, Tp,Sg,Rm,Sp, Tg
4	Solo Exposto – Área urbana (Infraestrutura Urbana)	Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções. Ambientes de total ausência de vegetação também podem estar nessa classificação	
5	Água (Corpos D'água/ Hídricos)	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água	

Fonte: PROBIO/MMA, s/d.

Figura 35 - Identificação visual das classificações propostas no estudo.

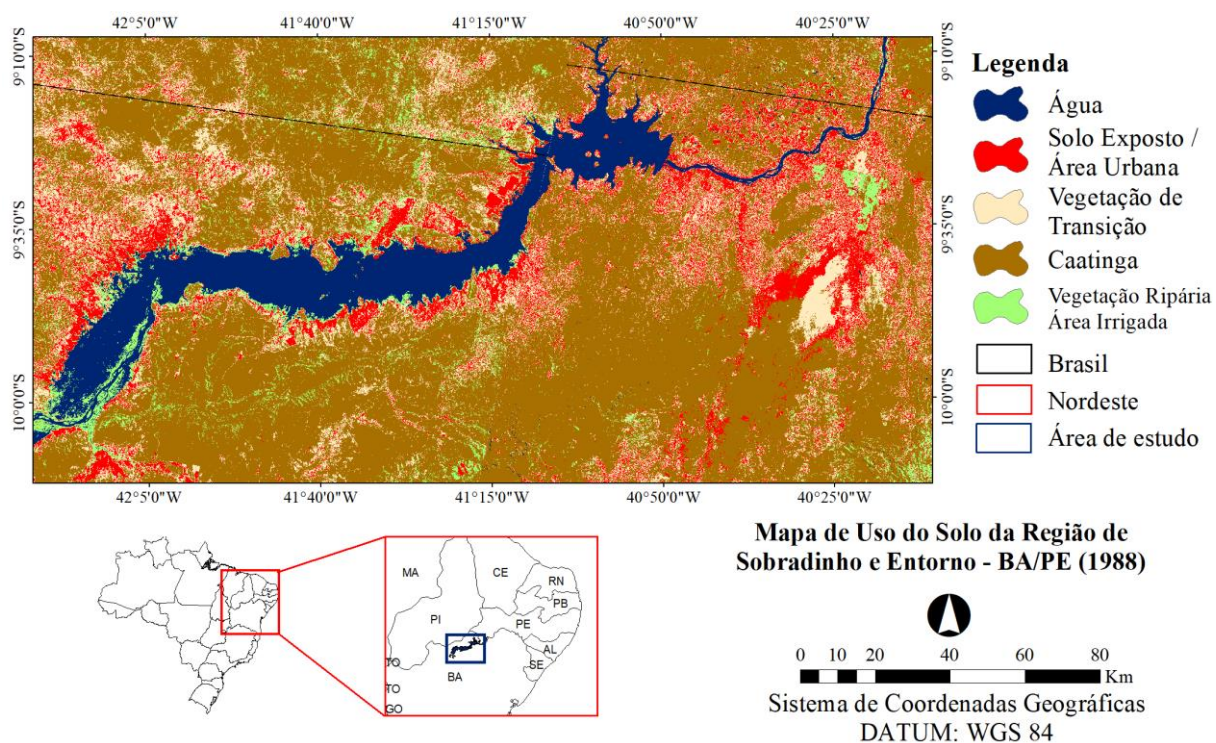


6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os prolongados períodos de seca nas regiões semiáridas que provocaram em diversos ambientes no Nordeste do Brasil situações de êxodo, fome, pobreza e miséria em meados do século XX, fizeram que órgãos nas políticas públicas (SUDENE, DNOCS, Codevasf, Embrapa e FAO), investissem na criação de mecanismos que captassem e armazenassem recursos hídricos, como barreiros, barragens e reservatórios, destacando no estado de Pernambuco a criação dos reservatórios de Sobradinho e Itaparica. Ainda nesse período temporal, estudos sobre potenciais áreas agrícolas foram executados, sendo criado através de incentivos fiscais polos de irrigação sob território semiárido nordestino, propiciando desta forma, novas alternativas de empregabilidade, fixação do homem e benefícios sociais. Assim, observa-se variadas dinâmicas quanto ao uso do solo e da terra destas regiões impactadas pelos investimentos, sejam no aumento da população, na conservação de ambientes de vegetação nativa ou das atividades econômicas; entende-las quantitativamente e qualitativamente enquanto série histórica fornece respaldo para tomadas de decisões futuras com maior acurácia e redução de erros.

Nas mediações dos Estados de Pernambuco e Bahia, foi instalado na década de 1970 o reservatório de Sobradinho, o maior reservatório do Nordeste e um dos maiores do Brasil. Na jusante do reservatório de Sobradinho, durante a década de 1980, iniciou um dos polos de irrigação mais conhecidos no Nordeste: o perímetro irrigado de Petrolina Senador Nilo Coelho. O acompanhamento das primeiras dinâmicas de uso do solo é um datado relevante para a ancoragem de parâmetros futuros e suas respectivas análises. Mesmo sendo incentivado desde 1960 pelas políticas públicas, o perímetro irrigado de Petrolina tem sua grande iniciação em 1984; neste período, uma série de terrenos foram estrategicamente loteados para a produção agrícola privada. Segundo Ortega e Sobel (2010), a mudança dos perímetros irrigados públicos para o privado e o aumento dos mesmos se dão devido a grave crise econômica que se estabeleceu no governo federal em meados de 1980, o fazendo adotar ideologias liberais para manter suas contas e evitar gastos em energia no que tange os recursos humanos, a famosa frase “menor intervenção pública/ou estatal e maior liberdade para iniciativa privada”. A Figura 36 explana a região após as primeiras intervenções liberais, durante o ano de 1988.

Figura 36 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1988).



As áreas de Caatinga são predominantes na Figura 36. Além destas, os ambientes em exposição estão em destaque na imagem, principalmente nos arredores do reservatório de Sobradinho e na sua jusante, referente a área de Juazeiro (BA) e Petrolina (Tabela 15).

Tabela 15 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno 1988 (Figura 36).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno -1988 (Figura 36)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	7,45359	2605,79
Caatinga	60,8482	21272,65
Vegetação Transicional	15,4635	5406,07
Área Urbana/Solo Exposto	11,1515	3898,59
Vegetação Ripária/Área Irrigada	4,91197	1717,23

Em quantidade hídrica significativa e zonas ripárias em sua borda, o reservatório de Sobradinho mantém uma área de 7,45% em relação ao recorte da pesquisa. A Caatinga e a

vegetação de transição juntas conservam 75% da área de estudo; os solos expostos/áreas urbanas em detrimento das políticas agrícolas de expansão consomem 11% da área.

A partir da década de 1990 o polo irrigado e as regiões de entorno do reservatório de Sobradinho vêm a desenvolver com mais velocidade; a associação de produtores agrícolas para competir com o mercado internacional, a magnitude de Sobradinho e os incentivos oriundos das políticas federais e estaduais impulsionaram a agricultura irrigada naquela região. Todavia, as melhorias e os incentivos não foram apenas nas políticas agrícolas, observa-se melhorias nas políticas sociais locais (ORTEGA; SOBEL, 2010). Desta forma, nas Figuras 37 e 38, retratam o ambiente supracitado nos anos de 1992 e 1997, junto as suas considerações.

Figura 37 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1992).

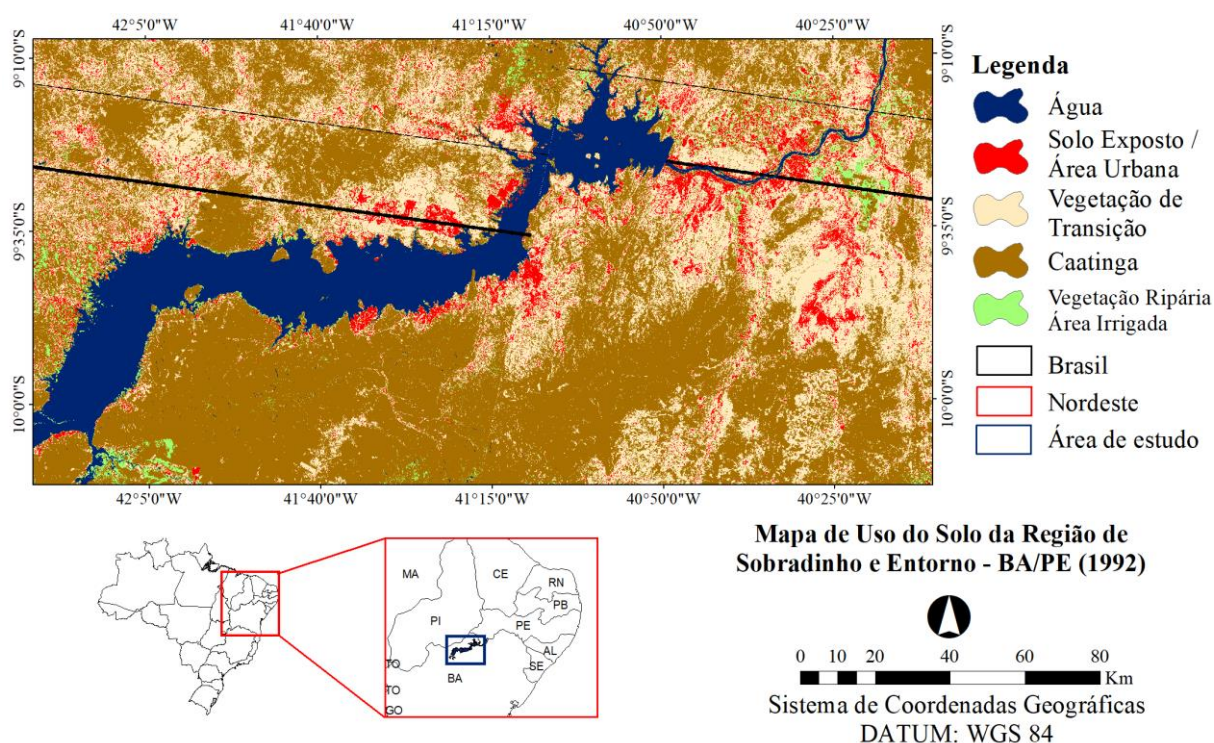


Tabela 16 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1992 (Figura 37).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1992 (Figura 37)

Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	9,99733	3495,09
Caatinga	51,9496	18161,68

Vegetação Transicional	28,7772	10060,57
Área Urbana/Solo Exposto	6,23987	2181,47
Vegetação Ripária/Área Irrigada	2,29636	802,81

O aumento do reservatório de Sobradinho (9,99%) e a consequente redução dos ambientes de vegetação ripária revelam um decréscimo nos dados de vegetação ripária/área irrigada (2,29%), todavia, observa-se através da espacialização na Figura 37 que as áreas irrigadas na jusante de Sobradinho iniciarem. As áreas de Caatinga (51,94%) junto as de transição (28,77%) predominam em toda figura.

Em 1997 (Figura 38), os ambientes irrigados aumentam no entorno de Petrolina alcançando também o entorno do reservatório de Sobradinho, este em estado hídrico estável (Tabela 17).

Figura 38 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (1997).

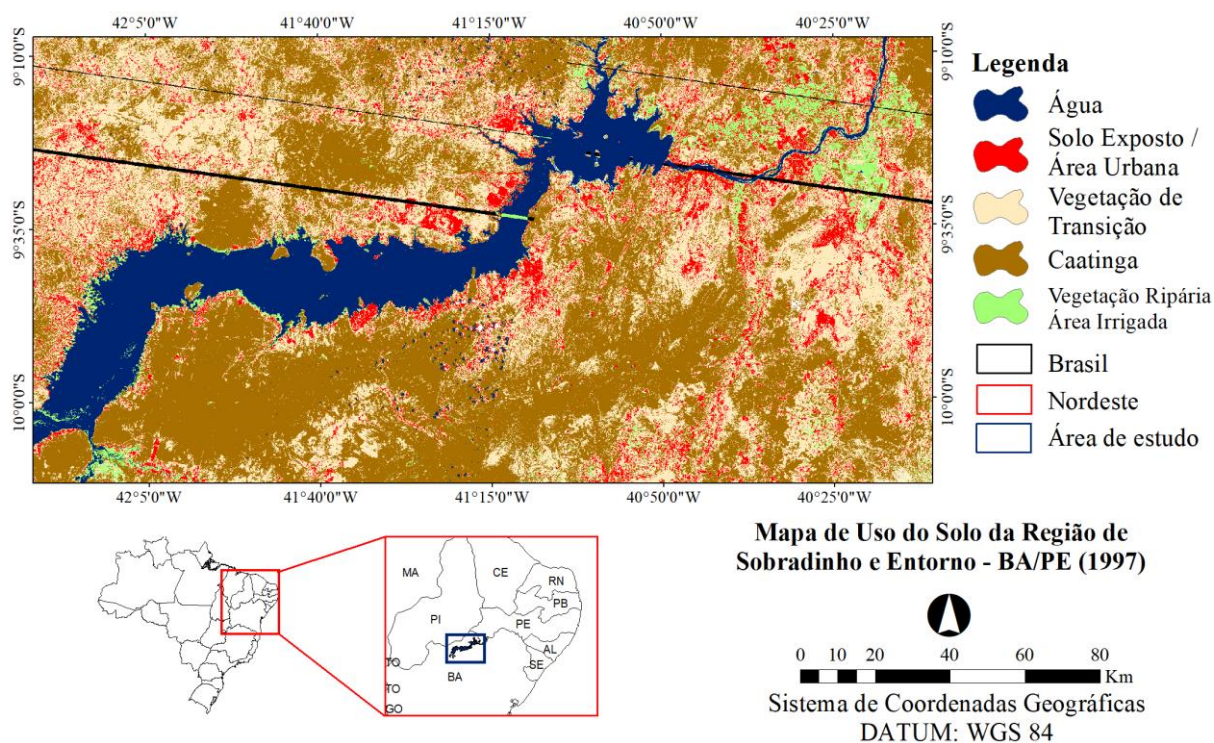


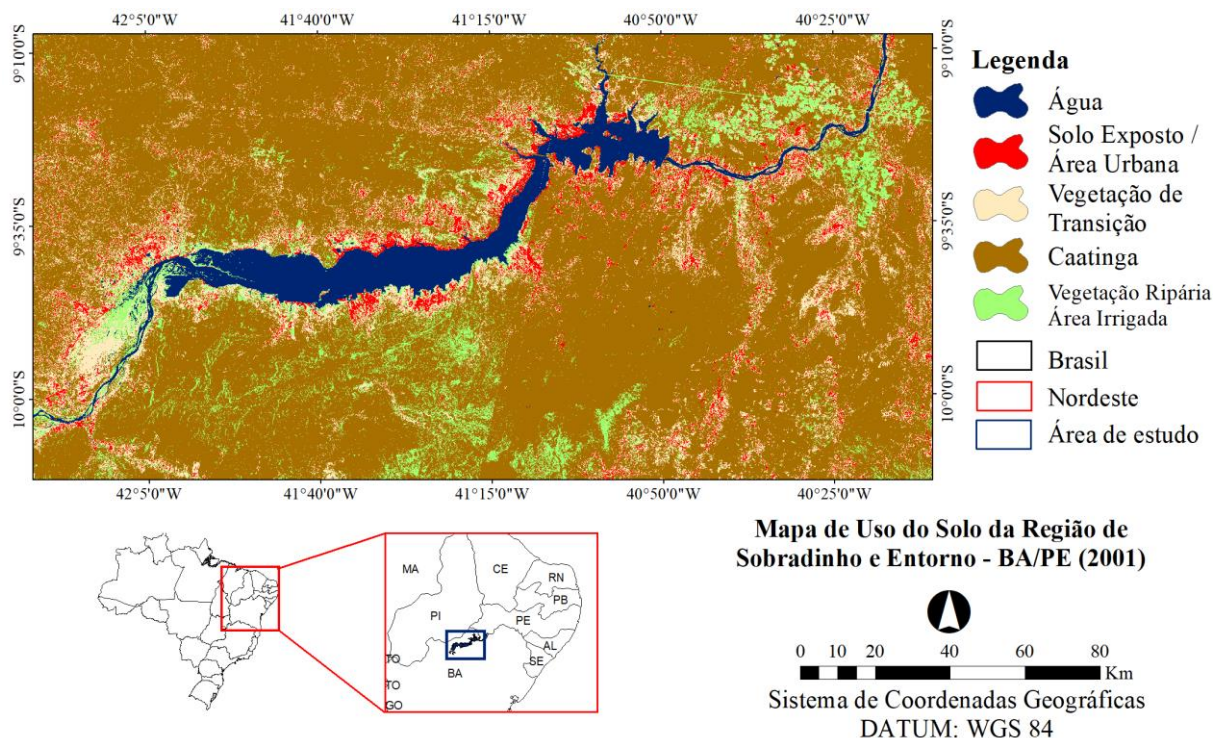
Tabela 17 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1997 (Figura 38).

Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 1997 (Figura 38)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km²)
Água	9,7807	3419,35
Caatinga	43,6304	15253,28
Vegetação Transicional	33,5946	11744,74
Área Urbana/Solo Exposto	8,75125	3059,45
Vegetação Ripária/Área Irrigada	3,02586	1057,85

Conforme descrito no parágrafo anterior, há o aumento visível nas atividades de irrigação na área/áreas de vegetação ripária (3,02%), disponibilidade hídrica confortável no reservatório de Sobradinho (9,78%) e predomínio da vegetação de Caatinga (43,63%) e de transição (33,59%). As zonas expostas ainda são observadas em quantidade (8,75%), sobretudo pela continuidade dos incentivos na região.

Os primeiros anos da primeira década do século XXI foram marcados por uma grande seca que assolou o Nordeste brasileiro, alcançando e retraindo o reservatório de Sobradinho em significância. Na mesma década, períodos de anomalias climáticas positivas trouxeram para o reservatório condições para manutenção das suas cotas em nível elevado; observa-se também, a proximidade dos 20 anos de permanência do perímetro irrigado alocado nas mediações de Sobradinho, próximo do município de Petrolina; no qual, segundo Ortega e Sobel (2010) seria o perímetro irrigado de mais sucesso no semiárido. A compreensão e comparação das dinâmicas de uso do solo e da terra que aconteceram nesta década é de extrema relevância pois importantes incentivos sociais e econômicos foram executados oriundos das políticas públicas do governo federal em ambientes estratégicos brasileiros. As Figuras 39, 40 e 41 retratam o ambiente em estudo nos períodos de 2001, 2005 e 2011.

Figura 39 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2001).



Em um dos maiores anos de retração do reservatório na primeira década do século XXI, Sobradinho manteve área relativa de 4,53% (água), todavia, as áreas de caatinga predominaram em toda a imagem alcançando valores acima de 70% (Tabela 18).

Tabela 18 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE - 2001 (Figura 39).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE - 2001 (Figura 39)

Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	4,53282	1584,68
Caatinga	73,8741	25826,53
Vegetação Transicional	11,3836	3979,73
Área Urbana/Solo Exposto	4,03288	1409,90
Vegetação Ripária/Área Irrigada	6,17677	2159,41

As áreas expostas cobriram o envolto do reservatório e em ambientes próximos dos perímetros irrigados. Apesar de estar em período de seca, as zonas ripárias e as áreas irrigadas mantiveram-se em valores relativos próximos ao de 6%, onde os perímetros irrigados de

Petrolina, e áreas ripárias no montante do reservatório contribuíram com esse quantitativo, o que se observa na Figura 39.

Além disso, detectou-se na Figura 39 áreas pertencentes a classificação vegetação ripária/ áreas irrigadas incluídas ao bioma Caatinga; isso deu-se pela boa resposta espectral de algumas regiões da Caatinga naquele período para o programa, que o fez confundir e apresentar ambientes que não refletem a realidade. Esse equívoco promovido pela classificação não supervisionada fez contribuir com o aumento da percentagem da classe “Vegetação Ripária/Área Irrigada” junto as reais áreas de irrigação, que continuaram perenes no território e as zonas ripárias que estão presentes no envolto do reservatório de Sobradinho.

A recuperação das cotas do reservatório em 2005 (Figura 40) proporcionou o reaparecimento de ambientes de vegetação e irrigação no entorno de Sobradinho; o predomínio das classificações de vegetação de Caatinga e de Transição mantem-se no ano em análise (Tabela 19).

Figura 40 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2005).

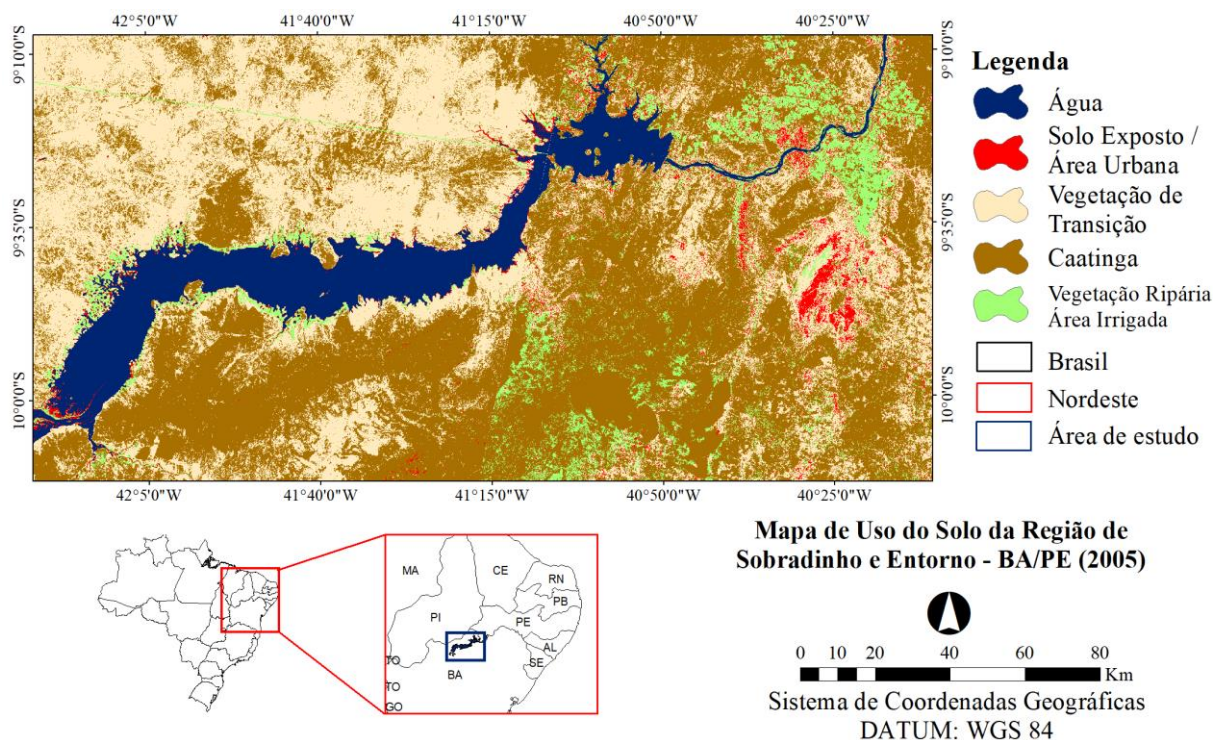


Tabela 19 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2005 (Figura 40).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2005 (Figura 40)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km²)
Água	7,68856	2687,94
Caatinga	48,4511	16938,60
Vegetação Transicional	35,6281	12455,66
Área Urbana/Solo Exposto	2,37403	829,97
Vegetação Ripária/Área Irrigada	5,85826	2048,06

Diferente de 2001, os valores das classificações para o ano de 2005 mantiveram maiores para a área do reservatório (7,68%); ademais, o preenchimento do reservatório recuperou áreas de solos expostos, refletindo, desta forma, na redução do ambiente do mesmo (solo exposto – área urbana - 2,37%). As áreas de irrigação/vegetação ripária condicionaram proximidade ao ano de análise anterior (5,85%) sendo encontrada na forma espacial concentrada no perímetro irrigado de Petrolina. Os ambientes de Transição e de Caatinga quando somados resultam em aproximadamente 80% da área relativa total.

A classificação não supervisionada detectou de forma equivocada ambientes classificados como “Vegetação Ripária / Áreas Irrigadas” em regiões de Caatinga na Figura 40, tal como na Figura 39. Mesmo sendo uma pequena área, essa detecção pode auxiliar no aumento do percentual da classificação para o referido ano. O motivo mais plausível para essa resposta do *Software* para a área é uma resposta da vegetação de Caatinga a precipitação, a tornando robusta e assemelhando com ambientes ripários / de irrigação.

Semelhante ao ano de 2010, 2011 (Figura 41) foi um ano de climatologia positiva para o reservatório de Sobradinho e sua área de influência, isto é, as precipitações foram suficientes para a continuidade das cotas nos níveis superiores. A Tabela 20 exhibe as respectivas áreas relativas para as classificações propostas.

Figura 41 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2011).

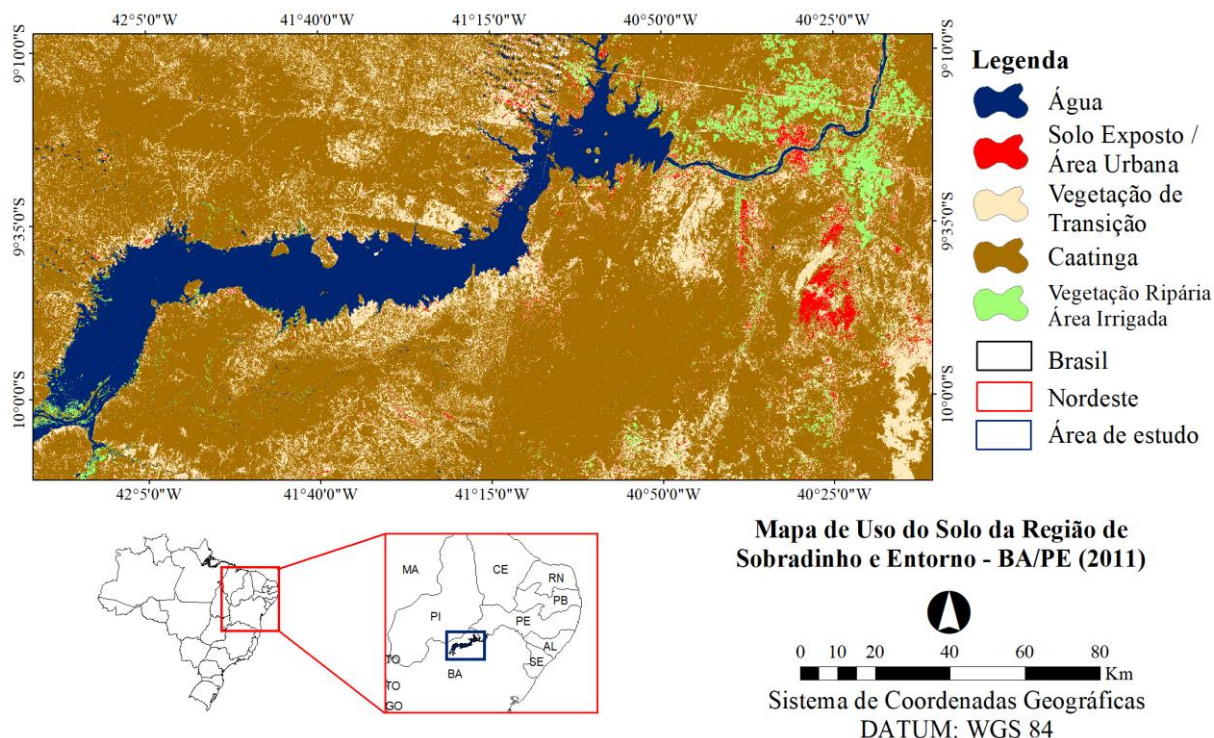


Tabela 20 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2011 (Figura 41)

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2011 (Figura 41)

Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	9,71641	3396,88
Caatinga	68,59323	23980,33
Vegetação Transicional	16,2977	5697,71
Área Urbana/Solo Exposto	1,63439	571,39
Vegetação Ripária/Área Irrigada	3,36586	1176,71

Percebe-se nos dados da imagem de 2011 quando comparado com o ano de 2005 o aumento relativo das áreas aquáticas (9,71%) e retração dos ambientes de área irrigada (3,36%) e solo exposto (1,63%); ressaltando as regiões de irrigação, no qual, a concentração se dá apenas nas mediações de Petrolina, jusante do reservatório. O somatório das áreas de Caatinga e as de Transição conciliam com os anos anteriores da primeira década de XXI.

Diferente das Figuras 39 e 40, a classificação não supervisionada não detectou de forma equivocada ambientes de Vegetação Ripária ou Áreas Irrigadas sob territórios de Caatinga;

além disso, as áreas ripárias, pela elevação das cotas do reservatório tiveram uma redução significativa. Assim, a redução do percentual classificadas no parâmetro “Vegetação Ripária / Áreas Irrigadas” revelam e refletem diretamente os ambientes das áreas irrigadas no local.

Acompanhando as anomalias climáticas negativas iniciadas em 2012, o ano de 2013 repetiu respostas de precipitação negativa em todos os meses do ano, consequência esta observada nos ambientes em estudo. A apresentação da Figura 42 junto a Tabela 21 revela melhores detalhes.

Figura 42 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2013).

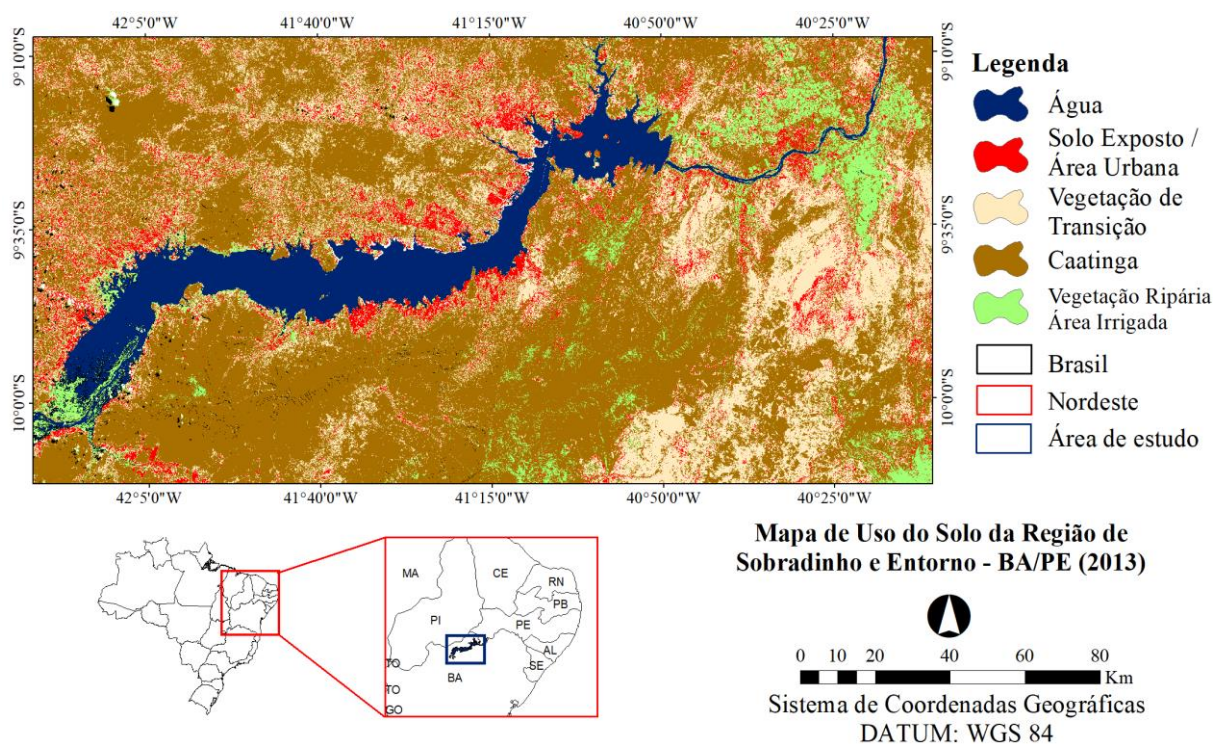


Tabela 21 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno BA/PE - 2013 (Figura 42).

Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno BA/PE - 2013 (Figura 42)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km²)
Água	7,09629	2480,88
Caatinga	57,265468	20020,12
Vegetação Transicional	23,0939	8073,67
Área Urbana/Solo Exposto	6,66869	2331,39
Vegetação Ripária/Área Irrigada	4,7534	1661,80

Os valores semelhantes aos anos anteriores no que tange ao somatório das regiões de Caatinga e de vegetação em transição não acompanham os valores hídricos, visto que houve uma diminuição do reservatório (7,09%) e aumento das áreas expostas (6,66%), principalmente no entorno do reservatório de Sobradinho. Destaca-se aqui na análise que os valores do somatório das áreas irrigadas e zonas ripárias (4,75%) superiores ao ano de 2011 (3,36%) foi reflexo dos ambientes de vegetação ripárias ao sul e centro sul da imagem, nos quais, refletem a regiões de caatinga.

Embora estar contido na continuação de uma grande crise climática que assolou a segunda década do século XXI, o ano de 2014 (Figura 43) assemelha-se com um dos períodos climáticos observado na primeira década do século, XXI, mais precisamente em 2001 (Figura 39), onde a partir da retração das cotas altimétricas do reservatório de Sobradinho, novos tipos de vegetação afloraram confundindo, desta forma, a assinatura espectral da imagem no método de classificação não supervisionada e consequentemente, elevando o quantitativo sobre as informações das áreas irrigadas/áreas ripárias (Tabela 22).

Figura 43 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2014).

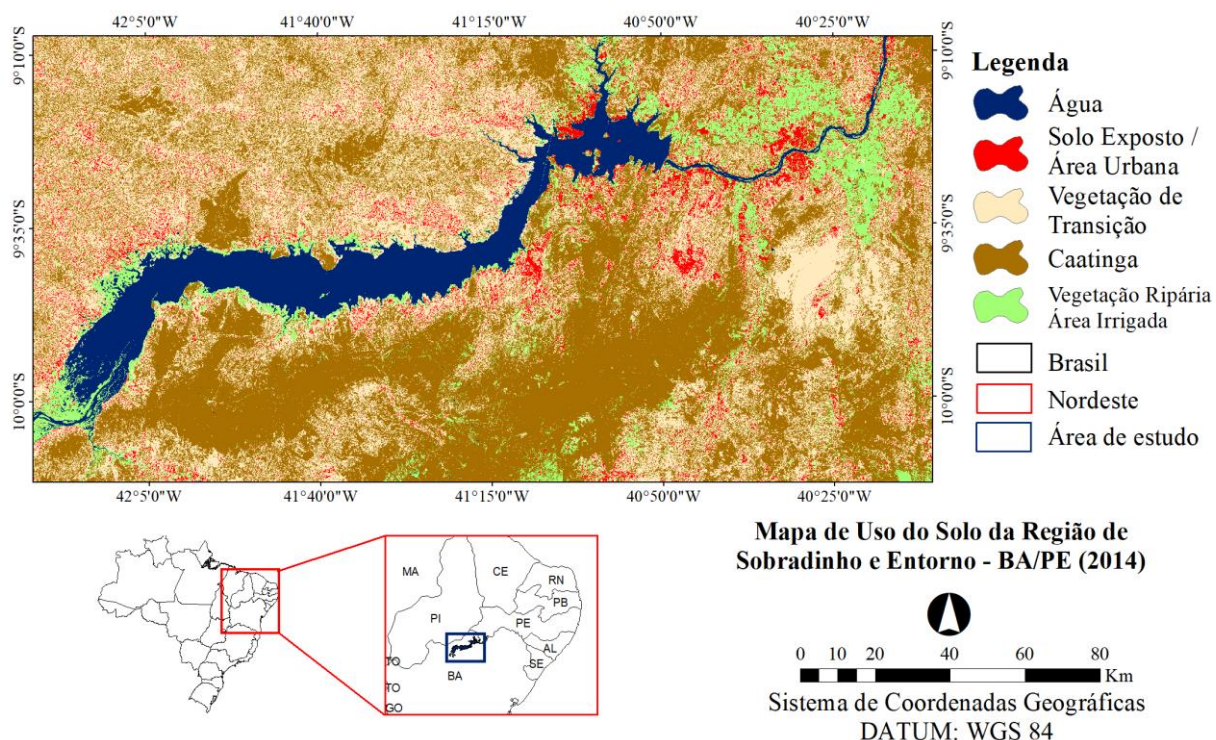


Tabela 22 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2014 (Figura 43)

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2014 (Figura 43)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	6,83699	2390,23
Caatinga	43,9586	15368,01
Vegetação Transicional	35,9845	12580,25
Área Urbana/Solo Exposto	5,73096	2003,56
Vegetação Ripária/Área Irrigada	7,48895	2618,15

A retração do reservatório (6,83%), o aumento das áreas de transição (35,98%) junto a uma mescla com pequenos ambientes em exposição e a consequente diminuição das áreas de Caatinga (43,95%) são os primeiros reflexos climatológicos negativos para o ambiente em estudo no ano de 2014. O aumento da área irrigada/vegetação ripária (7,48%), pode estar relacionado com a presença da vegetação ripária oriunda da retração do reservatório de

Sobradinho, todavia, o perímetro irrigado de Petrolina apresentou polos concentrados de agricultura em alta tecnologia maiores que anos anteriores mesmo em períodos de seca.

Sem dúvidas, o ano de 2015 (Figura 44) para o reservatório de Sobradinho foi o mais assolador no que se refere as suas dinâmicas hídricas; o volume retraiu significadamente sendo alvo das centrais de comunicações e mídias estatuais e nacionais. As políticas públicas do Reservatório no controle de vazão também emitiram pareceres que reduziam a vazão de Sobradinho para números cada vez menores; evitar que as cotas diminuíssem cada vez mais era o grande objetivo destes planos. A Tabela 23 explana valores sobre o uso do solo para o ano em análise.

Figura 44 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2015).

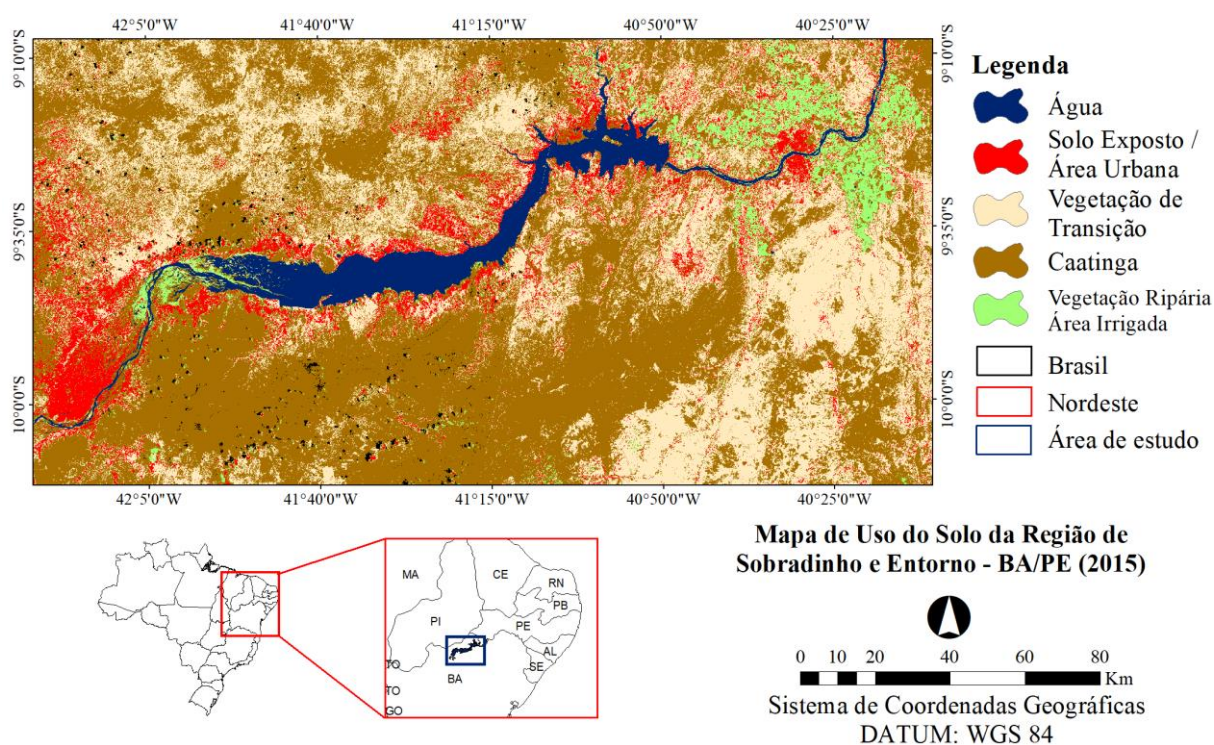


Tabela 23 - Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2015 (Figura 44).

Informações sobre o uso e ocupação do Solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2015 (Figura 44)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km²)
Água	3,86675	1351,82
Caatinga	52,1161	18219,89
Vegetação Transicional	32,0669	11210,65
Área Urbana/Solo Exposto	7,66611	2680,09
Vegetação Ripária/Área Irrigada	3,79903	1328,15

Os altos valores relativos da região de Caatinga (52,11%) e dos ambientes de transição (32,06) não conseguem mitigar o aumento significativo das áreas expostas (7,66%) concentradas no que era antes encontrado as águas do reservatório e seu entorno; as áreas irrigadas/vegetação ripária também mantiveram queda substancial (3,79%). Destaca-se os valores relativos da área correspondente aos corpos hídricos - água (3,86%), na qual é a menor já observada no século XXI.

Sinais climatológicos positivos marcam o ano de 2016 (Figura 45), onde o reservatório, seu entorno e sua área de influência apresentam sinais de recuperação, mesmo que moderado. A tabela 24 exhibe os valores das respectivas classificações do uso do local.

Figura 45 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2016).

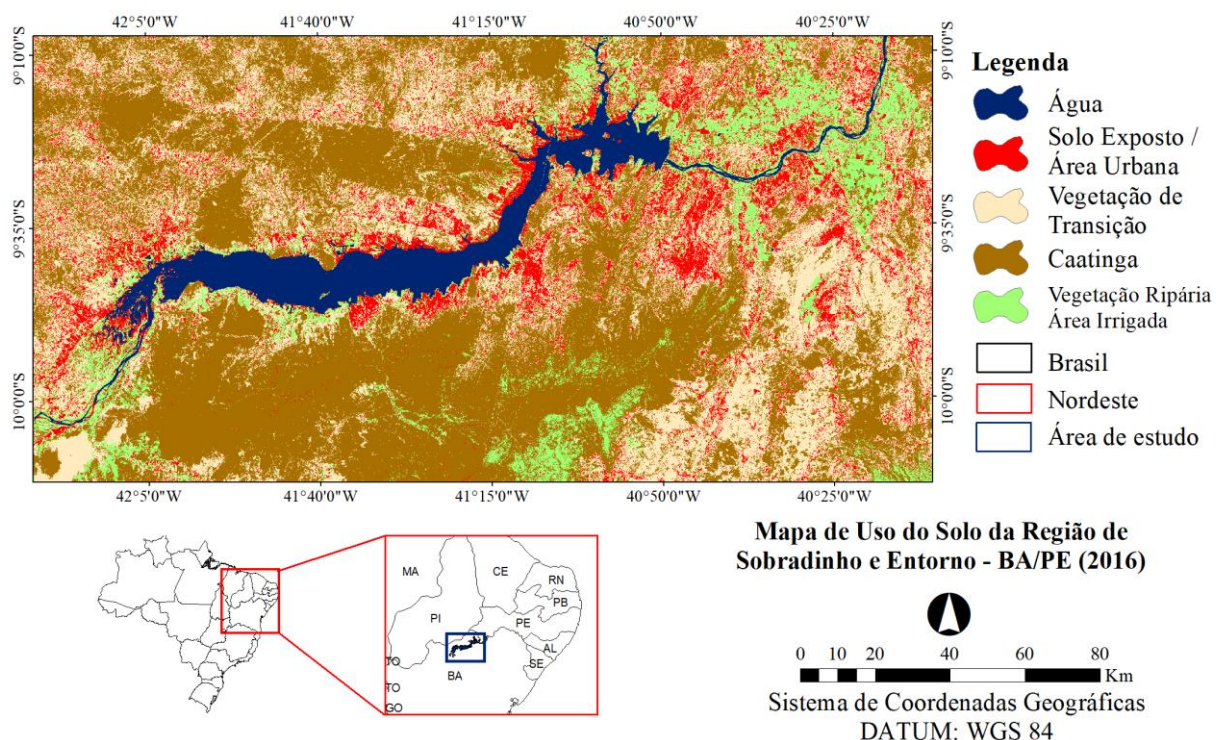


Tabela 24 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2016 (Figura 45).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2016 (Figura 45)

Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	4,98642	1743,26
Caatinga	46,181	16144,97
Vegetação Transicional	30,2548	10577,14
Área Urbana/Solo Exposto	10,477	3662,78
Vegetação Ripária/Área Irrigada	8,10078	2832,05

O aumento dos valores relativos de corpos hídricos (4,98%) refletiu nos valores das áreas irrigadas/vegetação ripária (8,10%) apresentado espacialmente na jusante do reservatório e na sua centro-montante. Ressalta-se que houve o aumento das áreas de solo em exposição (10,47%) e predomínio dos ambientes de Caatinga/Transição (76,43%).

O ano de 2017 (Figura 46) traz consigo uma climatologia que não favoreceu a manutenção das vazões normais para os reservatórios incluídos no rio São Francisco, desta forma, Sobradinho novamente reduz suas cotas altimétricas e o reflexo desse ano seco é

exteriorizado nas dinâmicas de seu entorno. A Tabela 25 expressa os valores das áreas relativas no que se refere a classificação do uso do solo para a região.

Figura 46 - Mapa de Uso do Solo da Região do Reservatório de Sobradinho e Entorno – Bahia/Pernambuco (2017).

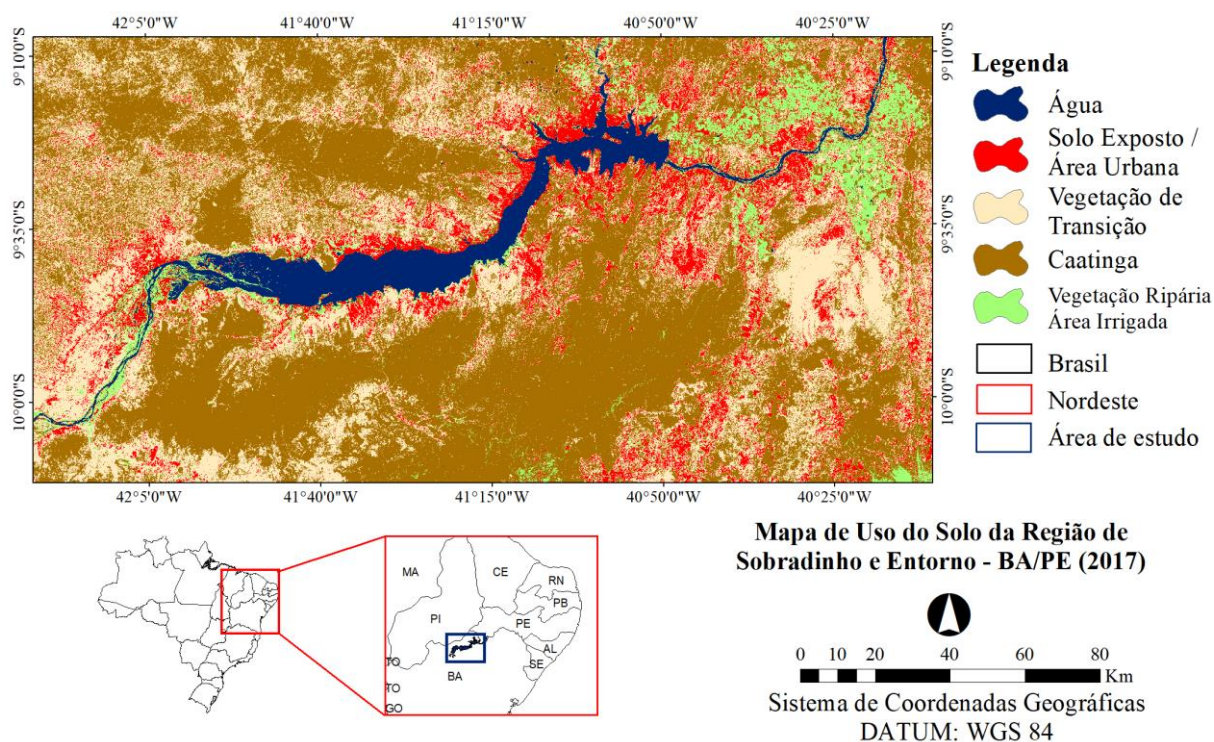


Tabela 25 - Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2017 (Figura 46).

Informações sobre o uso e ocupação do solo - Reservatório de Sobradinho e Entorno – BA/PE – 2017 (Figura 46)		
Classificação	Área Relativa %	Área (Km ²)
Água	4,04346	1413,60
Caatinga	51,4577	17989,71
Vegetação Transicional	29,5313	10324,20
Área Urbana/Solo Exposto	10,4084	3638,80
Vegetação Ripária/Área Irrigada	4,55917	1593,89

Observa-se a redução significativa das áreas irrigadas/vegetação ripária no local (4,55%) e redução aproximada de 1% do ano de 2016 para 2017 para o reservatório de Sobradinho; além de manter grandes áreas de solo exposto em todo entorno (10,40%). Os

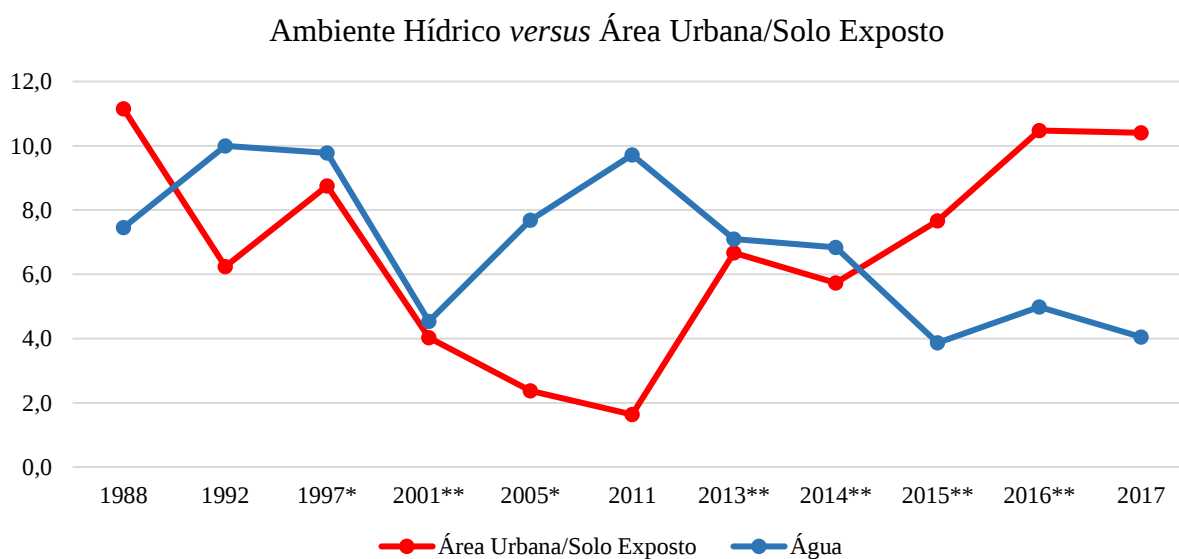
territórios de Caatinga e de zonas de transição preservam-se nos valores dos anos anteriores, quando somados.

A partir da compilação os dados discutidos anteriormente, confecciona-se a Tabela 26 e extrai através da mesma as figuras 47, 48 e 49:

Tabela 26 - Quadro geral das classificações de uso e ocupação do solo para os anos em análise – Reservatório de Sobradinho.

Ano	Classificação (Área Relativa em %)				
	Água	Caatinga	Vegetação Transicional	Área Urbana/Solo Exposto	Vegetação Ripária/Área Irrigada
1988	7,45	60,85	15,46	11,15	4,91
1992	10,00	51,95	28,78	6,24	2,30
1997	9,78	43,63	33,59	8,75	3,03
2001	4,53	73,87	11,38	4,03	6,18
2005	7,69	48,45	35,63	2,37	5,86
2011	9,72	68,59	16,30	1,63	3,37
2013	7,10	57,27	23,09	6,67	4,75
2014	6,84	43,96	35,98	5,73	7,49
2015	3,87	52,12	32,07	7,67	3,80
2016	4,99	46,18	30,25	10,48	8,10
2017	4,04	51,46	29,53	10,41	4,56

Figura 47 - Gráfico do Ambiente Hídrico versus Solo Exposto/ Área Urbana (área relativa %).

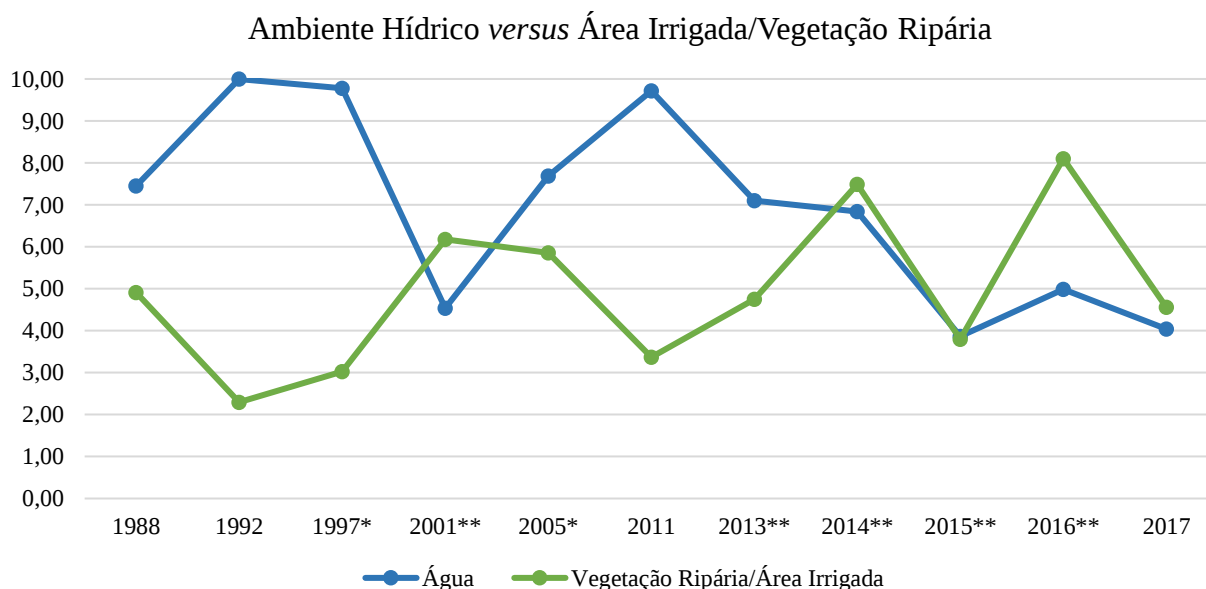


*Ocorrência de Secas no Nordeste (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016). **Secas que atingiram e reduziram o reservatório de Sobradinho. Área relativa em %.

A chegada do desenvolvimento idealizado pelo perímetro irrigado alocado em Petrolina contribuiu para que em 1988 a região em seu entorno obtivesse acima de 10% de solos expostos; os valores acima dos 10% são observados ainda nos anos de 2016 e 2017, resultado da continuidade de uma grande seca que assolou o Nordeste brasileiro desde 2012. Ainda sobre as secas que atingiram as cotas do reservatório, observa-se no ano de 2001 uma drástica redução do corpo hídrico de Sobradinho, todavia, a rápida recuperação climatológica e a não perduração da seca fez dos ambientes reduzidos receptáculos de vegetação tipo ripária ou de transição, diferente por exemplo, de 2015, onde se sobressai os dados de solos expostos quando são relacionados a quantidade hídrica do ambiente. Verifica-se que em períodos de abundância hídrica a quantidade de solos expostos diminui, tendo a mesma situação inversa ocorrendo; sob a condição hídrica crítica, os solos expostos tendem a aproximar a cobertura percentual relativa da área da água e, na permanência da criticidade, ultrapassar a área de cobertura hídrica, como a Figura 47 revela.

A Figura 48 explana as informações de vegetação ripária/área irrigada e ambientes hídricos de interesse no estudo e suas representações.

Figura 48 – Gráfico do Ambiente Hídrico *versus* Área Irrigada/Vegetação Ripária (área relativa %).



*Ocorrência de Secas no Nordeste (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016). **Secas que atingiram e reduziram o reservatório de Sobradinho. Área relativa em %.

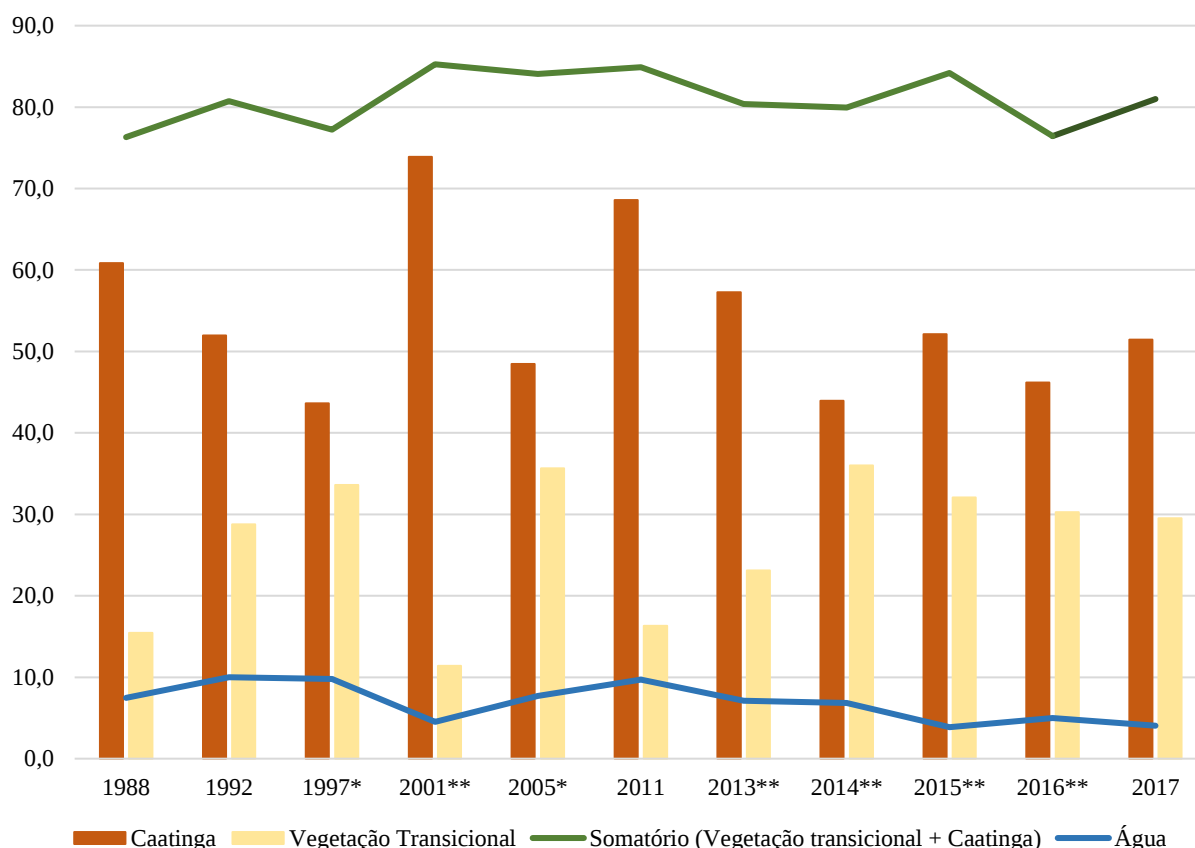
A ausência de áreas com vegetação ripária somada a concentração e apresentação do perímetro irrigado no território de Petrolina fez do ano de 2011 (Figura 41) estrutura base para análise quantitativa das zonas irrigadas na região de estudo, no qual, sua referida quantificação para a classificação foi de 3,37%. Independente da disponibilidade hídrica no ambiente, os anos de 1988, 1992 e 1997 mantiveram as mais baixas regiões irrigáveis ativas; isto muito se deve ao início das políticas públicas de incentivo e cooperação entre empresas para competitividade de mercado, na qual iniciou durante a década de 1990. O elevado valor da classificação Área Irrigada/Vegetação Ripária para o ano de 1988 se dá justamente pela vegetação nativa e sua alta exposição, confundindo a assinatura espectral e juntando-se a classificação de áreas irrigáveis, como consequência.

Após a primeira seca do século XXI, datada em 2001 – 2002 (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016) até os dias atuais, não se observa valores da classificação “área irrigada/vegetação ripária” abaixo do ano referência (2011). Os períodos de seca ou abundância hídrica não resultaram em redução da área irrigada, pelo contrário, durante a segunda década do século XXI, os perímetros irrigados de Petrolina mantiveram perenes mesmo estando em uma das maiores crises hídricas do reservatório de Sobradinho, o que faz repensar as políticas públicas de outorgas hídricas, distribuição de água para uso secundário e expansão das áreas agrícolas, sobretudo durante crises hídricas.

Contudo, observa-se sob ótica do geoprocessamento que o método de Classificação não supervisionada condicionando alguns resultados que fogem a realidade da área; isso se dá pela existência e predominância do bioma Caatinga na área, conhecido pela sua capacidade de resiliência a seca e bons resultados vegetacionais quando há precipitação, fazendo confundir com maior facilidade as assinaturas espectrais dos corpos físicos.

Por mais que seja importante a automatização de metodologias para facilitação, execução e absorção dos produtos pelos setores públicos em regiões semiáridas, recomenda-se a utilização de classificações supervisionadas para monitoramento das dinâmicas de uso do solo com mais eficiência, uma vez que análises equivocadas podem ser promovidas através de classificações não supervisionadas.

Sobre as áreas de Caatinga, vegetação de transição e áreas hídricas a Figura 49 apontam algumas relações:

Figura 49 – Gráfico das áreas de Caatinga, Vegetação de transição e água.

Ocorrência de Secas no Nordeste (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016). **Secas que atingiram e reduziram o reservatório de Sobradinho. Área relativa em %.

A vegetação endêmica do semiárido brasileiro é predominante na área de estudo. A vegetação de Caatinga consegue compreender 43% do território, tendo bons resultados para todos os anos de análise. A vegetação de transição, isto é, o tipo de vegetação que basicamente pode ou não estar relacionado com atividades antrópicas, também relacionada com os tipos diversos da caatinga mantém, no máximo, 35% da área relativa no estudo, variando com as atividades climatológicas do ambiente; os somatórios destas duas classificações respondem ao intervalo de 77% a 84% da região, indicativo elevado uma vez que as especulações territoriais acerca da agricultura são intensas devido a disponibilidade de água e facilidade governamental.

É sabido que há outros ambientes irrigados no Nordeste do Brasil onde estes demandam mais água do Rio São Francisco e seus reservatórios que o perímetro irrigado de Petrolina, todavia, temos que atentar que há a perpetuação do perímetro irrigado de Petrolina ao decorrer dos avanços e retrações do reservatório de Sobradinho, mantendo suas feições iniciais chegando até a expandir-se. A importância da geração de emprego e renda oriundo da agricultura de irrigação e seus fluxos econômicos para a região semiárida faz do Estado um relevante

incentivador de políticas públicas e privadas para investimentos em tecnologia e melhoria de produtividade agrícola, para que as empresas que vivem diretamente das águas do rio São Francisco sustente sua produção em termos de quantidade e qualidade e, ao mesmo tempo, reduza sua dependência e impacto no rio que reflete a esperança dos sertanejos no passar dos anos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reservatório de Sobradinho, como qualquer reservatório no semiárido, sofre com as adversidades climáticas do ambiente. As prolongadas secas e/ou as secas severas quando atingem regiões de montante ou da região de interesse de Sobradinho o faz retrair em proporções significantes; é neste momento onde detecta-se as verdadeiras áreas inundáveis do reservatório, de modo que estas conseguem ultrapassar as zonas de proteção propostas na legislação para os corpos hídricos, chegando muitas vezes a serem dez vezes superiores ao quantitativo proposto pelos órgãos governamentais para a proteção e conservação das florestas ciliares, por exemplo. A possibilidade no que tange a abertura de exceções ou reorganização das faixas de proteção para corpos hídricos emerge, quando um reservatório de grande porte como o de Sobradinho mantém-se por muito tempo em retração, fazendo que a população civil ou especuladores empresariais/imobiliárias/agrícolas/políticos atuem sobre o território, este passível de inundação, podendo causar dessa forma, perdas estruturais e humanas.

Grandes rios ou grandes reservatórios não mantêm áreas inundáveis semelhantes a pequenos ambientes hídricos: a área inundável de Sobradinho por exemplo, consegue chegar no patamar de quilometro, enquanto pequenos reservatórios alcançam alguns metros. O ambiente de entorno do corpo hídrico também deve ser cogitado, uma vez que a fertilidade do solo, a presença de sítios ecológicos/históricos, a estrutura urbana e outros usos do solo podem impedir a criação de grandes faixas de proteção, mas que esse impedimento seja mitigado em outros ambientes propícios para conservação da flora e fauna. A relação que o corpo hídrico ou a influência desse corpo hídrico no ambiente onde está alocado deve também ser respeitado, uma vez que, tendo um elevado grau de relevância para uma região, sob hipótese de retração em totalidade, o resultado será drástico para as atividades socioeconômicas, podendo até aproximar a situações dramáticas já observadas no semiárido nordestino, como o êxodo pela fome e falta de trabalho.

As condições para a proposição das faixas de proteção não devem ser apenas as estabelecidas pela legislação sob pontos impostos; a área inundável do corpo hídrico deve considerada para uma nova análise ou uma análise específica de faixas de proteção, mas não só a área inundável, mas a área de entorno e a área de influência que o corpo hídrico mantém para a sociedade. Desta forma, ajustes na legislação no tocante ao Código Florestal para reservatórios devem ser repensados, sobretudo os grandes reservatórios, uma vez que se trata de um bem tão valioso para a sociedade civil, principalmente em ambiente semiárido, que é castigado por secas prolongadas e muitas vezes severas; esses ajustes devem considerar a área

inundável, o porte do reservatório, vegetação de entorno, quantidade de outorgas permitidas para captação de água, dentre outros.

Assim, observa-se importantes pontos que explanam o destaque que é um mecanismo de captação e manutenção de água sob ambiente semiárido, tal como é a área de estudo desse trabalho, o reservatório de Sobradinho; onde cada ambiente mantém sua peculiaridade e especificidade, não devendo ser padronizado por ser um barramento artificial ou estar próximo a zonas urbanas, como vem acontecer nos dias atuais de acordo com o Código Florestal. Neste sentido, o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento e outras tecnologias vem sendo aliados, contribuindo nas análises territoriais, no monitoramento, banco de dados, modelagens e simulações, desse modo, promovendo melhorias nos produtos para os gestores e órgãos reguladores no que se refere a tomada de decisão e novas formas de aplicação das leis, sendo uma relevante ferramenta para a promoção das práticas sustentáveis.

O Sensoriamento Remoto e a manipulação das imagens foram base para a criação do primeiro capítulo, onde correspondeu ao objetivo específico de análise multitemporal das cotas do Sobradinho e suas áreas inundáveis a partir dos planos de informações nos anos 1973 a 2017. Através da binarização de assinaturas espectrais para vários anos no território, foi possível extrair informações sensíveis para detecção das áreas de inundação e não inundação de Sobradinho, e assim, quantificar, e sobrepor os ambientes de estudo para produção de materiais importantes no que tange a visualização e posteriormente, uma análise aplicada. Observou-se várias faixas inundáveis, em grande maioria variando na escala de quilômetros; ressaltando alguns ambientes, onde essa área chega a 19 quilômetros de retração, tendo referência o período de maior cheia.

Elevados resultados negativos de retração das cotas são preocupantes pois indica que as atividades básicas para manutenção socioeconômicas da região poderão ser atingidas (redução de competitividade, racionamento, falência de empresas, baixa colheita). A invasão e a possibilidade das famílias com baixa renda utilizar dos ambientes férteis do reservatório para promover sua sobrevivência pode ser considerada, acarretando problemas como contaminação das águas e dos solos do reservatório por intermédio dos agrotóxicos, contribuição na erosão e lixiviação das bordas e a consequente redução da vida útil. Os períodos de normais climatológicas também foram observados na análise das imagens na região do reservatório de Sobradinho. Nele, é possível expandir atividades agrícolas e dessa forma, aumentar a rentabilidade das corporações e a arrecadação de impostos para as esferas governamentais. Atenta-se para quando ocorrer os períodos de cheia do reservatório não haver a invasão nas

áreas *Non Aedificandi* ou as áreas impostas pela legislação como impossibilitadas para uso comercial, conservando desta forma, a fauna e flora local.

O Geoprocessamento junto ao Sensoriamento Remoto foram bases para o desenvolvimento do segundo capítulo que correspondeu ao objetivo específico da identificação dos processos temporais de uso e ocupação do solo e da terra da região circunvizinha do reservatório de Sobradinho. Muito antes da escolha do local e preenchimento do reservatório, a região a sua jusante já mantinha atividades oriundas da irrigação do rio São Francisco; após a criação do reservatório e incentivos governamentais, foi intensificado o perímetro irrigado a jusante de Sobradinho, denominado de perímetro irrigado de Petrolina, além deste perímetro, foi observado regiões agrícolas nas bordas de Sobradinho, resultado da boa localização de captação hídrica e solos relativamente férteis, reduzindo dessa forma, custos em logística. Além disso, nota-se a vegetação de Caatinga e suas variações predominando na área de acordo com o estado climatológico da região; as áreas expostas respeitando a continuidade dos períodos de seca e junto a ela, a redução do reservatório de Sobradinho e o aumento dos perímetros urbanos, oriundo do progresso e dos incentivos sociais.

Iniciando-se na década de 1980 e ganhando força na década de 1990, as áreas de agricultura cresceram como os perímetros urbanos; resistindo conturbados períodos de secas e de visível redução do reservatório como também expandindo nas grandes cheias do mesmo. Sem dúvidas, o perímetro irrigado da região circunvizinha de Sobradinho é um dos mais bem-sucedidos do universo semiárido nacional, e essa afirmação de um lado pode ser benéfica, todavia, observa-se impactos acerca desta. Observa-se que a manutenção das áreas de agricultura sob qualquer condição de saúde do reservatório faz refletir as reais prioridades da região, uma vez que a produção de energia, o abastecimento humano e as atividades dos pequenos agricultores e agricultores de subsistência foram comprometidas. As outorgas de água, ou as licenças para coletar água para atividades secundárias são encontradas com períodos acima de dez (10) anos, contudo, a literatura sobre o semiárido comenta que para cada cem (100) anos são detectadas aproximadamente dez (10) períodos de secas, estas podendo ser suaves ou severas; isto significa que para cada dez (10) anos pode haver no mínimo, uma (1) seca na região semiárida. Repensar e reorganizar a forma das licenças de água para uso comercial nos ambientes semiárido é necessário, para que haja uma melhor fiscalização dos órgãos reguladores e maior respeito para com o recurso água, uma vez que essa é essencial para qualquer atividade humana no globo.

Resultados satisfatórios são observados a partir das análises do Sensoriamento e Geoprocessamento, no qual nota-se a possibilidade de replicação das metodologias para outros ambientes semiáridos ou tropicais, auxiliando desta forma nos monitoramentos e decisões. Recomenda-se para obtenção de resultados de uso e ocupação do solo técnicas que envolvam classificações supervisionadas e/ou um compilado entre as classificações não supervisionada com a supervisionada, para que deste modo haja uma melhor resposta, refletindo a realidade local.

A junção dos dados extraídos no Sensoriamento Remoto / Geoprocessamento com os dados de campo garantem credibilidade para futuros trabalhos e simulações, o que contribui para a gestão sustentável do capital a aplicar e dos recursos repassados. Tratando-se do grande reservatório de Sobradinho, esse documento é apenas mais um que fornece suporte para área e não deve, deste modo, ser o último, uma vez que há a perene retração e expansão das áreas inundáveis ao longo desta e das futuras décadas que estão por vir.

REFERENCIAS

- ABOOD, S. A.; LEE, J. S. H.; BURIVALOVA, Z.; GARCIA-ULLOA, J.; KOH, L. P. Relative contributions of the logging, fiber, oil palm, and mining industries to forest loss in Indonesia. **Conservation Letters**, (In Press), pgs 1–10. 2014.
- ADAMOLI, J. Zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações. In: Encontro sobre sensoriamento remoto aplicado a estudos no pantanal, 1., 1995, Corumbá. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2005. p.15-17.
- ALLEN, R. et al. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)**. Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, v.46, n.3, pgs. 291 – 302, 2016.
- ALVES, D. S.; SKOLE, D. L. Characterizing land cover dynamics using multi-temporal imagery. **Int. Remote Sensing**, v. 17, n. 4, 835-839, 1996.
- ALVES, Joaquim. **História das Secas**. Fortaleza, Instituto do Ceará, 1953 (História do Ceará, Monografia), 23 f.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Principais reservatórios nacionais para aproveitamento turístico. **Caderno de recursos hídricos - parte dois**. 2004.
- ANGELIN, L. A. A. & KOSIN, M.. Aracajú NW - Folha SC.20-V, Estado da Bahia, Pernambuco e Piauí. Escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.
- ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Variabilidade, anomalia e mudança climática**. Material didático da disciplina LCE306 -Meteorologia Agrícola - Turmas 1,4,5 e 6. Departamento de Ciências Exatas- setor de Agrometeorologia - ESAL/USP - 2007. 1-6.
- ANTUNES, J. L. F; CARDOSO, M. R A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, 24(3):565-576, jul-set 2015. doi: 10.5123/S1679-49742015000300024.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de et al. Soil attributes functionality and water eutrophication in the surrounding area of Itaparica Reservoir, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 1005-1013, 2013.
- AREENDRAN, G.; RAO, P.; RAJ, K.; MAZUMDAR, S.; PURI, K. Land use/land cover change dynamics analysis in mining areas of Singrauli district in Madhya Pradesh, India. **Tropical Ecology**. v.54, n.2, pgs. 239-250, 2013.

BAGLEY, J. E.; DESAI, A. R.; HARDING, K. J.; SNYDER, P. K.; FOLEY, J. A. Drought and Deforestation: Has Land Cover Change Influenced Recent Precipitation Extremes in the Amazon? **Journal Of Climate**, v.27, pgs. 345 – 361, 2014.

BAIG, M.H; ZHANG, L; WANG, S; JIANG, G; LU, S; TONG, Q. COMparison of MNDWI and DFI for water mapping in flooding season. **Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, 2013 IEEE International.

BAJOCCO, S.; DE ANGELIS, A.; SALVATI, L. A satellite-based green index as a proxy for vegetation cover quality in a Mediterranean region. **Ecological Indicators**, v. 23, pgs. 578-587, 2012.

BARBOSA, F. A. R.; PADISÁK, J.; ESPINDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. **The cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and its application to the river Tietê basin, São Paulo State, Brazil.** In: Tundisi, J. G.; Straskraba, M. (Eds.). Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, 1999. p.425-437.

BARBOSA, R.V.R.; VECCHIA, F.A.S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva**, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.

BELLINASSO, T. B.; PAIVA, J. B. D. Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica semi-urbana de encosta. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 14, p. 169-181, out./dez. 2007.

BORGES, M.H.; PFEIFER, R.M.; DEMATTÊ, J.A.M. evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em santa bárbara d'oeste (SP). **Sce. agric.**, Piracicaba, 50(3): 365-371, out./dez., 1993.

BOTELHO, M.H. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais na cidade: recolhendo o saber disperso.** São Paulo: Edgard Blücher, Ltda., 1985.

CAMARGO et al. Mapeamento geomorfológico com imagens estereoscópicas digitais do sensor ASTER/TERRA. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 30, n. 1, p. 95-104. 2011.

CANDEIAS, A.L.B. et al. Ferramentas para a gestão do Reservatório de Itaparica utilizando imagens de sensoriamento remoto. **Anais...**, XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015.

CANDEIAS, A.L.B. et al. Qualidade do solo para as culturas irrigadas no entorno do reservatório de Itaparica – Pernambuco. **Associação Brasileira de recursos hídricos**. XVIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos - 2009.

CBHSF - Comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco. **A bacia**. Disponível em:<http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em 24/04/2015.

CHANDER, G. MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v, 41, n. 11, 2003.

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 (2009) 893–903.

CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco. **Empresa pública subsidiária das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS**. Disponível em: <www.chesf.gov.br>. Acesso em 23/07/2016.

COMBER, A.; FISHER, P.; WADSWORTH, R. What is land cover? **Environment and Planning B**, 1-15, 2005.

COSTA, B et al. Influência do ciclo hidrológico do reservatório de sobradinho sobre a carga de fósforo total. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v3, n3, 2008.

CREPANI, E., et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. **Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos, 2001.

Disponível:<http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso: 13 abril, 2016.

CREPANI, E., et al. Zoneamento Ecológico-Econômico. Oficina de textos; ed. **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**, São Paulo, 2008.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1992.

CUNHA, J.E. de. B. L., et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.539-548, 2012.

CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, Antônio J.T; CUNHA, Sandra B (Orgs) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CUSTÓDIO, V. **A persistência das inundações na grande São Paulo**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia. Tese de Doutorado, São Paulo, 2002.

DANTAS, C. D. O. de. **Análise dos efeitos dinâmicos em reservatórios de grande extensão: Estudo de caso: Reservatório de Sobradinho**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco – CTG. Engenharia Civil, 2005.

EAKIN, H.C.; LEMOS, M. C.; NELSON, D. R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. **Global Environmental Change** 27:1-8, 2014.

EEFLUX - Google Earth Engine Evapotranspiration Flux. **What is EEFlux?**.International Workshop on Evapotranspiration Mapping– Sept. 15, 2015.

EMBRAPA. **Landsat**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/cdbrazil/txt/landsat.htm>>. Acesso em 25/06/2017.

EMBRAPA. **Monitoramento por satélite: Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

EPIPHANIO, J. C. N et al. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesq. agropec bras.**, Brasília, v.31, n.6, p.445-454, jun. 1996.

EPIPHANIO, J. C.N.; VITORELLO, I. Áreas irrigadas: monitoramento por sensoriamento remoto. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna**, edição n 14, p. 20. Setembro 1983.

EZEOMEDO, I.; IGBOKWE, J. Mapping and Analysis of Land Use and Land Cover for a Sustainable Development Using High Resolution Satellite Images and GIS. **Environment for Sustainability**, Abuja, Nigeria, 6 – 10, May 2013.

FABER, M. **A importância dos rios para as primeiras civilizações**. História ilustrada, vol. 2 1ª Edição, agosto 2011.

FACON, J. **Técnicas de Processamento Digital de Imagens Aplicadas à Área da Saúde**. XIII Escola Regional de Informática da SBC - Paraná. Capítulo 3. XIII Escola Regional de Informática da SBC - Paraná. 2006.

FAEP – FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ. **Novo código florestal**. Ano I, Edição, 2012. Disponível em:< <http://codigoflorestal.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2012/11/novo-codigo-florestal.pdf> >. Acesso em: 11/017/2016.

FEDERER, C. A., AND C. B. TANNER. 1966. Spectral dis-tribution of light in the forest. **Ecology** 47: 555-560.

FERREIRA, C. W. S. **Sedimentação em um reservatório de água no semiárido de Pernambuco** / Clarisse Wanderley Souto Ferreira. – Recife: O autor, 2012. 109 f. : il. ; 30 cm. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Bezerra Araújo. Co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Hebert de Oliveira Santos. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Setembro de 2005

FISHER, P.; COMBER, A.; WADSWORTH, R. Land use and Land cover: Contradiction or Complement. **In Re-Presenting GIS**, P. Fisher and P. Unwin (Eds.), pp. 85- 98 (Chichester: Wiley), 2005.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos. 97 129, 2008.

FRANÇA, Francisco Mavignier Cavalcante. **Documento referencial do Pólo de Desenvolvimento Integrado Petrolina-Juazeiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste. Edição de 1997, arquivado do original (PDF) em 22 de novembro de 2008. Disponível em: < http://web.archive.org/web/20081122071217/http://www.bnb.gov.br/content/Aplicacao/ETNE/Rede_Irigacao/Docs/Documento%20Referencial%20do%20Polo%20Juazeiro%20Petrolina.PDF >. Acesso em: 24/04/2018.

FONTES, A.S et al. A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e a gestão das águas. **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003.

FU, P.; WENG, Q. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v.175, pgs. 205–214, 2016.

GAO, B.C. NDWI—a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, 58, pp. 257–266, 1996.

GAO, X.; WU, P.; ZHAO, X.; WANG, J.; SHI, Y. Effects Of Land Use On Soil Moisture Variations In A Semi-Arid Catchment: Implications For Land And Agricultural Water Management. **Land degradation & development**, pgs 1-10, 2011.

GETACHEW, H. E.; MELESSE, A. M. The Impact of Land Use Change on the Hydrology of the Angereb Watershed, Ethiopia. **International Journal of Water Sciences**, v. 1, n. 4, 2012.

GOERGEN, L. C. G et al. Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.1, p.53-60, jan. 2016

GONG, P.; WANG, J.; YU, L.; ZHAO, Y.; ZHAO, Y.; LIANG, L.; NIU, Z.; HUANG, X.; FU, H.; LIU, S.; LI, C.; LI, X.; FU, W.; LIU, C.; XU, Y.; WANG, X.; CHENG, Q.; HU, L.; YAO, W.; ZHANG, H.; ZHU, P.; ZHAO, Z.; ZHANG, H.; ZHENG, Y.; JI, L.; ZHANG, Y.; CHEN, H.; YAN, A.; GUO, J.; YU, L.; WANG, L.; LIU, X.; SHI, T.; ZHU, M.; CHEN, Y.; YANG, G.; TANG, P.; XU, B.; GIRI, C.; CLINTON, N.; ZHU, Z.; CHEN, J.; CHEN, J. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM⁺ data. **Int. J.Remote Sens.** v.34, pgs. 2607 2654, 2013.

GRAHAM, S. **Remote Sensing: introduction and history**. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/>>. Acesso em 20/06/2017.

GRECCHI, R. C. et al. Análise espaço-temporal da conversão do cerrado em áreas agrícolas na região de sapezal, mato grosso, entre os anos de 1981 e 2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, N0 68/1, p. 91-107, Jan/Fev/2016.

GUNKEL, G. Contamination and Eutrophication Risk in Reservoir in Semi-Arid Zone: Itaparica Reservoir, Pernambuco, Brazil. In: **Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany**. Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.

HALMY, M. W. A.; GESSLER, P. E.; HICKE, J. A.; SALEM, B.B. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. **Applied Geography**, v. 63, pgs. 101 – 112, 2015.

HUETE, A.R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, 25:295 309, 1988.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População no último censo**: IBGE, Censo Demográfico 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada**: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2017.

INPE. **Características do satélite Landsat 5**. Divisão digital de imagens, 2016b. Disponível em: < http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php >. Acesso em: 10/07/2016.

INPE. **Características dos satélites Landsat 1 – 3**. Divisão digital de imagens, 2016a. Disponível em: < http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT123_PT.php >. Acesso em: 10/07/2016.

IRONS, J. R.; DWYER, J. L.; BARS, J. A. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. **Remote Sensing of Environment**, 122, 11–21. 2012.

JORDAN, C. F. Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. **JordanSource: Ecology**, Vol. 50, No. 4, pp. 663-666. 1969.

KAZZUO-VIEIRA et al. Caracterização geofísica da estrutura de impacto do domo de Vargeão, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica** 27(3): 375-388. 2009.

KIBRET, K. S.; MAROHN, C.; CADISCH, G. Assessment of land use and land cover change in South Central Ethiopia during four decades based on integrated analysis of multi-temporal images and geospatial vector data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v.3, pgs. 1–19, 2016.

LACAUX, J.P; TOURRE, Y.M; VIGNOLLES, C; NDIONE, J.A; LAFAYE, M. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, **Remote Sensing of Environment**, 106(1):66–74, 2007.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Rev. Bras. Epidemiol.** Vol. 4, Nº 3, 2001.

LEI FEDERAL 12.651 de 2012. **Disposições gerais sobre a vegetação nativa – código florestal**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm >. Acesso em: 11/07/2016.

LEI FEDERAL 6.766 de 1979. **Disposições sobre o Parcelamento do Solo Urbano e das outras Providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm >. Acesso em: 11/07/2016.

LI, S.; GUA, S.; TANA, X.; ZHANG, Q. Water quality in the upper Han River basin, China: The impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. **Journal of Hazardous Materials**, v.165, pgs. 317–324, 2009.

LIMA, A. E. L.; SEVERI, W. Estado trófico na cascata de reservatórios de um rio no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Vol. 9, No 1 (2014)

LIMA, R.G., et al. Concentrações de amônio na água da chuva e estimativa de emissão de amônia de rebanhos domésticos de pinheiro e viana, Baixada Maranhense. **Quim. Nova**, v. 32, n.9, p. 2273 - 2276, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n9/v32n9a06.pdf>>. Acesso: 02/05/2016.

LIMA, T. V. P. C. **Os impactos da transposição do rio São Francisco na sua região de influência**. Trabalho de conclusão de curso - Bacharel em geografia, Universidade de Brasília, 2013.

LIU, Y.; HUANG, X.; YANG, H.; ZHONG, T. Environmental effects of land-use/cover change caused by urbanization and policies in Southwest China Karst area – A case study of Guiyang. **Habitat International**. v.44, pgs. 339-348, 2014.

LOPES, H., et al. Análise espaçotemporal da clorofila-a no reservatório de Itaparica por meio de imagens Landsat-TM. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

LÓPEZ-MORENO, J.I.; ZABALZA, J.I.; VICENTE-SERRANO, S.M.; REVUELTO, J.; GILABERTE, M.; AZORIN-MOLINA, C.; MORÁN-TEJEDA, E.; GARCÍA-RUIZ, J.M.; TAGUE, C. Impact of climate and land use change on water availability and reservoir management: Scenarios in the Upper Aragón River, Spanish Pyrenees. **Science of the Total Environment** (in press), 2013.

MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**. Ano3: 49-54, 2016.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523.

MATEO-TOMÁS, P.; OLEA, P. P. Livestock-driven land use change to model species distributions: Egyptian vulture as a case study. **Ecological Indicators**, v. 57, pgs. 331–340, 2015.

MATOS, R.C.M.de et al. Análise multitemporal do albedo, ndvi e temperatura no entorno do reservatório de Itaparica – PE: anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Cartografia** (2015) Nº 67/3 545-554, Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2013.

MCFEETERS, S.K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, 17, pp. 1425–1432, 1996.

MEDIDA PROVISÓRIA Nº 571. **Alterações no código florestal**. 28 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Mpv/571.htm>. Acesso em: 11/07/2016.

MEKASHAA, A. A.; GERARDD, B.; TESFAYEE, K.; NIGATUB, L.; DUNCANC, A. J. Inter-connection between land use/land cover change and herders farmers livestock feed resource management strategies: a case study from three Ethiopian eco-environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.188, pgs. 150–162, 2014.

MELLO, F.M. **A importância dos reservatórios formados por barragens**. Comitê Brasileiros de Barragens - CDBD, Newsletter CBDD, 2013. Disponível em:<www.cbdb.org.br/site_antigo_2013/img47/artigo.pdf>. Acesso em: 25/04/2016

MELO, G. L. **Avaliação da qualidade da água em reservatórios interligados no eixo leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco, Brasil**. 2011. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2011.

MELO, G. L. de. **Estudo da qualidade da água no reservatório de Itaparica localizado na Bacia do Rio São Francisco** / Gustavo Lira de Melo. - Recife: O Autor, 2007. 97 folhas, il : figs., tabs. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. de (orgs). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MENKE, A. B. et al. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no Município de Luís Eduardo Magalhães (BA – Brasil). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21 (3): 315-326, dez. 2009.

MMA - Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF. **Levantamento dos usuários de recursos hídricos e da situação dos remanescentes florestais do entorno do reservatório de sobradinho**. MMA / SBF – Brasília, 125 p, 2010.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Controle de Inundações**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/controle-de-inunda%C3%A7%C3%B5es>>; Acesso em: 29/04/2016.

MOHAN, M.; KANDYA, A. Impact of urbanization and land-use/land-cover change on diurnal temperature range: A case study of tropical urban airshed of India using remote sensing data. **Science of the Total Environment**, v.506–507, pgs. 453–465, 2015.

MORAES, M. V. A. R. et al. Variações temporais da linha de costa do município de Acaraú – Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 08 N. 04 (2015) 981-989.

MOURA, Rosicleide A. Remanso: **A Questão do Tempo e Espaço**. Trabalho de Graduação Individual, Departamento de Geografia da FFLCH-USP, 1993.

MOREFIELD, P. E.; LEDUC, S. D.; CLARK, C. M.; LOVANNA, R. Grasslands, wetlands, and agriculture: the fate of land expiring from the Conservation Reserve Program in the Midwestern United States. **Environ. Res. Lett.** v.11, pgs. 1-10, 2016.

MUNHÔZ, H.R. Introdução ao fenômeno das enchentes e inundações. In: **Seminário internacional de estratégias e ações frente a desastres naturais**, Salvador, Bahia, 1987.

MURIITHI, F. K. Land use and Land cover (LULC) changes in semi-arid sub watersheds of Laikipia and Athi River basins, Kenya, as influenced by expanding intensive commercial horticulture. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, 1 – 29 , 2016.

NASA. **LandSat 8 bands**. LandSat Science. 2016b. Disponível em: < http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377 >. Acesso em: 09/07/2016.

NASA. **LandSat 8**. LandSat Science. 2016a.. Disponível em: < http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071 >. Acesso em: 09/07/2016.

NOVAIS, M. P. S. Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru – Bahia. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

O CANDEEIRO - Boletim Informativo do Programa Uma Terra e Duas Águas. **Famílias agricultoras lutam pela permanência na terra**. Programa Uma terra e Duas Águas, Ano 5, nº 153, 2011.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1): 87-99, jun. 2008.

OLIVEIRA, T. H. et al. Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2010.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Diretrizes para as regras de operação de controle de cheias - bacia do Rio São Francisco (CICLO 2015-2016). Operador Nacional do Sistema Elétrico Diretoria de Planejamento Programação da Operação – ONS. **Relatório Técnico** 3/144/2015.

ORTEGA, A. C; SOBEL, T. F. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: Avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e políticas públicas**, n. 35. Pgs. 88 – 118, 2010.

OSTROWKSY, M.S.B.de; ZMITROWIC, W. Urbanização e controle de enchentes: o caso de São Paulo: seus conflitos e inter-relações. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1991.

CHESF- PACUERA SOBRADINHO: Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial da usina hidrelétrica de Sobradinho (BA). **Sexto Relatório Técnico - 1**. Versão Resumida do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Reservatório Artificial da Usina Hidrelétrica de Sobradinho. NeoCop LTDA, Fevereiro, 2010.

PASSAIA, D.; ZANATTA, P. Avaliação da eficiência dos modelos de contraste para interpretação visual de imagens TM Landsat 5. **Anais ... 11º Congresso florestal estadual do RS e 2º seminário Mercosul da cadeia madeira**. Nova Prata, RS - 24 a 26 de setembro de 2012. 833 - 867.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

PORTO. **Inundação in Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico** [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2016. Disponível na Internet: <<http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/inundação> >. Acesso em: 2016-04-29 06:31:49.

POYATOS, R.; LATRON, J.; LLORENS, P. Land Use and Land Cover Change After Agricultural Abandonment. **Mountain Research and Development**, vol. 23, n. 4, pgs. 362–368, 2003.

PRIBERIAM. **Significado de Inundação**. Dicionário Priberiam. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo/inunda%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 29/04/2016.

RAMOS, C. Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. e-LP Engineering and Technology **Journal, América do Norte**, 4, jun. 2013. Disponível em: <<http://revistas.ulusofona.pt/index.php/revistae-lp/article/view/3320/2443> >. Acesso em: 14/05/2016.

RIBEIRO, M. **O direito a memória; o vale do São Francisco e sua história**. Brasília: Codevasf, 1999.

ROCHA, I. A. M. **Programa projeto na era digital: O ensino de projeto de Arquitetura em Ambientes virtuais interativos**. Programa de Pós-graduação em Arquitetura - Doutorado, fundamentos, princípios e paradigmas de projeto da arquitetura, Porto alegre, novembro de 2009.

RODRIGUES, F. B; [et al.]. (2001). “Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco”/ Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). CD ROM.- **(Embrapa Solos. Documentos; no. 35)**. ISSN 1517-2627.

ROSA, H. J. A. et al. Sugarcane response to nitrogen rates, measured by a canopy reflectance sensor. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.9, p.840-848, set. 2015

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings... Whashington: **NASA**, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

ROUSE, J. W.Jr. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas A&M University Remote Sensing Center College Station Texas 77843. **Type I Progress Report-Number 7**. March 28, 1974 to May 27, 1974.

ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment** 145 (2014) 154–172.

SANTOS et al. Mapeamento de áreas alagadas no bioma pantanal a partir de dados multitemporais TERRA/MODIS. **Anais...** 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.961-970.

SANTOS, A. R. dos. **Apostila de Sensoriamento Remoto**. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Centro de Ciências Agrárias - CCA - Departamento de Engenharia Rural. Porto Alegre, Espírito Santo, pg 1 - 87, 2013.

SANTOS, F. M.; LOLLO, J. A. Cartografia digital para estimativa de escoamento superficial visando ao planejamento urbano. **Eng Sanit Ambient**, v.21, n.4, pgs. 663-675, 2016.

SANTOS, J. G. dos. **Investigação metodológica de detecção de bordas de reservatório. Estudo de caso: Reservatório de Sobradinho - BA** / Jhonathan Gomes dos Santos. - Recife: O Autor, 2012. Orientador: Prof. Dr. João Rodrigues Tavares Junior. Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco Jaime Bezerra Mendonça. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012.

SCHNECKENBURGER, T. **Destino dos pesticidas em canais de drenagem e a salinização em Icó-Mandantes e Apolônio Sales, reservatório de Itaparica**, Pernambuco, Brasil. 2006.

SIDE GEO - SISTEMA DE DADOS ESTATÍSTICOS GEORREFERENCIADOS. 2009. **Dados estatísticos georreferenciados**. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/sidegeo/index.wsp>> Acesso em: 17/10/2017.

SILVA, Antônio Machado. **Curso Processamento digital de imagens de satélite**. Centro de Eventos da PUCRS - de 07 a 12 de outubro de 2001. Porto Alegre - RS. Disponível em www.cartografia.org.br. Acesso em: 19 fev. 2017.

SILVA, B. B. da et al. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.1, p.3–8, 2016.

SILVA, B. B. et al. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.9, p.1218-1226, set. 2012.

SILVA, J. F; FERREIRA, P.S; SILVA, E. R. A. C; COSTA, V. S. O; CANDEIAS, A. L. B. Error analysis in the Digital Elevation Model (DEM) - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) for the Sobradinho Reservoir - BA, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.7, n.3, 2017. (In Progress).

SILVA, J. F. **Mudanças climáticas e impactos no semiárido**. Monografia - Universidade Federal de Pernambuco, 2015. 50 f.

SILVA, J. F; CANDEIAS, A. L. B. SRTM and ASTER models digital elevation (MDE) products: Assessment comparative in Sobradinho Reservoir – Bahia, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.7, n.5, 2017. (In Press).

SILVA, V.V; FARIA, B.C; COSTA, J.C. Mapeamento de planícies alagáveis da microrregião da baixada maranhense nos anos de 2001 e 2010. **Revista Territorium Terram**, v. 3, n. 5, 2015.

SINGH, S. K.; SRIVASTAVA, P. K.; GUPTA, M.; THAKUR, J. K.; MUKHERJEE, S. Appraisal of land use/land cover of mangrove forest ecosystem using support vector machine. **Environ Earth Sci.** 1-11, 2013.

SOARES, V. P. et al. Uso de imagens Landsat 7 ETM+ para o mapeamento de plantações de eucalyptus na região norte de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.

SOBRAL, M.C. M. do. et al. Environmental risk management of multipurpose use of reservoirs in semiard area of São Francisco River, Brasil. In: **Reservoirs and River Basins Management: Exchange of Experience from Brazil, Portugal and Germany**. Berlin: Technische Universität Berlin, 2007.

SOBRAL, M.C.M et al. Uso e ocupação do solo no entorno de reservatórios no semi-árido brasileiro como fator determinante da qualidade da água. **XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Punta del Este, Uruguay, 26 – 30 Nov 2006.

SOBEL, Tiago Farias; ORTEGA, Antonio César. **Estratégias de desenvolvimento territorial: o caso do pólo Petrolina-Juazeiro**. 2006. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/6/945.pdf> >. Acesso em: 24/04/2018.

SPERLING, E. **Morfologia de Lagos e Represas**. Belo Horizonte: DESA/UFGM, 1999.

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission. **The Shuttle Radar Topography Mission - Data Validation and Applications**. NASA, USGS, CEOS, ISPRS, June, 14-16. 2005.

STRASKRABA, M. Limnological particularities of multiple reservoir series. **Archiv für Hydrobiologie - BeiheftErgebnisse der Limnologie**, v.33, p.677-678, 1990.

TASUMI, M; ALLEN, R. G.; Trezza, R. At-Surface Reflectance and Albedo from Satellite for Operational Calculation of Land Surface Energy Balance. **Journal Of Hydrologic Engineering**, 2008, 13(2): 51-63. DOI: 10.1061/ASCE1084-0699200813:251.

TAYE, G.; POESEN, J.; WESEMAEL, B. V.; VANMAERCKE, M.; TEKA, D.; DECKERS, J.; GOOSSE, T.; MAETENS, W.; NYSSSEN, J.; HALLET, V.; HAREGEWEYN, N. Effects of land use, slope gradient, and soil and water conservation structures on runoff and soil loss in semi-arid Northern Ethiopia, **Physical Geography**, v. 34, n.3, pgs. 236-259, 2013.

TORI, R. **Fundamentos da computação gráfica**. Rio de Janeiro, 1987.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. (ORG). **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, 8:127-150, 1979.

TUCKER, C. J.; MAXWELL, E. L. Sensor Design for Monitoring Vegetation Canopies. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Vol. 42, No. 11, November 1976, pp. 1399-1410.

TUNDISI, J. G. Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. São Carlos: United Nations Environment Programme: **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**/Instituto Nacional de Ecologia, 2001.

USGS. **About Landsat 5** U.S. Geological Survey, 2014. Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php >. Acesso em 09/07/2016.

USGS. **Landsat 5 tribute**. U.S. Geological Survey, 2015b. Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/Landsat5Tribute.php> >. Acesso em 09/07/2016.

USGS. **Landsat 8**. U.S. Geological Survey, 2015c. Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> >. Acesso em 09/07/2016.

USGS. **Landsat Multispectral Scanner (MSS)**. U.S. Geological Survey, 2015a. Disponível em: < <https://lta.cr.usgs.gov/MSS> >. Acesso em 09/07/2016.

VEIGA, T. C. & SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: O caso do Município de Macaé – RJ**. In: SILVA, J. X. & ZAIDAN, R. T. (Org.) Geoprocessamento & Análise ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.179-215, 2004.

VIDAL, T.F; NETO, J.C. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG, 2014.

VIEIRA, A. T.; MELO, F., LOPES, H. B. V.; CAMPOS, J. C. V.; GUIMARÃES, J. T.; COSTA, J. M.; BOMFIM, L. F. C.; COUTO, P. A. A. & BENVENUTI, S. M. P. Diagnóstico do Município de Sobradinho Estado da Bahia. **Projeto Cadastramento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea - Serviço Geológico do Brasil (CPRM)**. Salvador: CPRM: PRODEEM, 2005.

WANG, S. "The Quantitative Research on Dynamic Changes between flood and Vegetation in Tarim river valley," **PhD**, Beijing Normal University, 2007.

WEI, W.; LIDING, C.; BOJIE, F.; ZHILIN, H.; DONGPING, W.; LIDA G. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loessilly area, China. **Journal of Hydrology**, v.335, pgs. 247– 258, 2007.

WEIGAND, V. M. O novo código florestal: Quadro comparativo das leis 4.771/65 e 12.651/2012 e MP 571/2012. Versão preliminar 1.0. **Nave terra**, junho, 2012.

WELDE, K.; GEBREMARIAM, B. Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. **International Soil and Water Conservation Research**, v.5, pgs. 1–16, 2017.

WILSON, E.H; SADER, S.A. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. **Remote Sensing of Environment**, 80, pp. 385–396, 2002.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 27(14):3025–3033, 2006.

XU, J.; GRUMBINEB, R. E.; BECKSCHÄFERC, P. Landscape transformation through the use of ecological and socioeconomic indicators in Xishuangbanna, Southwest China, Mekong Region. **Ecological Indicators** (in press), pgs. 01–08, 2013.

ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; PINGARRONI, A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Agricultural land-use diversity and forest regeneration potential in human- modified tropical landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 230, pgs. 210–220, 2016.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 583–594, 2003.

ZHANG, C.; COOPER, H.; SELCH, D.; MENG, X.; QIU, F.; MYINT, S. W.; ROBERTS, C.; XIE, Z. Mapping urban land cover types using object-based multiple end member spectral mixture analysis. **Remote Sens. Lett.** v. 5, pgs. 521–529, 2014.

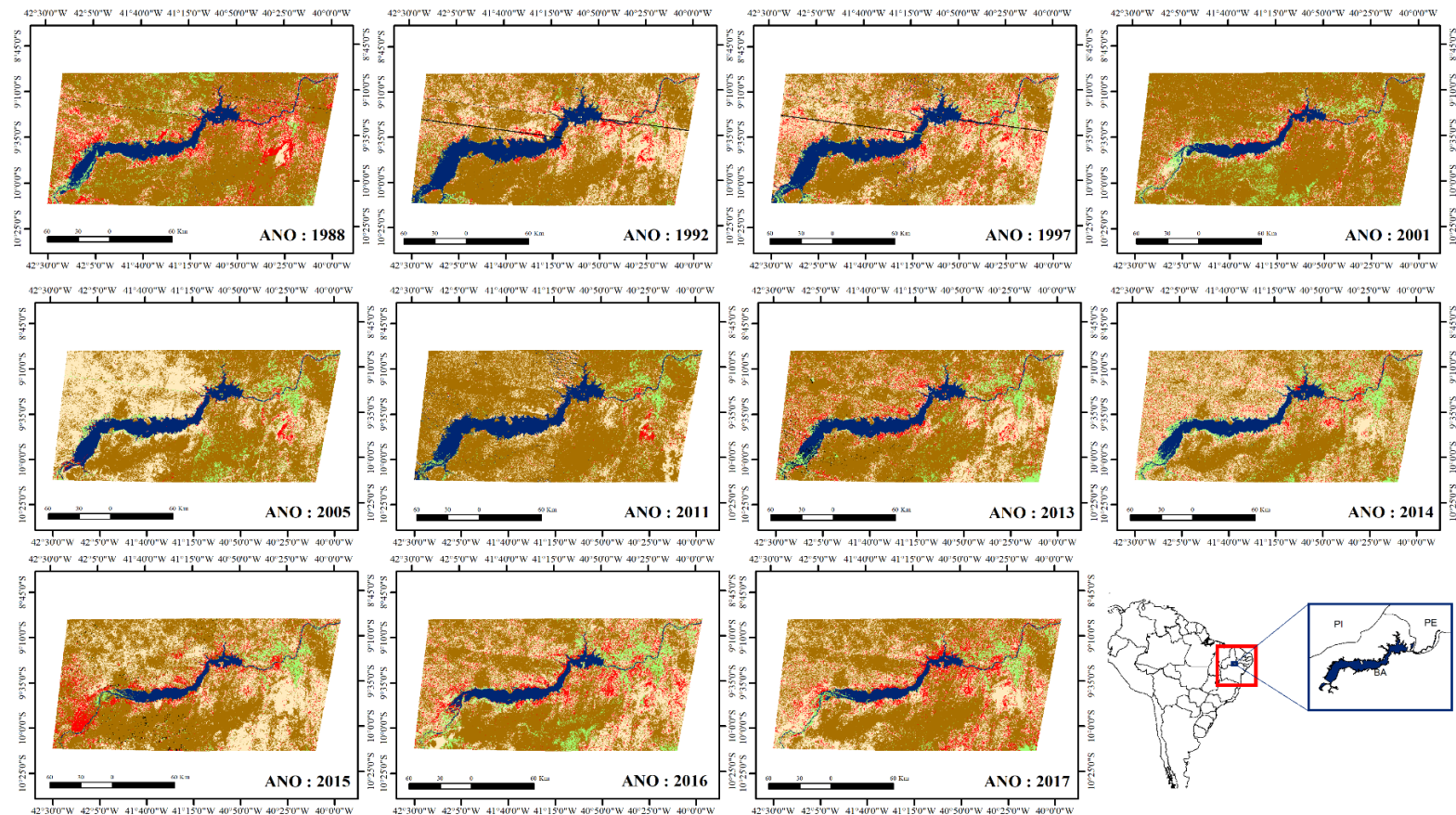
ZHANG, J.; ZHENGJUN, L.; XIAOXIA, S. Changing landscape in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River from 1977 to 2005: Land use/land cover, vegetation cover changes estimated using multi-source satellite data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, pgs. 403–412, 2009.

ZHANG, L. Ji, L; WYLIE, B. Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index," **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, vol. 75, pp. 1307-1317, Nov 2009.

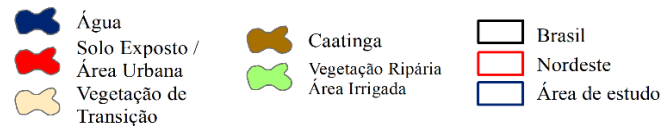
ZHANG, L.; NAN, Z.; XU, Y.; LI, S. Hydrological Impacts of Land Use Change and Climate Variability in the Headwater Region of the Heihe River Basin, Northwest China. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, 2016. doi:10.1371/journal.pone.0158394

ZHU, J.; GAO, P.; GEISSEN, V.; MAROULIS, J.; RITSEMA, C. J.; MU, X.; ZHAO, G. Impacts of Rainfall and Land Use on Sediment Regime in a Semi-Arid Region: Case Study of the Wuqi Catchment in the Upper Beiluo River Basin, China. **Arid Land Research and Management**, v. 29, n.1, pgs. 1-16, 2015.DOI: 10.1080/15324982.2014.919041.

APÊNDICE A - DEMONSTRAÇÃO TEMPORAL DOS MAPAS DE USO DO SOLO DA REGIÃO DE SOBRADINHO E ENTORNO – BA/PE (1988 – 2017)



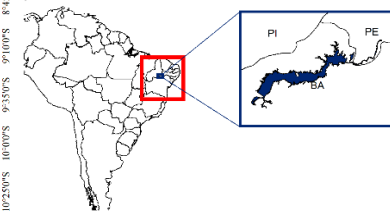
Legenda



Mapa de Uso do Solo da Região de Sobradinho e Entorno - BA/PE (1988 - 2017)

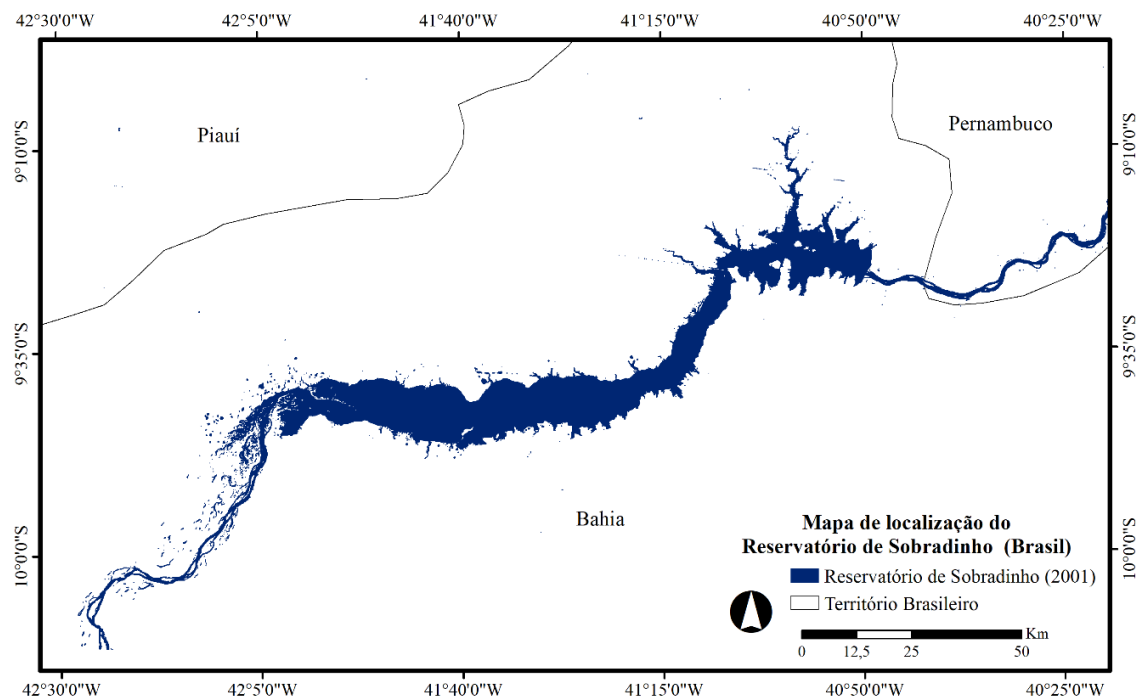
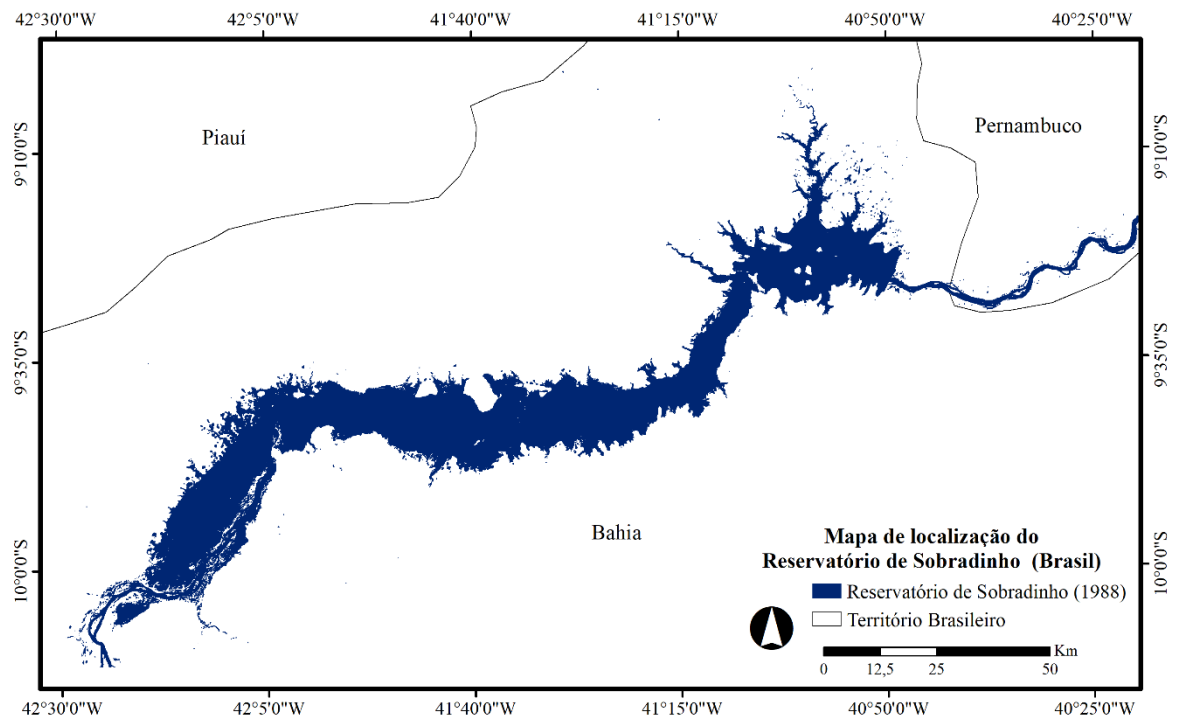


Sistema de Coordenadas Geográficas
DATUM: WGS 84

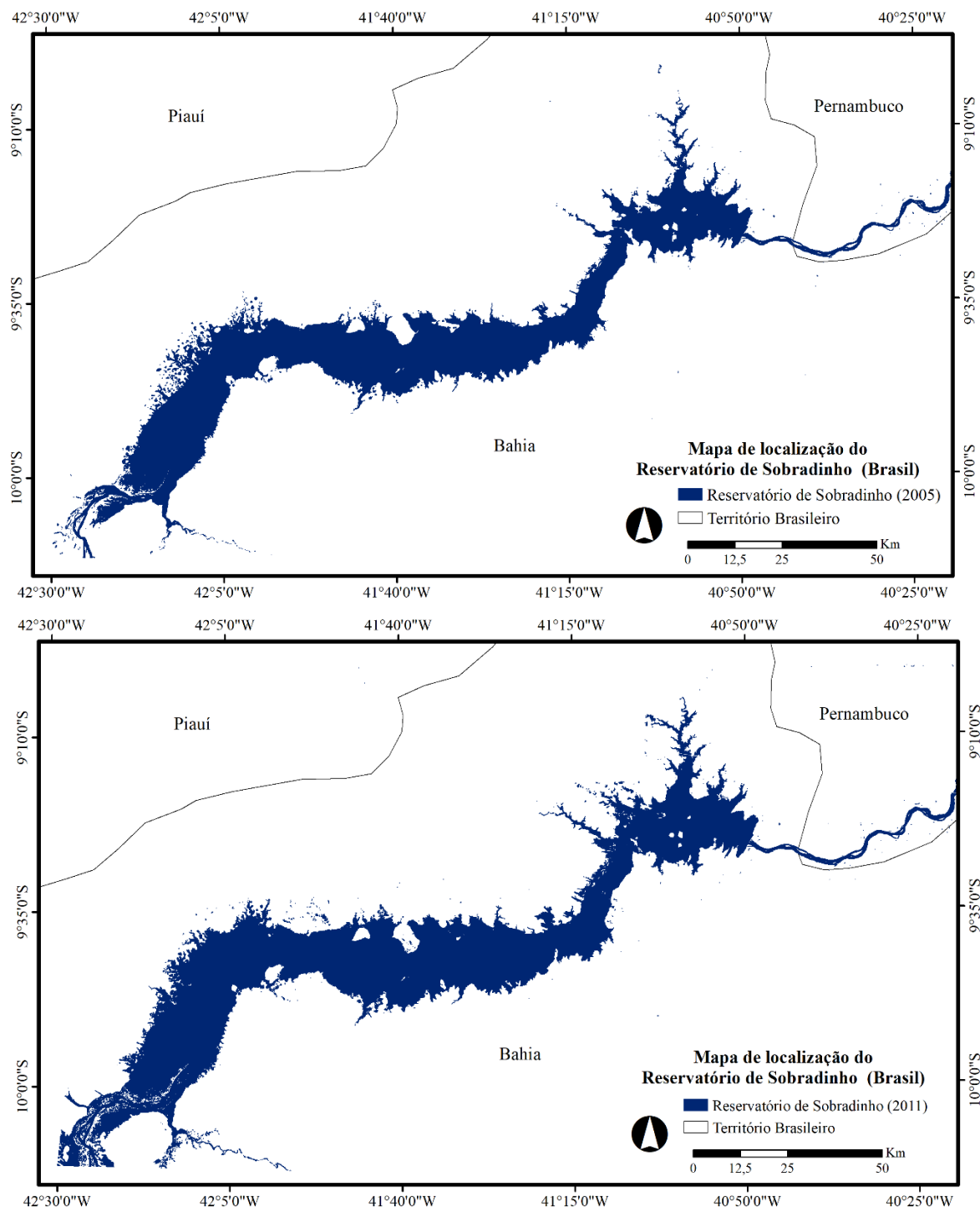


Fontes:
Zonamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPI;
Serviço Geológico Americano - USGS
Informações gerais:
Mapa de uso do solo para a região de Sobradinho (1988 - 2017).
Desenvolvido por: Jadson Freire Silva (2018).
Como citar: SILVA, J.F. Mapa de uso do solo para a região de Sobradinho (1988 - 2017). Produção técnica, 2018.

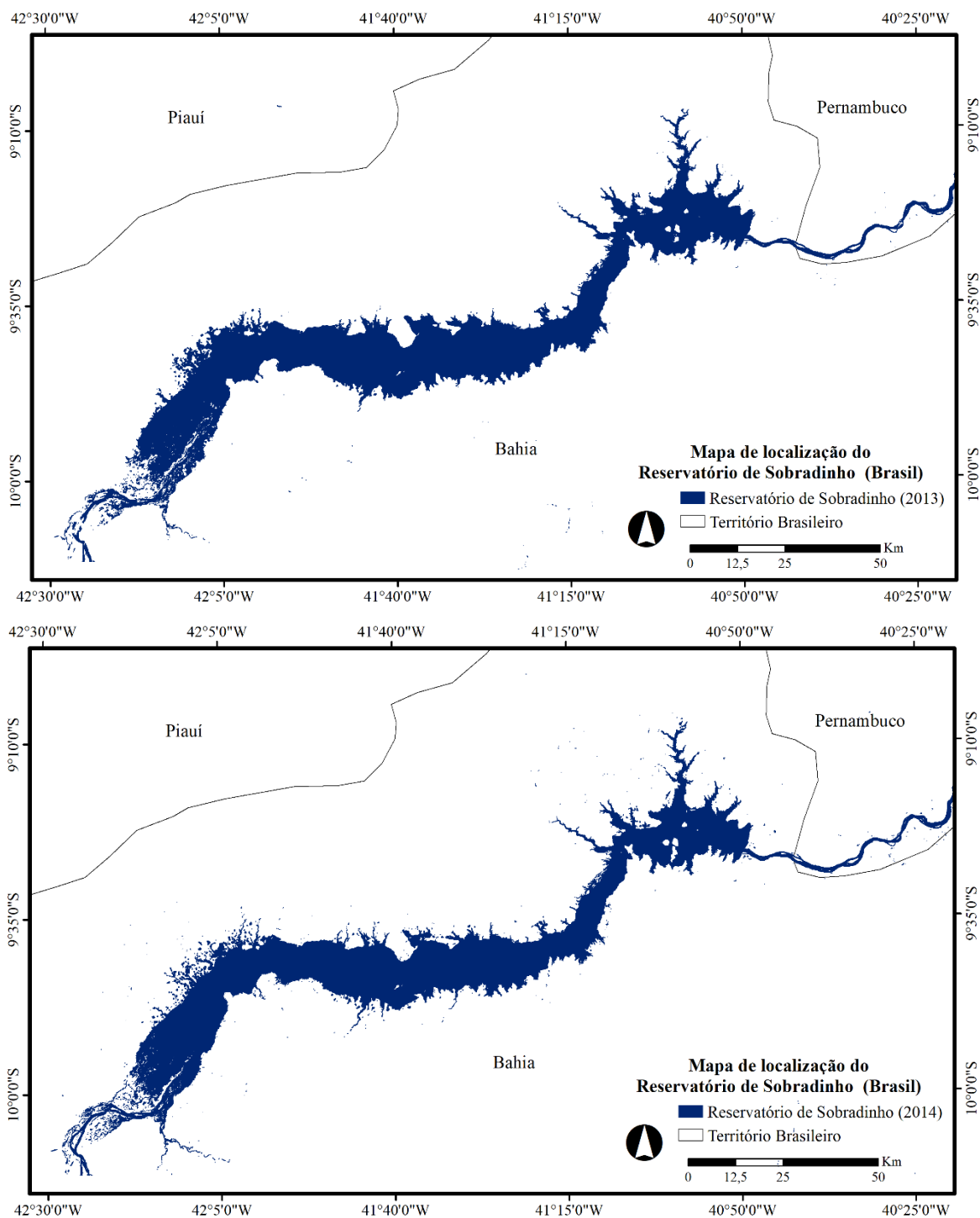
**APÊNDICE B - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO
(BRASIL) – ANO 1988 E 2001.**



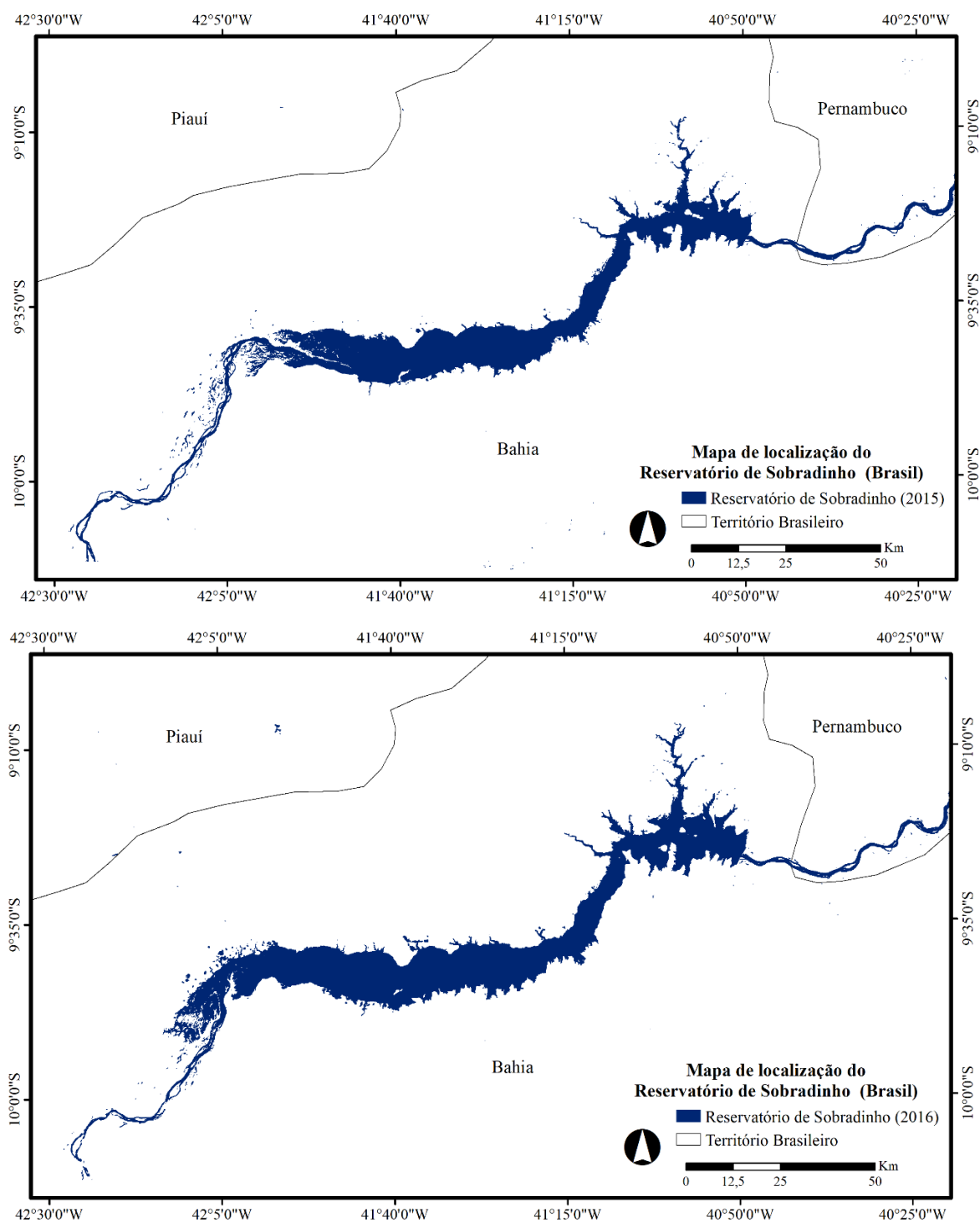
APÊNDICE C – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2005 E 2011.



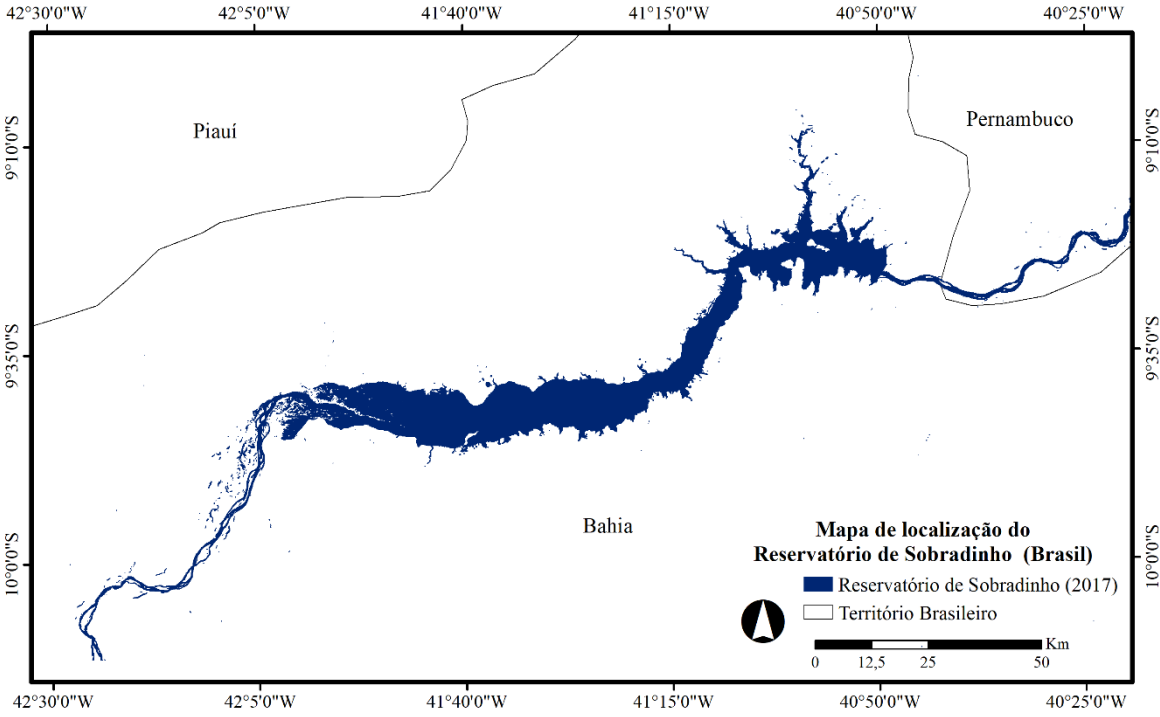
APÊNDICE D – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2013 E 2014.



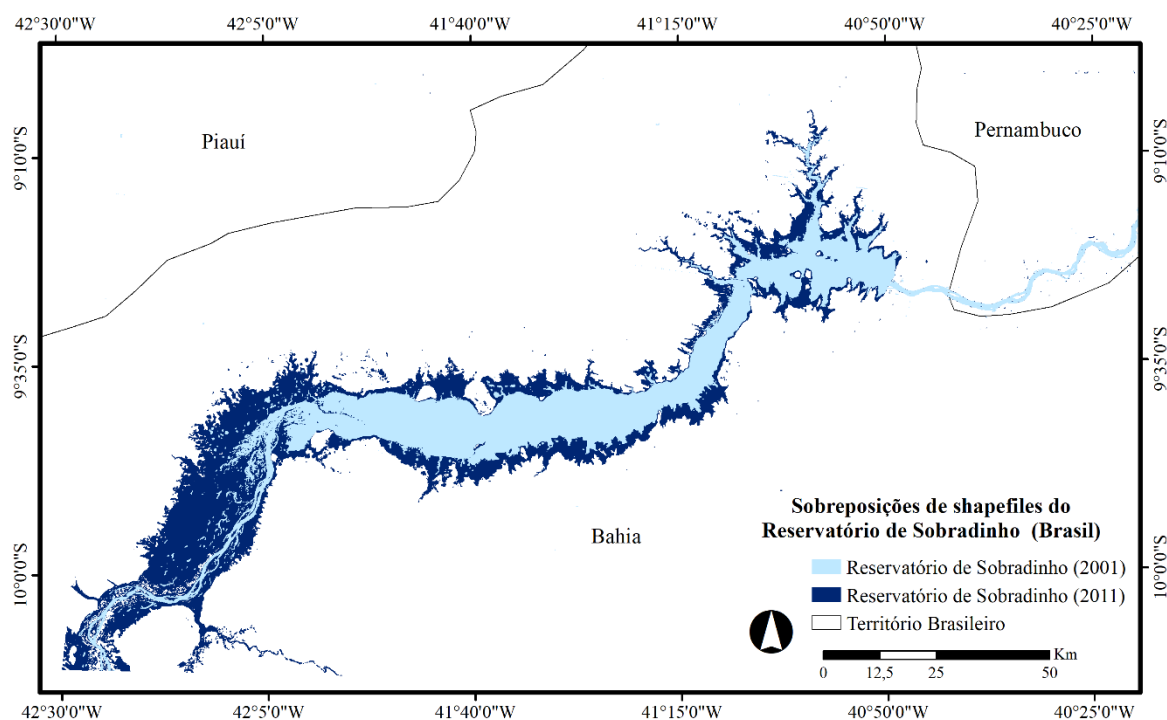
APÊNDICE E – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2015 e 2016.



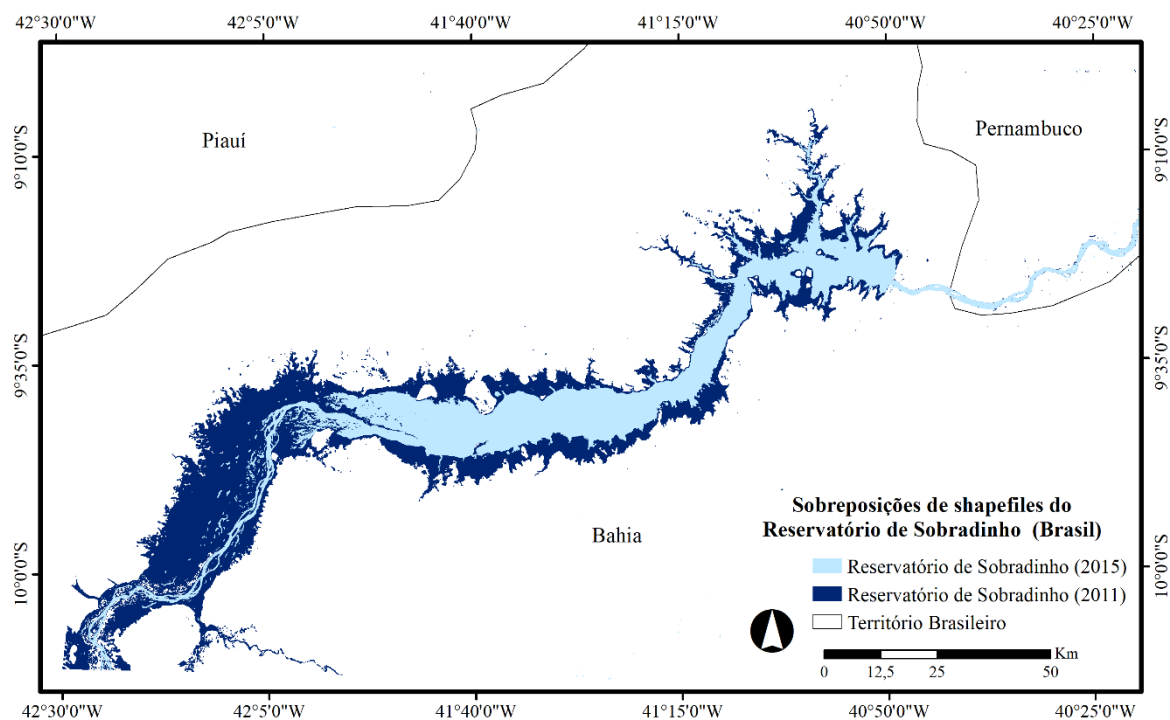
APÊNDICE F – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL) – ANO 2017.



**APÊNDICE G – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2001 – 2011) DO
RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).**



**APÊNDICE H – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2011 – 2015) DO
RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).**



APÊNDICE I – SOBREPOSIÇÕES DE SHAPEFILES (ANOS 2011 – 2015 – 2016) DO RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO (BRASIL).

