



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO
AMBIENTE – PPGM



JANDERSON OLIVEIRA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO TERRITÓRIO DE IDENTIDADE
DO SISAL: UM ESTUDO DE CASO NOS PRINCIPAIS AÇUDES PÚBLICOS DO
MUNICÍPIO DE TEOFILÂNDIA-BA**

Feira de Santana, Bahia
Março – 2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO
AMBIENTE – PPGM



JANDERSON OLIVEIRA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO TERRITÓRIO DE IDENTIDADE
DO SISAL: UM ESTUDO DE CASO NOS PRINCIPAIS AÇUDES PÚBLICOS DO
MUNICÍPIO DE TEOFILÂNDIA-BA**

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais, ao Programa de Pós-Graduação em
Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Orientador: Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva
Coorientadora: Prof^a Dr^a. Taíse Bomfim de
Jesus

Feira de Santana, Bahia
Março – 2017

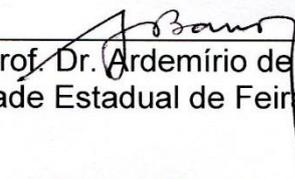
Janderson Oliveira Silva

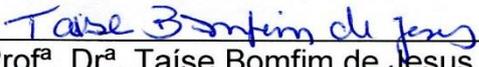
**“AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO
TERRITÓRIO DE IDENTIDADE DO SISAL: UM ESTUDO
DE CASO NOS PRINCIPAIS AÇUDES PÚBLICOS DO
MUNICÍPIO DE TEOFILÂNDIA-BA”**

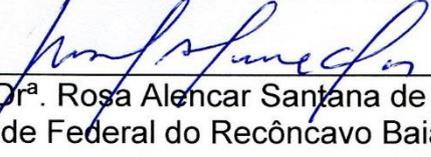
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientada pelo Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva (UEFS) Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

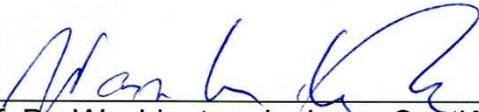
Data de aprovação: 31 de Março de 2017.

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS


Prof.ª. Dr.ª. Taíse Bomfim de Jesus
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS


Prof.ª. Dr.ª. Rosa Alencar Santana de Almeida
Universidade Federal do Recôncavo Baiano – UFRB


Prof. Dr. Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desse trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

S58a Silva, Janderson Oliveira
Avaliação da qualidade da água no Território de Identidade do Sisal: um estudo de caso nos principais açudes públicos do município de Teofilândia-BA / Janderson Oliveira Silva. – Feira de Santana, 2017.
138 f.: il.

Orientador: Ardemírio de Barros Silva.
Coorientadora: Taise Bomfim de Jesus.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra, 2017.

1. Água – Poluição – Território de Identidade do Sisal. 2. Açudes – Teofilândia, BA. I. Silva, Ardemírio de Barros, orient. II. Jesus, Taise Bomfim de, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 628.19

Agradecimentos

Primeiramente, a **DEUS**, pelo dom da vida, por acompanhar-me e auxiliar-me durante toda a trajetória deste trabalho, pois sem Ele nada disso seria possível. Agradeço também a todos que dividiram comigo esse momento:

Aos meus **familiares** pelo amor incondicional, em especial aos meus **pais** e **irmãos**, por sempre me incentivarem perante os desafios, aos quais também compreenderam e aceitaram minhas ausências em momentos e datas especiais.

Agradeço a minha **noiva** pelas cobranças para concluir a presente dissertação e pela paciência que teve pelas horas que me dediquei ao presente escrito.

Ao meu orientador e amigo **Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva**, que disponibilizou conselhos, ensinamentos, companheirismo, sendo, pois, meu exemplo como profissional devido a suas atitudes demonstradas ao longo de nosso convívio e por ter especial atenção nas revisões e sugestões, fatores determinantes para conclusão deste trabalho.

À **Prof.^a Dr.^a. Taíse Bomfim de Jesus** pela importante coorientação, que desde o primeiro momento se mostrou interessada, sempre preocupada com a qualidade do estudo.

À **Universidade Estadual de Feira de Santana** por me disponibilizar um ensino gratuito e de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (**PPGM**) em especial aos **professores**, por semear reflexões importantes para a minha formação como pesquisador.

À professora **Rosa Alencar Santana de Almeida** (qualificação e defesa) e aos professores **Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha** (defesa) e **Willian Moura de Aguiar** (qualificação), por aceitarem participar da minha banca e por suas valiosas contribuições ao meu trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (**FAPESB**), pelo financiamento parcial do projeto de Mestrado.

Ao Laboratório de Processamento de Imagens Georreferenciadas - **LAPIG/PPGM/UEFS** pelas imagens, informações e disponibilidade, em especial a **Danusa Purificação** pelo apoio à realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Saneamento – **LABOTEC/UEFS** por viabilizar a realização das análises físico-químicas e determinação dos metais pesados, especialmente a **Adriano Lima, Tahise Neiva, Leilane Sampaio** e **Dione Ribeiro** que sempre com paciência e dedicação me auxiliaram nas análises laboratoriais. Também quero agradecer a **Iara Aragão** do Laboratório

de Geoquímica e Catálise Ambiental - **LGCA/UEFS**, pela disponibilização de tempo e equipamentos, além da ajuda com os resultados dos experimentos e nos campos realizados. Aos colegas do PPGM da turma IX: **Anderson, Cloves, Danilo, Irialine, Marileia, Priscila, Ramon, Sarah, Tamires, Thaise e Vitor** pelos bons momentos de estudo, discussões científicas, descontração e amizade. Em especial, agradeço a **Derneval Lisboa, Osmar Toledo e Tomás Sánchez** pela ajuda empreendida no trabalho de campo.

Aos amigos **Euclides Matule, Efrain Cayo e Maurício Gonzáles** por sua disponibilidade, boa vontade e ajuda na solução de qualquer problema nos programas utilizados.

Agradeço a **Ângelo Moura, José Luiz (Beto), José Luciano (Dudu) e Adson Santos**, pelo apoio e incentivo em buscar novos conhecimentos, pois foram muitos diálogos desde a construção do anteprojeto a ingressão no mestrado. Obrigado pelos esforços e valiosos conhecimentos compartilhados.

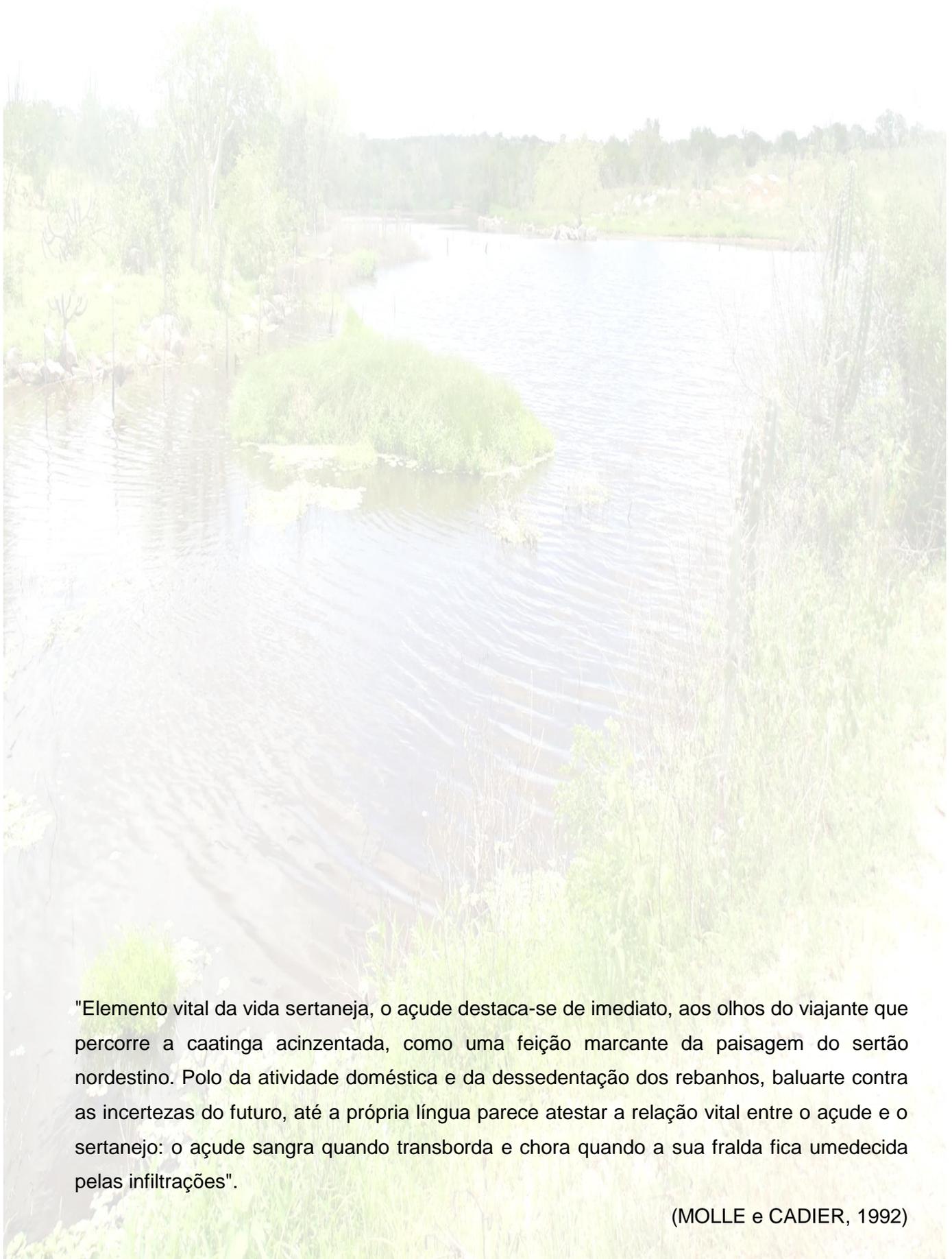
A **Prefeitura Municipal de Teofilândia-BA** e a **Secretaria de Agricultura** por ter colaborado em pelo menos uma das etapas deste projeto, possibilitando-o a sua realização.

Aos amigos **Sergio Meireles e Iago** que disponibilizaram seu tempo durante a pesquisa, em um dos trabalhos de campo.

À família de meu amigo **Edson** que atendeu com muita hospitalidade, por acolher-me como membro da família durante o início do mestrado. Obrigado pelo carinho e apoio recebido, vocês fazem parte desta vitória.

Por fim, gostaria de agradecer a todos, sem exceção, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, por aqueles que torceram, rezaram, choraram e vibraram comigo durante a caminhada. Saibam que este trabalho é nosso, pois sem a parte de cada um de vocês não seria possível a totalidade. E como forma de gratidão incondicional da consideração que por mim tiveram, dedico-lhes este trabalho.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre
aquilo que todo mundo vê.”*
(Arthur Schopenhauer)



"Elemento vital da vida sertaneja, o açude destaca-se de imediato, aos olhos do viajante que percorre a caatinga acinzentada, como uma feição marcante da paisagem do sertão nordestino. Polo da atividade doméstica e da dessedentação dos rebanhos, baluarte contra as incertezas do futuro, até a própria língua parece atestar a relação vital entre o açude e o sertanejo: o açude sangra quando transborda e chora quando a sua fralda fica umedecida pelas infiltrações".

(MOLLE e CADIER, 1992)

RESUMO

A água é essencial para a manutenção da vida, entretanto, a poluição ambiental vem causando a perda da qualidade dos recursos hídricos, afetando não apenas a vida dos seres vivos. Os açudes representam a principal fonte de água para suprir as demandas no semiárido do nordeste brasileiro. No entanto, a qualidade da água armazenada tem sofrido os efeitos provenientes das atividades antrópicas tornando-a comprometida para o consumo humano, animal e para irrigação. Nesse contexto, o presente trabalho elaborou um estudo de caso sobre a qualidade da água, não para suprimento humano, em regiões semiáridas, especificamente no Território de Identidade do Sisal, tendo como área de estudo os principais açudes públicos no município de Teofilândia-BA. Para atender o objetivo proposto foi realizado um mapeamento dos principais corpos de água do município de Teofilândia-BA, utilizando imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI do ano de 2014, órbita 216/68 por meio da classificação supervisionada. Posteriormente foram realizados trabalhos de campo constando de 3 (três) campanhas de coleta de águas superficiais, ocorridas no período de maio (pré-chuva), junho (pós-chuva) e novembro (seco). Os parâmetros físico-químicos e metais analisados foram: Temperatura, Salinidade, Cloreto, pH, OD, DBO, DQO, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, cádmio, chumbo, cromo, cobre, manganês, níquel e zinco foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução N^o 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Na avaliação dos resultados do mapa de Uso Ocupação do Solo verificou-se que a classe da cultura agropecuária predomina na região com cerca de 44,46%, a agricultura permanente (agave) abrange, 10,72%. A área utilizada com a vegetação (caatinga) é representativa totalizando 17,15%. A classe solo exposto representa, 6,64% e 8,82% das classes sombras. Os corpos d'água identificáveis na imagem de satélite representam 0,16% e 12,05% de área urbana. A acurácia do mapeamento para os corpos d'água, fornecida pelo índice Tau, foi de 0,70. Com relação ao resultado da avaliação da qualidade da água dos três açudes públicos localizados próximo ao perímetro urbano no município de Teofilândia-BA durante as três campanhas, foi possível observar que as concentrações de Cloreto, Condutividade Elétrica, OD, DBO, DQO e Coliformes Termotolerantes apresentaram variações de valores que excederam os limites estabelecidos pela legislação vigente. Quanto aos metais avaliados somente o Cd não foi detectado em nenhum dos pontos e períodos amostrados. Não houve, em sua grande maioria, correlação entre as variáveis estudadas. No período pré-chuva a tendência de contaminação na água seguiu a ordem decrescente: Ni>Pb>Mn>Cr, no pós-chuva: Ni>Pb>Mn>Zn e no seco: Ni>Pb>Cu>Zn. A partir dos dados apresentados, pode-se inferir que a principal fonte poluidora das águas dos açudes é proveniente de origem antropogênica, principalmente por atividades agropecuárias e insuficiência de uma rede de esgotamento sanitário.

Palavras-chave: Geotecnologias; Semiárido; Contaminação Hídrica; Impactos Ambientais; CONAMA 357/2005.

ABSTRACT

Water is essential for the maintenance of life, however, environmental pollution has been causing the loss of the quality of water resources, affecting not only the life of living beings. The reservoirs represent the main source of water to supply the demands of the Brazilian Northeast. However, the quality of stored water has suffered from the effects of anthropic activities makes it compromised for human consumption, animal and for irrigation. In this context, the present work aimed to elaborate a case study on water quality in semi-arid regions, not for human consumption, specifically in the Sisal Identity Territory, having as main study area the main public dams in the municipality of Teofilândia-BA. In order to meet the proposed objective, a mapping of the main water bodies of the municipality of Teofilândia-BA was carried out, using images from Landsat 8 satellite, OLI sensor of 2014, orbit 216/68 by supervised classification. Subsequently, fieldwork was carried out consisting of three (3) campaigns for the collection of surface water, occurring in the period of May (pre-rain), June (post-rain) and November (dry). The physico-chemical parameters and metals analyzed were: Temperature, Salinity, Chloride, pH, OD, BOD, COD, Turbidity, Thermotolerant Coliforms, Cadmium, Lead, Copper, Chromium, Manganese, Nickel and were compared with the standards established by Resolution N^o 357 / 2005 of the National Environmental Council - CONAMA. In the evaluation of the results of the Land Use map, it was verified that the agricultural culture class predominates in the region with about 44,46%, permanent agriculture (agave) covers 10,72%. The area used with the vegetation (caatinga) is representative, totaling 17,15%. The exposed soil class represents 6,64% and 8,82% of the shade classes. The identifiable water bodies in the satellite image represent 0,16% and 12,05% of urban area. The accuracy of the mapping for the water bodies, provided by the Tau index, was 0,70. Regarding the results of the water quality evaluation of the three public dams located near the urban perimeter in the municipality of Teofilândia-BA during the three campaigns, it was possible to observe that the concentrations of Chloride, Electrical Conductivity, OD, BOD, COD and Thermotolerant Coliforms presented Variations that exceeded the limits established by current legislation. As for the evaluated metals, only Cd was not detected at any point and sampled period. There were no, in their greatest majority, correlation between the variable studies. In the pre-rain period the trend of contamination in the water followed the decreasing order: Ni> Pb> Mn> Cr, in the post-rain: Ni> Pb> Mn> Zn and not dry: Ni> Pb> Cu> Zn. From the data presented, it can be inferred that the main source of pollution of the waters of the dams is derived from anthropogenic origin, mainly by agricultural activities and insufficient sewage network.

Keywords: Geotechnology; Semiarid; Water Contamination; Environmental Impacts; CONAMA 357/2005.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do Município de Teofilândia-BA	22
Figura 2. Mapa Geomorfológico do Município de Teofilândia-BA.....	23
Figura 3. Mapa Pedológico do Município de Teofilândia-BA	24
Figura 4. Hidrografia do Município de Teofilândia-BA.	25
Figura 5. Açude na comunidade Pé de Serra, Teofilândia-BA.....	25
Figura 6. Subdomínios Hidrogeológicos do Município de Teofilândia-BA.....	27
Figura 7. Detalhe de afloramento de rocha granítica, no Município de Teofilândia-BA.....	29
Figura 8. Mapa Geológico do Município de Teofilândia-BA.....	30
Figura 9. Esquema de poluição pontual e difusa	36
Figura 10. Representação da Classificação Supervisionada.....	51
Figura 11. Fluxograma Metodológico do Desenvolvimento da Pesquisa.....	54
Figura 12. A. Imagem Colorida a partir da composição das bandas 5(R),4(G),3(B); B. Recorte da Imagem dentro dos limites do Município de Teofilândia-BA.	55
Figura 13. Integração da imagem de satélite LandSat 8 com os pontos de GPS <i>in situ</i> para avaliação qualitativa da classificação;.....	57
Figura 14. Matriz explicativa do índice Tau	58
Figura 15. Fluxograma metodológico para identificação dos corpos de água.....	60
Figura 16. Pontos de amostragem da qualidade da água dos principais reservatórios hídricos superficiais públicos, Teofilândia-BA.....	63
Figura 17. Fluxograma para obter a base de dados das amostras de água superficial.	67
Figura 18. Resultado do Uso e Ocupação do Solo gerado a partir da classificação supervisionada Maxver da imagem Landsat Oli (2014) no IDRISI Kilimanjaro.....	73
Figura 19. Plano Temático dos corpos d'água obtido no programa IDRISI Kilimanjaro.	78
Figura 20. Ponto 1, Tanque do Governo, localiza-se na comunidade Patos, Teofilândia-BA.	81
Figura 21. Ponto 2, Açude próximo ao lixão, localiza-se na comunidade Rocinha no sentido BR 116 S, Teofilândia-BA.	81
Figura 22. Ponto 3, Açude Matadouro Velho, localiza-se na estrada sentido a Comunidade Flores, Teofilândia-BA.	81
Figura 23. Ponto 4, Açude Flores, localiza-se na estrada sentido ao Matadouro Velho, Teofilândia-BA.....	81
Figura 24. Ponto 5, Açude Maria Preta, localiza-se na Comunidade Maria Preta, Teofilândia-BA.....	81
Figura 25. Ponto 6, Açude Januária, localiza-se na Comunidade Januária, Teofilândia-BA.....	81

Figura 26. Ponto 7, Açude Alecrim, localiza-se na estrada sentido Comunidade Flores a Barrocas.	82
Figura 27. Ponto 8, Açude Canto, localiza-se no povoado Canto, Teofilândia-BA.....	82
Figura 28. Ponto 9, Açude Gato, localiza-se na Comunidade Gato, Teofilândia-BA.....	82
Figura 29. Ponto10, Barragem Gato, localiza-se na Comunidade Gato, Teofilândia-BA.	82
Figura 30. Ponto 11, Barragem sentido estrada Araticunzeiro ao Povoado Gato Teofilândia-BA.....	82
Figura 31. Ponto 12, Açude Barreiro, localiza-se na Comunidade Barreiro, Teofilândia-BA	82
Figura 32. Ponto 13, Açude Sítio Novo, localiza-se na Comunidade Sítio Novo, Teofilândia-BA.....	83
Figura 33. Ponto 14, Açude Ipoeira, localiza-se na Comunidade Ipoeira, Teofilândia-BA. ..	83
Figura 34. Ponto 15. Açude Samambaia, localiza-se na Comunidade Samambaia, Teofilândia-BA.	83
Figura 35. Ponto 16, Açude Pé de Serra, localiza-se na Comunidade Pé de Serra, Teofilândia-BA.....	83
Figura 36. Ponto 17, Açude Quitola, localiza-se na Comunidade Quitola, Teofilândia-BA...	83
Figura 37. Ponto 18. Açude Malhador, Localiza-se na Comunidade Malhador, Teofilândia-BA.	83
Figura 38. Ponto 19, Açude Caboclos, localiza-se na Comunidade Caboclos, Teofilândia-BA.	84
Figura 39. Ponto 20, Açude Setor, localiza-se no Povoado Setor, Teofilândia-BA.	84
Figura 40. Ponto 21, Açude Roça de Baixo, localizado na estrada sentido a Comunidade Roça de Baixo ao Povoado Setor, Teofilândia-BA.	84
Figura 41. Ponto 22, Açude Baixão, localiza-se no Povoado Baixão, Teofilândia-BA.....	84
Figura 42. Ponto 23, Açude Junco, localiza-se na Comunidade Junco, Teofilândia-BA.	84
Figura 43. Ponto 24, Açude Jurema, localiza-se na Comunidade Jurema, Teofilândia-BA..	84
Figura 44. Ponto 25, Açude Limeira, localiza-se no Povoado Limeira, Teofilândia-BA.	85
Figura 45. Ponto 26, Açude Mirante, localiza-se na Comunidade Mirante, Teofilândia-BA..	85
Figura 46. Ponto 27 Açude Capitão, localiza-se na Comunidade Capitão, Teofilândia-BA..	85
Figura 47. Ponto 28, Açude Vargem Velha, Localiza-se na Comunidade Vargem Velha, Teofilândia-BA.	85
Figura 48. Ponto, 29, Açude Boa Esperança, localiza-se na Comunidade Boa Esperança, Teofilândia-BA.	85
Figura 49. Ponto 30, Açude Cramachá, localiza-se sentido BR 116 N, Teofilândia-BA.	85
Figura 50. Avanço da ocupação urbana espontânea sobre o açude do Tanque do Governo, no Município de Teofilândia-BA.	87

Figura 51 (A e B). Constatação da presença de esgoto sendo drenado no solo a céu aberto.	87
Figura 52. Presença de tubulações lançando efluentes sem tratamento e resíduos sólidos na superfície da água, demonstrando a falta de conscientização da população.	88
Figura 53 (A e B). Presença lixo doméstico e animais na margem do reservatório.....	89
Figura 54. Presença de Resíduos sólidos no entorno do reservatório.....	89
Figura 55 (A e B). Presença pessoas utilizando o reservatório para pesca, lavagem de automóveis e banho.....	90
Figura 56. Índice Pluviométrico no Município de Teofilândia-BA.....	91
Figura 57. Variação média da Temperatura da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	98
Figura 58. Variação média da Salinidade da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	99
Figura 59. Variação média do Cloreto na água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	100
Figura 60. Variação média do pH da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	102
Figura 61. Variação média da Condutividade Elétrica nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	103
Figura 62. Variação média do Oxigênio Dissolvido nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	105
Figura 63. Variação média da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (março, junho e novembro de 2016)....	106
Figura 64. Variação da Demanda Química de Oxigênio nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	107
Figura 65. Variação média da Turbidez nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	108
Figura 66. Variação média dos Coliformes Termotolerantes nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	109
Figura 67. Variação média do Chumbo nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	111
Figura 68. Variação média do Cobre nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	112
Figura 69. Variação média do Cromo nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	113
Figura 70. Variação média do Manganês nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	114

Figura 71. Variação média do Níquel nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).....	115
Figura 72. Variação média do Zinco nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)	116
Figura 73. Escategramas representando a existência ou não de correlação entre os parâmetros físico-químicos e metais pesados das águas dos três açudes públicos no município de Teofilândia-BA.	117

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Parâmetros ambientais de qualidade de água doce (Resolução CONAMA Nº 357/05)	41
Tabela 2. Cálculo de número de pontos a serem amostrados baseada na estatística de Congalton e Green (1999).	56
Tabela 3. Características dos reservatórios e número de pontos amostrais.	62
Tabela 4. Resultado da classificação em hectares e em porcentagem da área total do Uso e Ocupação do Solo no município de Teofilândia-BA.	73
Tabela 5. Matriz de Confusão gerada a partir da Classificação Supervisionada.....	79
Tabela 6. Matriz de Confusão gerada a partir da Interpretação Visual.	79
Tabela 7. Índices de exatidão obtidos com a interpretação visual e da Classificação Supervisionada da imagem Landsat 8.	79
Tabela 8. Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.....	93
Tabela 9. Continuação dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.	94
Tabela 10. Resultados da concentração de metais (mg.L ⁻¹) da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.96	
Tabela 11. Continuação dos resultados da concentração de metais (mg.L ⁻¹) da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.....	97
Quadro 1. Trabalhos desenvolvidos a partir da avaliação da qualidade de água em reservatórios hídricos no Nordeste.	34
Quadro 2. Principais efeitos provocados à saúde humana pela ingestão de metais	38
Quadro 3. Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05.	40

Quadro 4. Definição de Parâmetros de Qualidade de Água	42
Quadro 5. Classificação dos açudes, conforme o CEI (1984).	45
Quadro 6. Relação de açudes públicos por município no Território de Identidade do Sisal. 48	
Quadro 7. Materiais e métodos utilizados para o Processamento Digital das Imagens.	61
Quadro 8. Laicização e descrição dos pontos de amostragem com fotos dos açudes em estudo no município de Teofilândia-BA.....	64
Quadro 9. Parâmetro, Equipamentos e Normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água <i>In Situ</i>	67
Quadro 10. Recomendações quanto ao tipo de frasco, forma de preservação e prazo de execução de análise para cada parâmetro.	70
Quadro 11. Parâmetro, Equipamentos e Normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água em Laboratório.....	70
Quadro 12. Chave de interpretação das classes temáticas – Composição RGB.....	74
Quadro 13. Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).	75
Quadro 14. Continuação da Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).	76
Quadro 15. Continuação da Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).	77
Quadro 16. Localização e área dos espelhos de água dos 30 reservatórios hídricos superficiais públicos mapeados no Município de Teofilândia – BA.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍGLAS

ANA	Agencia Nacional das Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
CE	Condutividade Elétrica
Cd	Cádmio
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CODES SISAL	Conselho de Desenvolvimento Rural Sustentável do Sisal
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONERH	Conselho Estadual De Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais
Cr	Cromo
CTT	Coliformes Termotolerantes
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
GPS	<i>Global Position System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
mg.L⁻¹	Miligramas/Litro
Mn	Manganês
Ni	Níquel
OD	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
PDI	Processamento Digital de Imagens
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídrico
RGB	<i>Red</i> (vermelho), <i>Green</i> (verde) <i>Blue</i> (azul)
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
WGS84	<i>World Geographic System 1984</i>
Zn	Zinco
µS	Microsiemens

Sumário

1. INTRODUÇÃO	19
1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA	21
1.1.1. Objetivo Geral.....	21
1.1.2. Objetivos Específicos	21
2. ÁREA DE ESTUDO	21
2.1. Localização.....	21
2.2. Aspectos Fisiográficos.....	22
3. REFERENCIAL TEÓRICO	31
3.1. A Importância e Situação da Água	31
3.2. Interferências Antrópicas sobre a Qualidade da Água	32
3.2.1. Fontes de Poluição e sua implicação na Qualidade da Água	34
3.2.2. Metais Pesados nos Ecossistemas Aquáticos	37
3.3. Parâmetros de Qualidade da Água	39
Temperatura	42
Turbidez.....	42
Condutividade Elétrica	42
Cloretos	42
Potencial Hidrogeniônico (pH).....	42
Oxigênio Dissolvido (OD)	43
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}).....	43
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	43
Coliformes Termotolerantes	43
Cádmio (Cd).....	43
Chumbo (Pb).....	43
Cobre (Cu)	44
Cromo (Cr)	44
Manganês (Mn)	44

Níquel (Ni).....	44
Zinco (Zn)	44
3.4. Açudes na Região Semiárida do Nordeste	45
3.5. O Território de Identidade do Sisal e os Recursos Hídricos	46
3.6. Geotecnologias no Gerenciamento dos Recursos Hídricos	49
4. Metodologia Proposta.....	53
4.1. Materiais e Métodos	55
4.1.1. Aquisição e Processamento de Dados Orbitais.....	55
4.1.2. Coleta de Dados em Campo para a Validação da Classificação Supervisionada.....	57
4.1.3. Validação da Classe Corpos D'Água.....	58
4.1.4. Dados de Precipitação	62
4.1.5. Pontos de Amostragem.....	62
4.1.6. Procedimentos de Amostragem	66
4.1.7. Análises <i>In Situ</i> e Laboratoriais	67
4.1.8. Análise Estatística dos Dados	71
5. Resultados e Discussão.....	72
5.1. Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	72
5.2. Pontos Potenciais de Contaminação.....	86
5.3. Análise dos Dados Pluviométricos	91
5.4. Avaliação da Qualidade de Água	92
5.5. Análise da correlação entre parâmetros físico-químicos e os teores de metais pesados	117
6. Conclusões e Recomendações	121
Referências	125

1. INTRODUÇÃO

A disseminação de informações referentes à problemática da escassez hídrica tem aumentado a preocupação da sociedade civil sobre a utilização e cuidados com esse recurso tão essencial a vida, devido a fatores como expansão populacional, aumento do consumo, a poluição, dentre outros. Como agravante, nas últimas décadas, a qualidade da água tem vindo a deteriorar-se rapidamente, o que impede o uso de importantes reservatórios (ALEXANDRE et al., 2010; BARRETO & GARCIA, 2010; PALÁCIO et al., 2011; LI et al., 2011; GUEDES et al., 2012). Estes estudos demonstram a tendência dos recursos hídricos tornarem-se cada vez mais escassos, tanto quantitativa como qualitativamente, e, portanto, devem ser tomadas ações para melhorar a gestão da oferta e da procura de água para diferentes usos.

No Nordeste do Brasil, principalmente pelo fato de ser uma região semiárida, com pouca disponibilidade de recursos hídricos, resultado da irregularidade de chuvas e altas temperaturas durante todo o ano, a situação da qualidade e quantidade hídrica é complexa. A construção dos açudes tornou-se uma grande alternativa dos governantes para aumentar a disponibilidade de água na região, porém, pouco se conhece sobre esses corpos hídricos (BARBOSA, 2002).

Os açudes e os trechos perenes dos rios têm um papel fundamental nessas regiões, pois a água armazenada ajuda a superar os momentos de escassez (ARAÚJO et al., 2006). Estes são usados para inúmeras finalidades, como abastecimento para uso doméstico e lazer, representando, portanto, ecossistemas de grande valor para a sociedade, cultura local e atividades econômicas (ARAÚJO et al., 2014). Porém, a presença da água não significa garantia de abastecimento, uma vez que, além da intermitência dos rios, o aporte de sais e esgotos na água torna-a comprometida para o consumo humano, dessedentação animal e para irrigação (FONTES, 2015).

Alguns estudos referentes a açudes e barragens vêm sendo desenvolvidos no Nordeste, dentre os quais pode-se citar os trabalhos de Brito et al. (2005), que teve por objetivo avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica das águas em quatorze açudes, sendo três no município de Petrolina (Pernambuco), cinco em Ouricuri (Pernambuco), três no município de Canudos (Bahia) e três em Uauá (Bahia). Os resultados demonstram que em todas as amostras analisadas os parâmetros físico-químicos das águas estão em conformidade com a legislação brasileira. Quanto aos aspectos bacteriológicos, quatro, dos cinco açudes avaliados no município de Ouricuri-PE e todos de Canudos-BA, indicaram contaminação por coliformes fecais, estando, portanto, suas águas fora do padrão de qualidade recomendado pela legislação.

No que se refere a qualidade de água dos açudes públicos no município de Teofilândia-BA percebe-se ainda uma carência muito grande de trabalhos científicos voltados para o

problema de qualidade hídrica. Pesquisas realizadas por Santos (2015) nesta região, avaliaram os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em dois pontos de coletas em açudes, para implantação de um posto de combustível, evidenciaram que comparando-se os parâmetros analisados e os valores disponíveis na legislação ambiental, os padrões microbiológicos mostraram-se acima dos valores máximos permitidos.

A escolha do objeto de estudo para realização dessa pesquisa decorre principalmente, em razão de que as águas dos açudes estão sendo deterioradas possivelmente pelas atividades antrópicas (lançamento de efluentes domésticos, resíduos sólidos, dejetos de animais, entre outros) devido principalmente à insuficiência de uma rede de esgotamento sanitário que abranja todo o município.

A necessidade de estudar os agentes que contaminam os açudes públicos próximos ao perímetro urbano no Município de Teofilândia-BA, por meio de parâmetros físico-químicos de qualidade da água e metais pesados, é indispensável, uma vez que estes foram construídos como os principais recursos hídricos para suprirem as demandas da população como: pesca, irrigação de culturas, o próprio abastecimento, além da dessedentação animal em períodos críticos de seca.

A relevância desta proposta está também na possibilidade de subsidiar a elaboração de políticas públicas adequadas ao aproveitamento sustentável e conservação destas reservas, a partir dos resultados técnicos e analíticos desta pesquisa.

Para enquadramento dos principais açudes públicos no município de Teofilândia-BA para captação de água bruta, foi utilizada a Resolução CONAMA N^o 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. No primeiro, a introdução inclui a justificativa e os objetivos geral e específicos. No segundo, encontram-se a localização e caracterização física da área de estudo. No terceiro realiza-se a revisão bibliográfica, visando uma melhor compreensão dos temas abordados. No quarto capítulo, descreve-se a metodologia, os materiais e métodos utilizados para atendimento aos objetivos do presente trabalho. No quinto, apresentam-se e se discutem os resultados obtidos no Mapeamento do Uso do Solo e na Avaliação da Qualidade de Água, por tópicos. No sexto capítulo são apresentadas as conclusões e as recomendações.

1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1. Objetivo Geral

Mapear e investigar a situação atual dos principais açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, a fim de identificar as possíveis influências (naturais e antrópicas) sobre a qualidade das águas superficiais.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Mapear as áreas com os principais reservatórios hídricos superficiais públicos no Município de Teofilândia-BA, além de delimitar os açudes na área de estudo e identificar os pontos potencialmente contaminantes;
- Estruturar um banco georreferenciado com dados/informações sobre os principais açudes públicos e a qualidade da água nos pontos de monitoramento;
- Quantificar o teor de metais pesados como o cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), zinco (Zn), presentes na água superficial;
- Avaliar o estado da qualidade das águas dos açudes por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológico e comparar com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

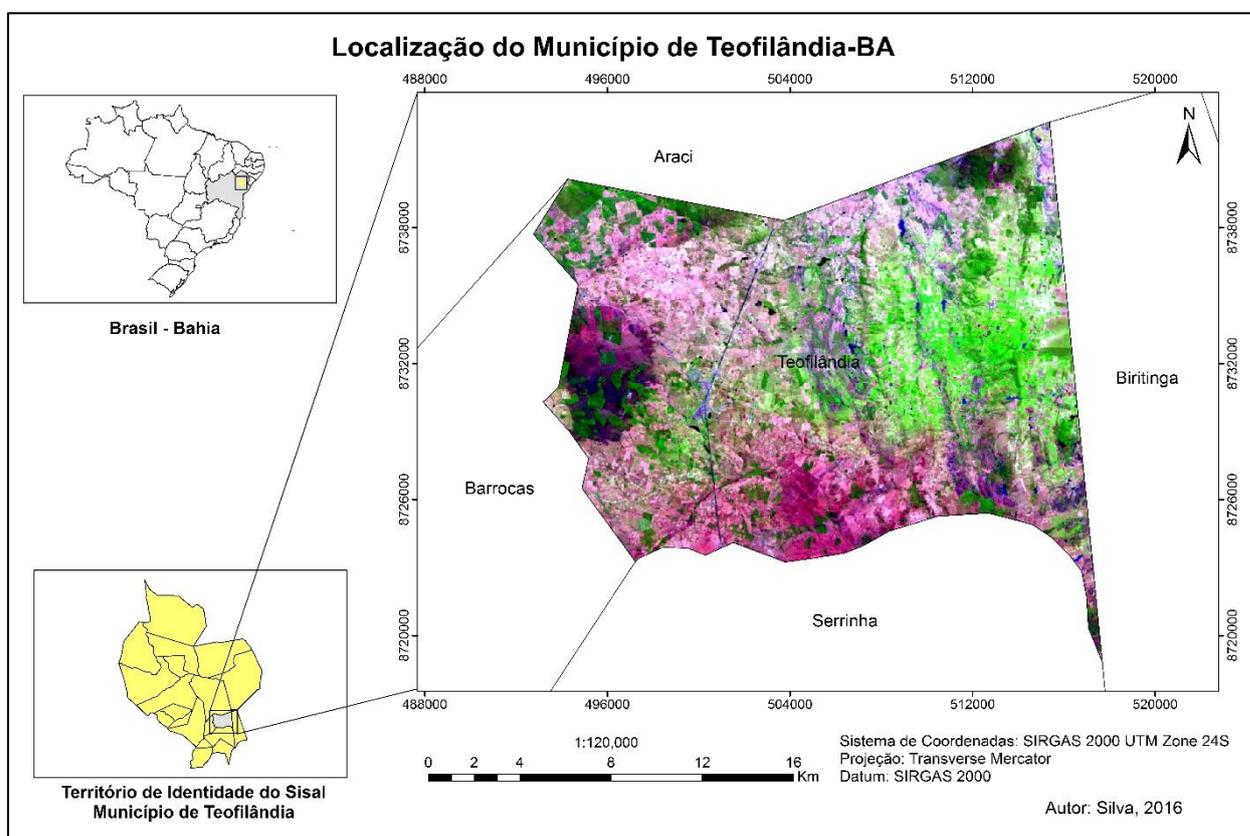
2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização

O Município de Teofilândia, encontra-se compreendido entre 8717676 a 8743471 (Norte) e 492732 a 520002 (Leste) no sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM) WGS 84 hemisférios Sul, na região de planejamento Nordeste do Estado da Bahia, especificamente no Território de Identidade do Sisal, limita-se a norte com o Município de Araci, a sul com o Município de Serrinha, a leste com o Município de Biringa e a oeste com o Município de Barrocas (Figura 1). A área municipal é de 336 km² e está inserida nas folhas cartográficas (SC.24-Z-C-I), (SC.24- Z-C-IV), Santa Luz (SC.24-Y-D-III) e Serrinha (SC.24-Y-D-VI) na escala 1:100.000, estas últimas, editadas pelo MINTER/SUDENE em 1977. O acesso, a partir de Salvador, é efetuado pelas rodovias BR-324 e BR-116 num percurso total de 194 km (BAHIA, 2005). Apresenta uma densidade demográfica de 67,56

hab/km, com a maioria da população residente na zona rural, ou seja, 14.792 habitantes de um total de 21.484 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 1. Localização do Município de Teofilândia-BA

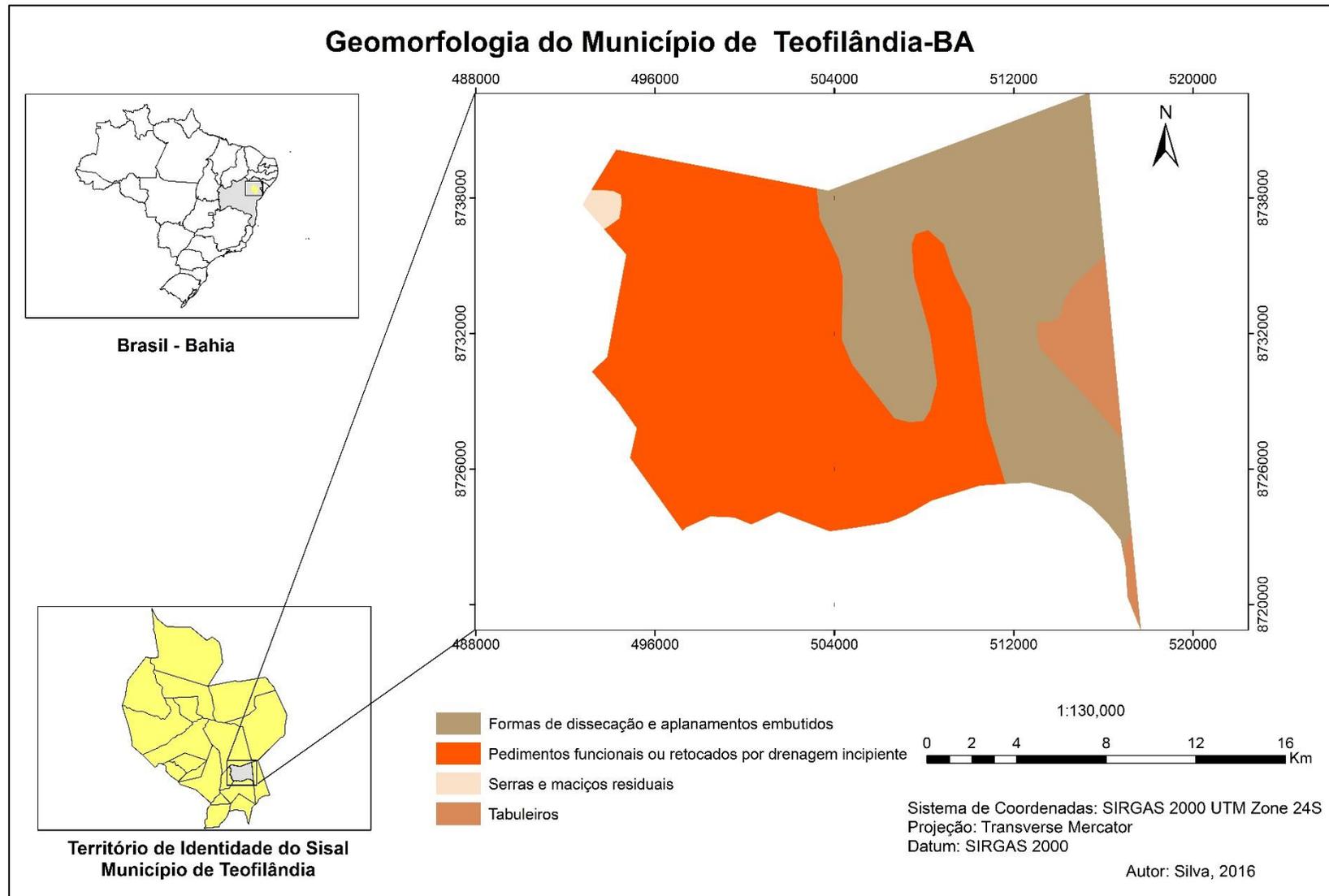


Fonte: Elaborado com base nos dados SIG-BA (2015) e Imagem LandSat 8 (2014).

2.2. Aspectos Fisiográficos

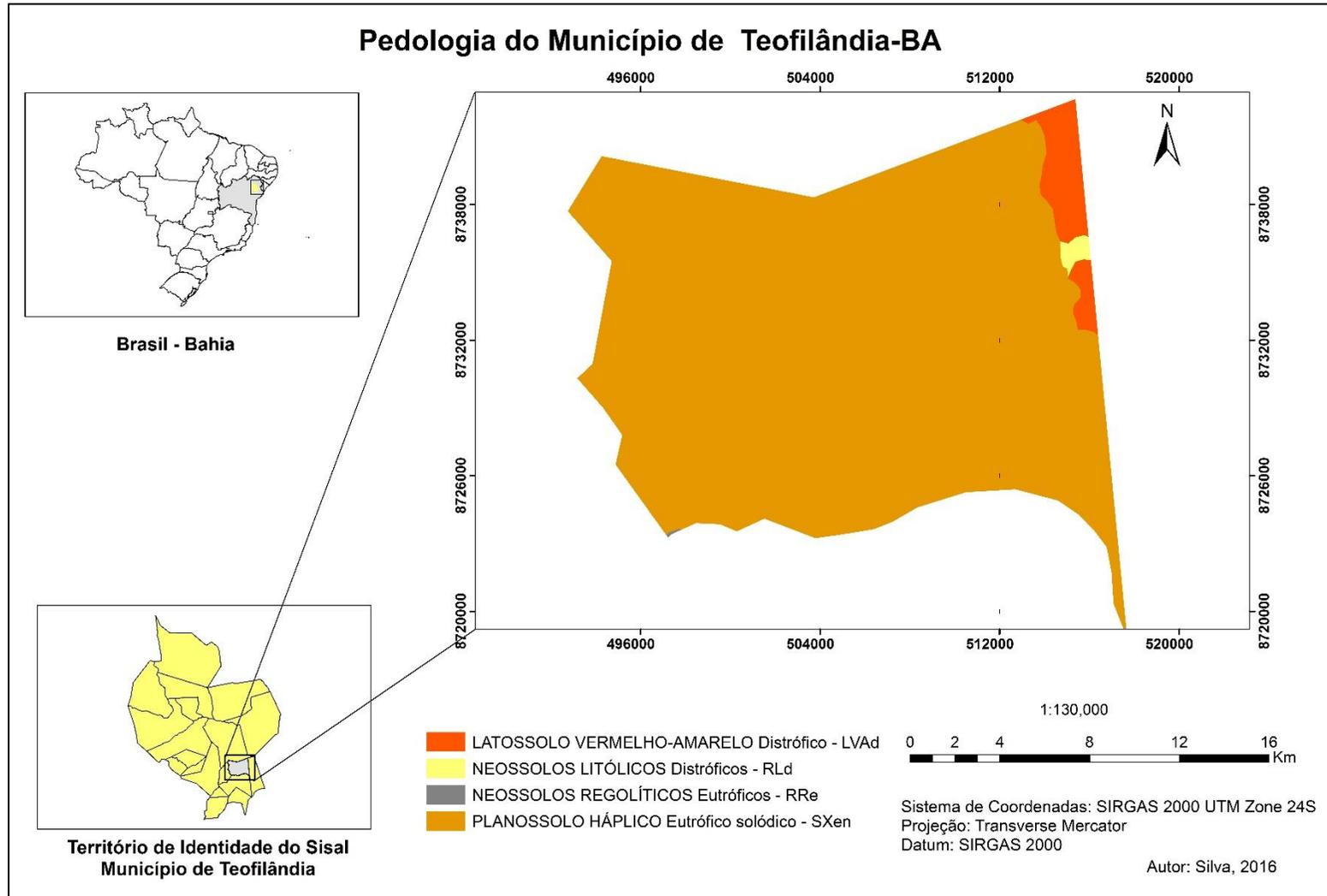
Segundo dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2005), o município está inserido no "Polígono das Secas" e tem um clima do tipo megatérmico semiárido, com temperatura média anual de 23,4°C, precipitação pluviométrica média no ano de 600 a 800 mm e período chuvoso de maio a julho. O relevo, esculpido em rochas sedimentares da bacia do Tucano e ígneas/metamórficas do *Greenstone Belt* do rio Itapicuru, corresponde a pediplanos, morros, serras, tabuleiros, cuevas e vales cortados por drenagens da bacia hidrográfica do rio Itapicuru (Figura 2). Solo do tipo planossolo solódico eutrófico (Figura 3) sustenta a vegetação nativa de caatinga arbórea aberta com palmeiras e de contato cerrado-caatinga. Parte da vegetação nativa foi substituída por pastos e culturas cíclica.

Figura 2. Mapa Geomorfológico do Município de Teofilândia-BA



Fonte: Elaborado com base nos dados da CPRM. In: SIG-BA, 2015.

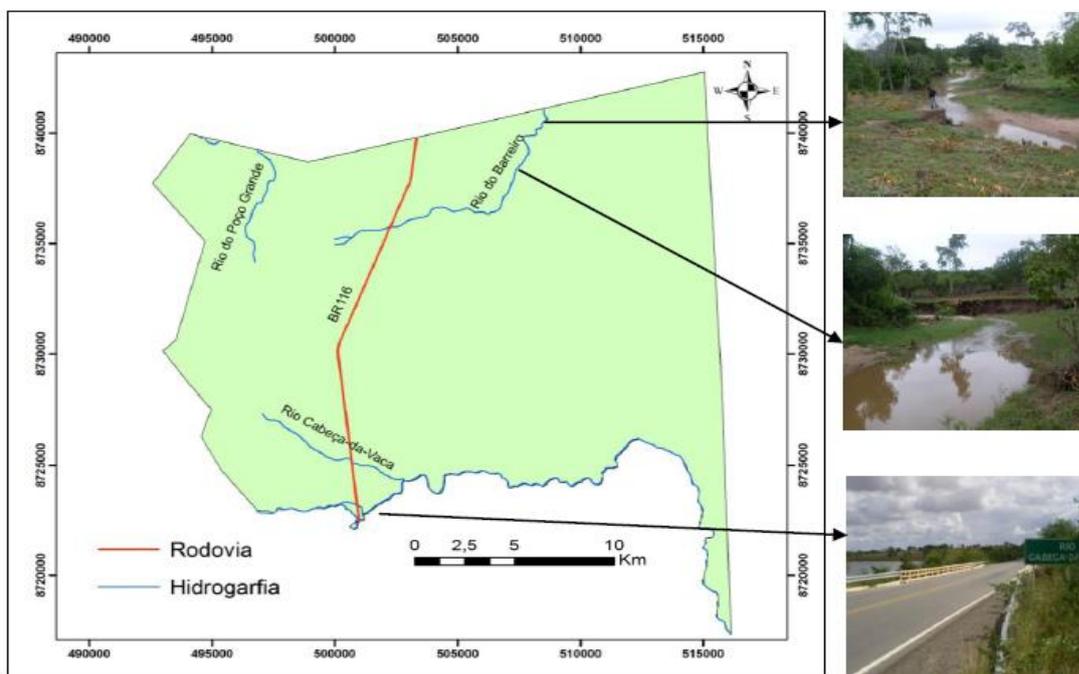
Figura 3. Mapa Pedológico do Município de Teofilândia-BA



Fonte: Elaborado com base nos dados SIG-BA, 2015.

A hidrografia caracteriza-se por intermitência de rios e riachos devido à má distribuição sazonal e espacial da chuva. Segundo Batista e Santos (2011), os principais rios são o rio do Barreiro e rio do Poço Grande, que divide o município com o território de Araci, e o rio da Cabeça-da-Vaca, que faz limite entre Teofilândia e Serrinha (Figura 4). Além disso, o município utiliza a capacidade de armazenamento de diversas barragens e açudes públicos, construídos para amenizar a escassez nos períodos críticos de secas. Porém, com o advento dos sistemas de abastecimento de água com distribuição por redes e construção de cisternas, o açude perdeu a sua finalidade inicial, tornando-se estrutura de drenagem de águas pluviais e utilizado na sua grande maioria para dessedentação animal e pesca. (Figura 5).

Figura 4. Hidrografia do Município de Teofilândia-BA.



Fonte: SRH (2003). Elaborado por BATISTA (2011)

Figura 5. Açude na comunidade Pé de Serra, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2015.

Outra característica da hidrografia do município, é que ela apresenta um divisor de águas que se estende no sentido leste a oeste fazendo com que os três principais rios deságuem em bacias diferentes. Os rios do Barreiro e do Poço Grande que estão na parte norte do divisor de água, fazem parte da bacia hidrográfica do rio Itapicuru. O rio da parte sul, rio da Cabeça-da-Vaca, faz parte da bacia hidrográfica do rio Jacuípe (BATISTA, 2011).

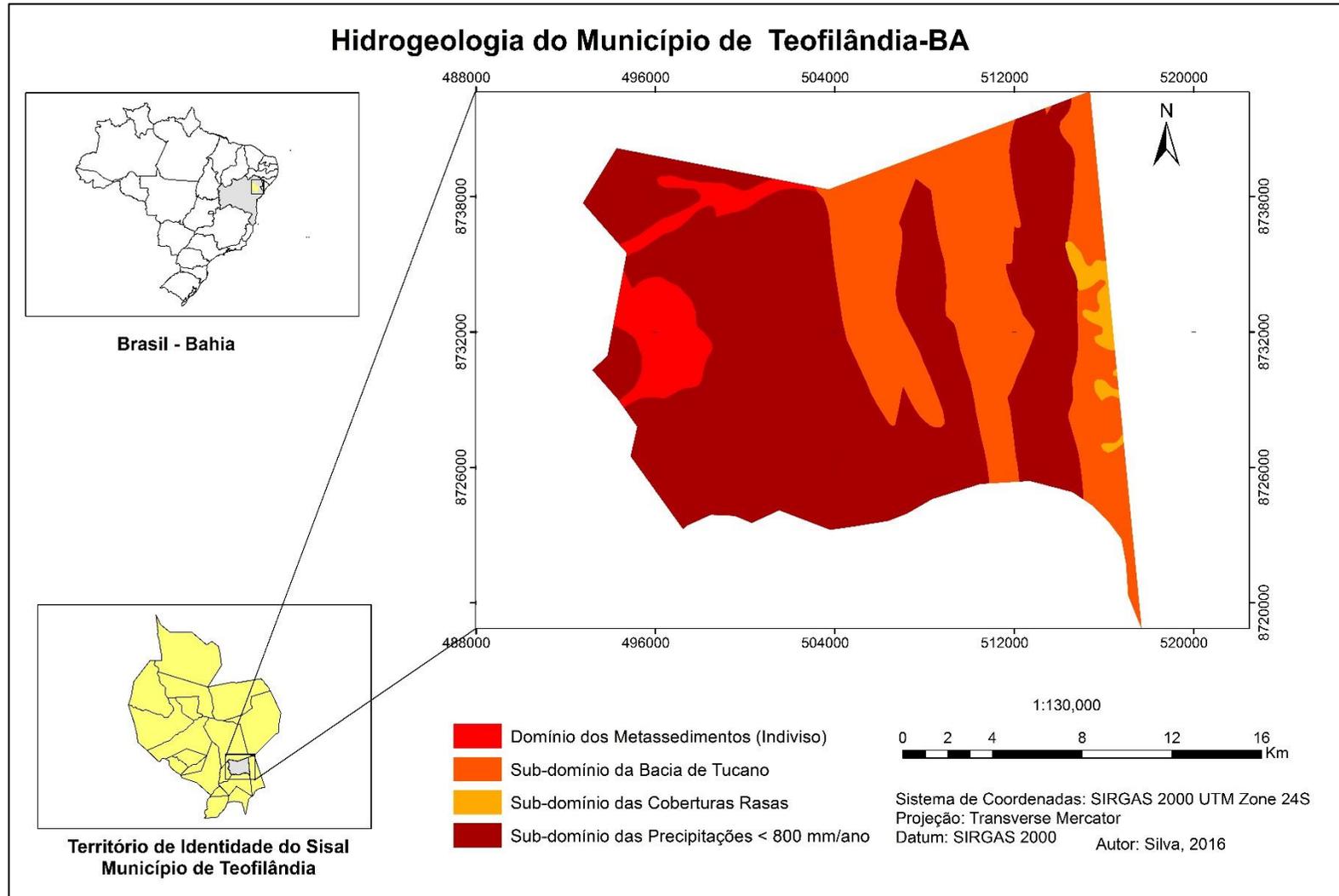
No Município de Teofilândia, podem-se distinguir três domínios hidrogeológicos: bacias sedimentares, metassedimentos/metavulcanitos e cristalino. As bacias sedimentares são constituídas por rochas sedimentares bastante diversificadas, e representam os mais importantes reservatórios de água subterrânea, formando o denominado aquífero do tipo granular (CPRM, 2005).

Em termos hidrogeológicos, estas bacias têm alto potencial, em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta permeabilidade de suas litologias, que permite a exploração de vazões significativas. Em regiões semiáridas, a perfuração de poços profundos nestas áreas, com expectativas de grandes vazões, pode ser a alternativa para viabilizar o abastecimento de água das comunidades assentadas tanto no seu interior quanto no seu entorno. Na área deste estudo, este domínio está representado por unidades geológicas da Bacia de Tucano Sul.

Os metassedimentos/metavulcanitos e cristalino têm comportamento de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nestes tipos de rochas, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão.

Uma parcela expressiva da região situa-se no subdomínio das precipitações inferiores a 800mm/ano (Figura 06). Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semiárido e do tipo de rocha é na maior parte das vezes salinizada (CPRM, 2005).

Figura 6. Subdomínios Hidrogeológicos do Município de Teofilândia-BA



Fonte: Elaborado com base nos dados SIG-BA, 2015.

As características geológicas no município são favoráveis, em maior proporção areal, à acumulação de água em reservatórios superficiais, como açudes e barreiros, considerando virtude do baixo grau de infiltração das rochas do embasamento do *Greenstone Belt* do Rio Itapicuru (BAHIA,2005).

Essas condições definem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa no abastecimento nos casos de pequenas comunidades; ou como reserva estratégica em períodos de prolongadas estiagens (CPRM, 2005).

Desta maneira, na área de estudo Araujo (2011), discutiu a importância dos reservatórios hídricos na região semiárida, assim como a identificação das áreas com potencialidades de escoamento e retenção de água.

De acordo com o autor, o uso dos recursos hídricos nestas regiões tem como principal direcionamento a busca pelo aproveitamento do volume d'água escoada superficialmente a partir do armazenamento em reservatórios superficiais e subterrâneos, imprescindíveis para o uso do homem em períodos de maior estiagem.

A geologia do município engloba rochas do complexo Santa Luz (Arqueano), da sequência vulcanossedimentar do *Greenstone Belt* do Rio Itapicuru, de granitoides (Paleoproterozóico) e de sedimentos Mesozóicos da bacia de Tucano.

Os litótipos do complexo Santa Luz, considerados como embasamento do *Greenstone Belt* do Rio Itapicuru afloram no extremo sudoeste do território, e estão representados por ortognaisses, migmatíticos, paragnaisses, quartzitos, metamáficas, calcissilicáticas e mármore. Na região noroeste do município, ocorre o *Greenstone Belt* do Rio Itapicuru constituído de rochas vulcanossedimentares, deformadas e metamorizadas durante o ciclo Transamazônico (CPRM, 2005).

Na área de estudo, as rochas do "*Greenstone*" estão agrupadas em uma unidade vulcânica máfica, basal, composta de metabasalto toleítico, tufo máficos, brechas de fluxo, formações ferríferas, metachert e metapelitos grafitosos. A unidade vulcânica félsica é constituída por rochas efusivas e piroclásticas metandesíticas, metadacíticas e metarriodacíticas. Granitos, granodioritos, tonalitos, monzonitos, dioritos e augengnaisse cedo a tarditectônicos, predominam em cerca de 50 % da região (CPRM, 2005).

A leste e a sudeste da área afloram os sedimentos da bacia de Tucano, representados por arenitos finos a conglomeráticos, conglomerados, folhelhos e calcilutitos, do (grupo Brotas Indiviso) folhelhos e siltitos, em parte calcíferos com intercalações de arenitos e carvão do grupo Santo Amaro Indiviso e intercalações de folhelhos e arenitos. Estão presentes margas, arenitos calcíferos, folhelhos carbonosos, siltitos e calcilutitos do grupo Ilhas.

Os açudes estão escavados sobre rochas graníticas pertencentes ao Domínio dos complexos granitoides deformados, correlatos ao Domo de Teofilândia. No entorno da área

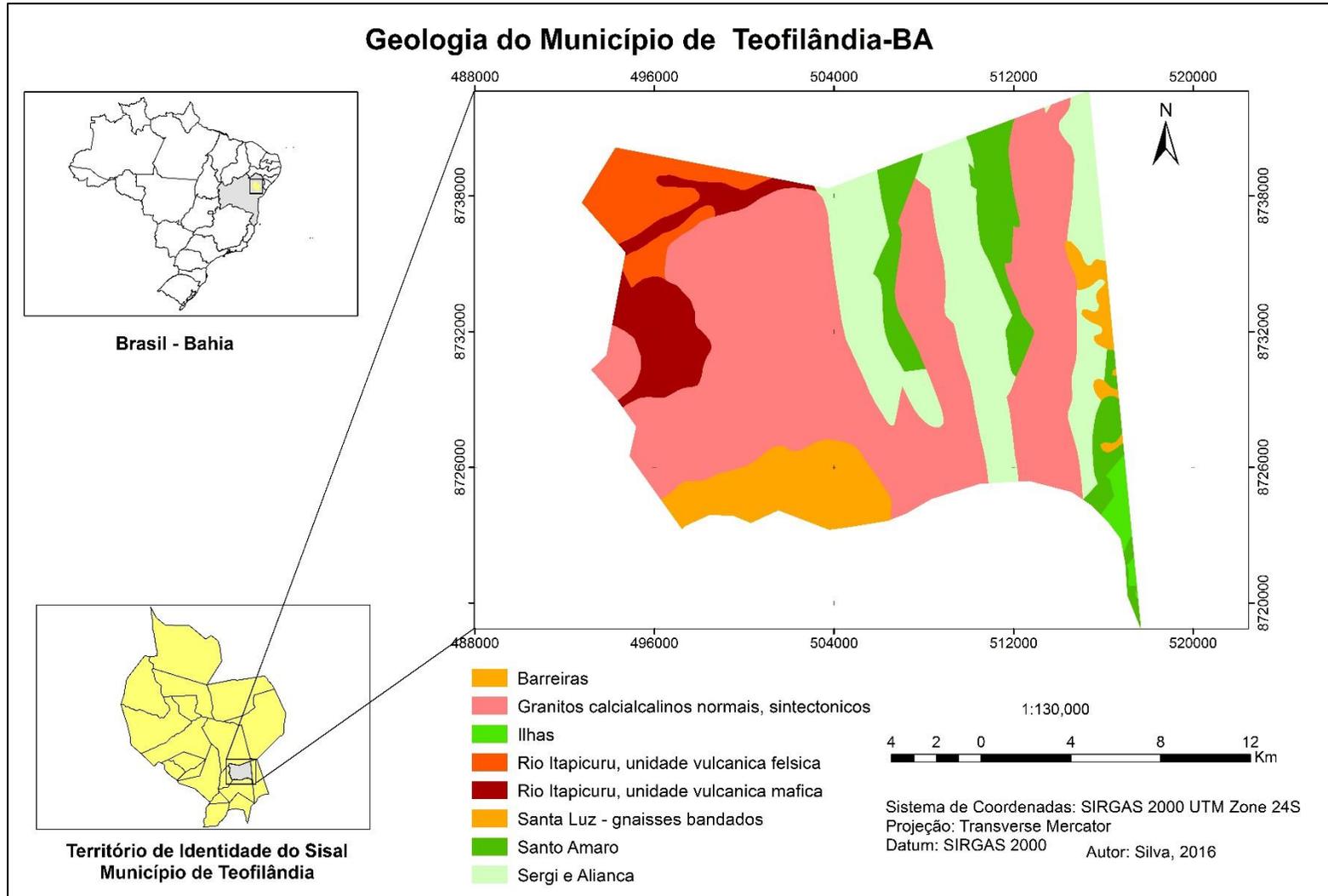
dos reservatórios essas rochas chegam a aflorar (Figura 7). Essa litologia define a granulometria grosseira (cascalho) do solo de alteração do local. A (Figura 8) ilustra um afloramento rochoso na área em estudo.

Figura 7. Detalhe de afloramento de rocha granítica, no Município de Teofilândia-BA.



Fonte: Santos, 2015.

Figura 8. Mapa Geológico do Município de Teofilândia-BA



Fonte: Elaborado com base nos dados da CPRM. In: SIG-BA, 2015.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente conceitua-se a Importância e Situação da Água; Interferências Antrópicas sobre a Qualidade de Água; Fontes de Poluição e suas implicações na Qualidade da Água; Metais Pesados em Ecossistemas Aquáticos; Parâmetros de Qualidade da Água e Açudes na Região Semiárida do Nordeste. Em seguida, foi abordado o Território de Identidade do Sisal e os Recursos Hídricos. Após isso, foi enfatizado a utilização das Geotecnologias no Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

3.1. A Importância e Situação da Água

A água se encontra presente em quase todos os lugares, denominando-se “molécula da vida”. Assim, segundo Branco (2003, p.42)

Sendo fator indispensável à vida dos seres terrestres a água é utilizada na irrigação dos solos, na dessedentação dos animais de criação e no abastecimento das cidades. Esse último uso é considerado o mais complexo abrangendo todas as qualidades que podem ser exigidas nos outros dois.

Considerada a substância mais abundante do planeta, a água recobre 2/3 da superfície terrestre. No entanto, cerca de 97,5% do total de água na Terra é salgada. Menos de 2,5% são doces e estão distribuídas entre as calotas polares (68,9%), os aquíferos (29,9%), rios e lagos (0,3%) e outros reservatórios (0,9%). Assim, apenas 1% da água doce pode ser aproveitado pela humanidade, o que representa 0,007% de toda a água do planeta (HIRATA, 2000; ANA, 2012).

O termo água refere-se, em regra geral, ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo recurso hídrico é a consideração da água como bem econômico, possível de utilização com tal fim. Entretanto, deve-se ressaltar que toda água da Terra não é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso ou utilização nem sempre tem viabilidade econômica (REBOUÇAS, 2006).

O Brasil encontra-se em uma posição privilegiada em relação a outros países quanto a quantidade de recursos hídricos. Estima-se que tenha aproximadamente 12% das reservas mundiais de água doce. O país possui uma grande quantidade de rios de grande porte e boa quantidade de água no subsolo. Entretanto, mais de 73% das bacias de água doce presente no país encontra-se na região amazônica que tem apenas 5% da população.

Assim, os outros 95% dispõem apenas de 27% desse potencial. As dimensões continentais e os contrastes climáticos, populacionais e socioeconômicos fazem com que o

Brasil presente, à semelhança do restante do mundo, uma distribuição irregular da quantidade de água para os diversos usos requeridos.

A crescente degradação do meio ambiente e a excessiva utilização dos recursos naturais pelo homem, principalmente a água, em processos de produção de bens e serviços e a desordenada disposição de efluentes residuais advindos desses processos resulta na diminuição da água potável disponível (PONTIERI et al, 2008; HUANG et al, 2013; NIELSEN et al, 2013). As principais causas desses processos estão relacionadas com a limitada gestão do uso do solo, da infraestrutura de água, práticas inadequadas de sustentabilidade urbana e baixo investimento (TUCCI, 2008).

Com a crescente expansão urbana aliada a falta de políticas públicas, torna-se cada vez mais constante o surgimento de problemas ambientais decorrentes do aumento de favelas e assentamentos irregulares em áreas de proteção de mananciais. “A rápida e precária expansão dos bairros periféricos está transformando a água de nossos córregos em um caldo de lama, esgotos e detritos” (MORETTI, 2004).

As carências nesses locais, devido principalmente à falta de infraestrutura adequada para atender as necessidades da população, a problemas relacionados à falta de saneamento, a deficiência dos assentamentos e a falta de equipamentos comunitários trazem consequências tanto para a saúde da população como no aspecto ambiental (MENDONÇA, 2004).

No que diz respeito aos impactos nos mananciais, estes trazem consequências diretas tanto para o meio natural, com alteração das características naturais do manancial, como para o homem, alterando assim a qualidade das águas e dificultando sua utilização para abastecimento, e ainda comprometem a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, principalmente, a existência normal da fauna aquática.

Nessa perspectiva, a água é um importante indicador da degradação do meio onde se encontra, pois, sua qualidade reflete qualquer ação que altere o equilíbrio do território (COUTO, 2005).

3.2. Interferências Antrópicas sobre a Qualidade da Água

Ao longo da história da humanidade, a qualidade da água sempre foi um fator determinante do bem-estar, não somente do ser humano, mas como de todos os organismos vivos. Uma das preocupações constantes sobre a segurança da água envolve a presença em potencial de poluentes químicos, incluindo compostos orgânicos, inorgânicos e metais, provenientes da indústria, centros urbanos e agricultura (MANAHAN, 2012).

Para Araújo e Santaella (2001) a qualidade da água é um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que possam atender aos múltiplos usos a que se destina. Hespanhol (2001) explicita que as condições geológicas, geomorfológicas, da cobertura vegetal, da rede de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres, das águas doces e das ações do homem, também são determinantes para a qualidade da água.

Tendo o aproveitamento dos recursos hídricos evidente relevância econômica no processo de desenvolvimento da região Nordeste, devido à escassez de água nos períodos de estiagem, a construção de reservatórios tornou-se absolutamente essencial. Apesar de tais construções terem como intuito a melhoria da qualidade de vida da população, que direta ou indiretamente utiliza esses recursos, elas estão afetando negativamente muitas pessoas e o meio ambiente, devido principalmente à interferência humana: crescimento acelerado da população, poluição dos mananciais, uso inadequado de irrigação, dentre outras ações humanas, são responsáveis pela contaminação dos corpos aquáticos e conseqüentemente sua inutilização (BARRETO & GARCIA 2010).

Conforme pontuam Molle e Cadier (1992), “Numa região submetida regularmente ao flagelo de secas dramáticas, o açude, reservatório de água oferta à vista, constitui uma reserva palpável e por isso adquiriu um valor simbólico, à margem da sua efetiva e concreta importância”. Desse modo, os reservatórios hídricos superficiais possuem grande importância socioeconômica nas regiões semiáridas devido o difícil acesso à água, tornando-os a principal fonte de manutenção das necessidades humanas e animais nos períodos mais críticos da seca.

Segundo MARIANI (2006), os reservatórios são detectores sensíveis de impactos antropogênicos, visto que são ecossistemas artificiais que integram as conseqüências do uso e ocupação do solo dentro de sua bacia de drenagem e por isso devem ser monitorados e geridos de modo a terem a melhor qualidade da água possível. As análises de qualidade da água dos reservatórios podem indicar impactos dos mais diversos tipos, a exemplo do lançamento de esgotos *in natura* no ambiente.

Como uma ferramenta importante na gestão dos recursos hídricos, a avaliação da qualidade da água, deve incluir o acompanhamento das tendências que se desenvolvem no espaço e no tempo, permitindo assim a identificação desses fatores antrópicos e naturais que determinam a qualidade das águas superficiais (BRODNJAK-VONCINA et al., 2002; ANDRADE et al., 2007; BOUZA-DEAÑO et al., 2008; LI et al., 2011).

A avaliação da qualidade da água, bem como a sua evolução espacial e temporal, só será possível por meio da implementação de programas de monitoramento sistemático, resultando em uma série de dados históricos que, no futuro, podem ser analisados a fim de estabelecer normas para sazonal e espacial distribuição. O Quadro 1 sintetiza alguns

trabalhos encontrados na literatura desenvolvidos a partir da avaliação da qualidade de água em açudes no Nordeste.

Quadro 1. Trabalhos desenvolvidos a partir da avaliação da qualidade de água em reservatórios hídricos no Nordeste.

AUTOR	TRABALHOS DESENVOLVIDOS
FONTES, 2015	Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro.
MAGALHÃES et al., 2014	Qualidade microbiológica e físico-química da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará.
VIEIRA, 2011	Qualidade da água de dois açudes públicos do Município de Petrolina, PE.
BARRETO & GARCIA, 2010	Caracterização da qualidade da água do açude Buri–Frei Paulo/SE.
BATISTA & FREIRE, 2010	Avaliação dos Níveis de Metais Pesados no Corpo Aquático do Açude Velho, Campina Grande – Paraíba
LIMA & GARCIA, 2008	Qualidade da água em Ribeirópolis: O açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira.
LUNA, 2008	Características espaços-temporais do sistema do Açude Acauã-PB, e seu atual Índice de estado Trófico.
SILVA, 2006	Caracterização da qualidade da água na Barragem do Perímetro Irrigado de Jacarecica I, Itabaiana- Sergipe.
BRITO et al., 2005	Avaliação da qualidade das águas de açudes nos municípios de Petrolina e Ouricuri, PE e Canudos e Uauá, BA: estudo de caso.
CARNEIRO, 2002	Análise do estudo de impacto ambiental e qualidade da água – O caso do Açude Atalho – Brejo Santo.

Elaborado pelo autor, 2016.

3.2.1. Fontes de Poluição e sua implicação na Qualidade da Água

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/2005, a poluição da água é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa importar em prejuízo à saúde, bem-estar das populações e, ainda, comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, especialmente, a existência da fauna aquática (BRASIL, 2005).

Entende-se por poluição toda a alteração artificial das qualidades físicas, químicas e biológicas naturais de uma água ou, mais precisamente, uma deterioração que a distancie das normas (MACIEL FILHO & NUMMER, 2011).

Segundo Von Sperling (2005a), a poluição das águas é a adição de substâncias ou de formas de energia que direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo hídrico, prejudicando os legítimos usos que dele são feitos.

Nesse aspecto Santos (2013), pontua que um poluente é uma substância presente em concentrações maiores que a natural, resultado da atividade humana, que tem um efeito final nocivo no ambiente ou em algo de valor nele. A poluição decorre a partir da interação das 5 principais esferas ambientais (ar, água, solo, vida e tecnologia) e essas mesmas esferas também são sujeitas à poluição. Resíduos descartados de maneira inadequada são lixiviados para as águas e acabam por contaminar os corpos hídricos nos seus compartimentos, água, sedimento e organismos.

Segundo Maciel Filho & Nummer (2011) “Contaminada é a água que contém organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou resíduos radioativos”. Portanto, a poluição de corpos hídricos superficiais é um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, causando efeitos negativos para a saúde ambiental e prejudicando a manutenção das condições básicas de qualidade d'água para seus diversos usos.

A poluição tem origem principalmente no lançamento de esgotos domésticos, de resíduos agropastoris e industriais, assim como pode ser causada por detritos do solo que são incorporados a água durante escoamento superficial e por infiltrações naturais de mananciais subjacentes a solos contaminados. Como consequência, podem ocorrer problemas de saúde na população, causados por ingestão de alimentos e pelo contato direto com esta água, que pode veicular agentes nocivos químicos ou biológicos (LEITE, 2004). A poluição altera as características da água enquanto a contaminação pode afetar a saúde do consumidor da água. Assim uma água pode estar poluída sem estar contaminada (MANOEL FILHO, 2000).

Sempre se deve considerar a existência de uma carga contaminante quando se fala em contaminação. Quando esta carga for superior a capacidade do meio ambiente depurá-la então ocorre uma contaminação, podendo esta também ocorrer devido a presença de metais pesados (ex. Fe, Mn, Zn, Cu) (KEMERICH et al. 2012) ou por metais alcalinos como (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) utilizados como fertilizantes, bem como o Nitrogênio e o Fósforo (FOSTER et al., 2006).

As fontes de poluição das águas podem ser pontuais (localizadas), quando a carga poluidora é lançada nos corpos d'água de forma concentrada, em determinado local, como é o caso das tubulações emissárias de esgotos domésticos e industriais, ou podem ser difusas (não pontuais), quando a carga poluidora é gerada em áreas extensas, alcançando um corpo d'água de modo disperso, não se determinando um ponto específico de introdução (Figura 9), como por exemplo, as águas do escoamento superficial ou de infiltração. A poluição das

águas superficiais por cargas pontuais ocorre intensamente no país (VON SPERLING, 2005a).

Figura 9. Esquema de poluição pontual e difusa.



Fonte: Von Sperling, (2005a).

Com relação à poluição das águas superficiais por cargas difusas, ela pode ter natureza urbana, rural ou atmosférica. Em áreas urbanas, a poluição difusa tem composição complexa de metais e óleos e sólidos, constituindo-se numa fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente for a coleta de esgotos ou mesmo a limpeza pública. Já na área rural, a poluição difusa é devida em grande parte à drenagem de precipitações pluviométricas a partir de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos (carreados quando há erosão do solo), aos nutrientes (nitrogênio e fósforo), aos defensivos agrícolas e aos resíduos da criação animal (MANSOR, 2005).

A grande expansão urbana e industrial traz como consequências, o comprometimento da qualidade das águas, devido, principalmente, à maior complexidade de poluentes que estão sendo lançados no ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população e indústrias (CETESB, 2007), acrescentando-se a estes lixões e resíduos hospitalares.

A poluição das águas pode aparecer de várias formas, sendo mais preocupantes aquelas que não podem ser detectadas pelos órgãos do sentido, sendo assim, na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características biológicas e físico-químicas, tais como alcalinidade, pH, sólidos totais dissolvidos e temperatura, que apresentam as impurezas e são os indicadores da qualidade da água (PINTO et al., 2009).

Ainda segundo Manahan (2012), algumas substâncias presentes na água podem ser utilizadas como indicadores de poluição aquática, pois revelam a presença de fontes

poluidoras, a exemplo, pesticidas em deflúvios agrícolas, bactérias coliformes termotolerantes ou fecais, que caracterizam a poluição por esgotos; drogas de uso farmacêutico e seus metabólitos e cafeína, que indica a contaminação com esgoto doméstico, entre outros.

As alterações na qualidade da água podem ocorrer, além das decorrentes de atividades antrópicas, por processos naturais ao longo do tempo e, ainda, em decorrência de processos bioquímicos (AWADALLAH, 2012). Estas atividades antrópicas e fatores naturais podem provocar aumento na quantidade de metais pesados no ambiente aquático, especialmente no ecossistema. A poluição por metais pesados no ecossistema aquático tem se tornado um problema mundial (MALIK, 2010; ABDEL BAKI, 2011).

3.2.2. Metais Pesados nos Ecossistemas Aquáticos

De acordo com estudos realizados por Ferreira et al. (2010), os metais pesados são elementos químicos (inclui metais e alguns semi-metais) cuja densidade apresenta-se superior a 4g/cm^3 , relativamente estável e não degradável. São geralmente tóxicos aos seres vivos, mesmo em baixas concentrações, sendo considerados poluentes.

Os metais podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de processos naturais ou de atividades antrópicas (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente (SEYLER & BOAVENTURA, 2003; PAULA, 2006; TORTORA 2006; AREND, 2010; LUCIA et al., 2010). Em se tratando do modo antrópico, por diversas fontes: a incineração de resíduos urbanos e industriais, a queima de biomassa, a combustão a carvão e óleo, as emissões veiculares, esgotos *in natura*, efluentes de indústrias, atividades agrícolas, e rejeitos de áreas de mineração e garimpos (CALMANO, 1996; MORAES & JORDÃO, 2002; PEREIRA 2007; GOMES & SATO, 2011).

Segundo Silva (2002), os metais pesados têm despertado grande interesse ambiental, principalmente pelo fato de não apresentarem caráter de biodegradabilidade. Isso faz com que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais, sendo o das águas naturais o seu principal meio de condução, podendo haver acumulação na biota aquática em níveis significativamente elevados.

Dentre os diferentes contaminantes químicos, o estudo dos metais pesados vem sendo considerado prioritário nos programas de promoção da saúde em escala mundial. Metais pesados como o cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), mercúrio, (Hg) zinco (Zn) podem ser citados como os mais estudados, devido a seus efeitos à saúde humana (Segura-Muñoz et al., 2002).

Alloway & Ayres (1997), destacam que uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais é a agricultura, através de: Impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); Pesticidas (Cu, As, Hg, Mn); Preservativos de madeira (As, Cu, Cr); Dejetos de produção intensiva de porcos e aves (Cu, As, Zn). Pinto (2005) cita ainda os lixiviados dos resíduos de baterias (Pb, Zn, Cd, Ni), pigmentos e tintas (Pb, Cd, Zn), uso médico (Cu, Zn,) e aditivos em combustíveis e lubrificantes (Pb).

Segundo, Sieguel (2002) do ponto de vista da bioquímica, alguns dos metais pesados são essenciais para funções vitais nos organismos, tais como: cobalto (Co), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), vanádio (V), estrôncio (Sr) e zinco (Zn). Porém em quantidades excessivas podem ser tóxicos. Outros elementos como o chumbo (Pb), cádmio (Cd) e o mercúrio (Hg), não são essenciais para nenhuma função bioquímica, sua acumulação pode causar graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar.

Uma importante característica biológica é que todos os metais têm potencial para tornarem-se tóxicos quando estão associados com outros elementos ou quando alcançam valores acima das concentrações limites (TAVARES, 2009; SANTOS, 2013). No Quadro 2 estão apresentados os efeitos dos metais provocados à saúde humana, segundo estudos realizados por Larson e Weincek (1994), Paoliello (2007) e a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos - EFSA (2009).

Quadro 2. Principais efeitos provocados à saúde humana pela ingestão de metais

Metal Pesado	Símbolo	Efeitos Nocivos
Arsênio	As	Intoxicação crônica provocando feridas, câncer de pele, danos a órgãos vitais, metabolismo anormal da glicose e diabetes, impactos negativos no desenvolvimento fetal e infantil.
Cádmio	Cd	Distúrbios imunológicos, enfisema pulmonar, disfunção renal e osteoporose.
Chumbo	Pb	Distúrbios em enzimas, febre, náuseas, alterações neurológicas.
Cobre	Cu	Hipotensão, icterícia, vômitos, coma e morte
Cromo	Cr	Tumores hemorrágicos, câncer.
Manganês	Mn	Lesões cerebrais, danos aos testículos e impotência.
Mercúrio	Hg	Lesões no sistema imunológico, neurológico, deformações no corpo, má formação do feto.
Zinco	Zn	Fisionomia empalidecida, anemia, diarreia.

Fonte: Larson; Weincek (1994); Paoliello (2007); EFSA (2009)

Devido a sua importância toxicológica e ecológica, os metais que geralmente são monitorados são: alumínio, cádmio, cromo, cobre, ferro, mercúrio, manganês, níquel, chumbo e zinco. Incluem-se também arsênio e selênio (que não são estritamente metais), além de outros metais tóxicos, como berílio, vanádio e molibdênio (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

3.3. Parâmetros de Qualidade da Água

Em virtude da necessidade de garantir a potabilidade da água, a governança das águas, a sociedade civil organizada, e as demais esferas de governo (estaduais e federal) passaram a preocupar-se com a qualidade das águas disponibilizadas, o que gerou reflexos legislativos, que culminaram na Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A legislação apresenta como um de seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e define como um de seus instrumentos o enquadramento de corpos hídricos em classes de acordo com os usos preponderantes da água. O enquadramento em classes visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais preponderantes a que forem destinadas, levando em consideração as características de salinidade, bem como minimizar as despesas de combate à poluição hídrica.

Dentro deste panorama, a Resolução CONAMA Nº 357/2005 vem sendo constantemente atualizada – alterada por meio da Resolução CONAMA 430/11 e possui grande destaque tendo em vista que atualizou a Resolução CONAMA 20/86 e, atualmente, determina em âmbito nacional os diversos parâmetros para o enquadramento dos corpos hídricos brasileiros, sendo uma ferramenta importante e decisiva para o monitoramento da qualidade da água, além de ser um referencial para a gestão dos recursos hídricos, dividindo as águas em três tipos:

- I. águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %
- II. águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %
- III. águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %

A classe "especial" é apta para uso doméstico sem tratamento prévio, enquanto o uso doméstico da classe IV é restrito, mesmo após tratamento, devido à presença de substâncias que oferecem risco à saúde humana.

No Quadro 3 está apresentada a classificação dos cursos de água em função de seus usos preponderantes, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/05. A classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (Merten & Minella, 2002).

Quadro 3. Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA N° 357/05.

Classe	Usos
Classe Especial	a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
Classe 1	a) abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. e) proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas.
Classe 2	a) abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e) dessedentação de animais.
Classe 4	a) navegação; b) harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA 357/05. Elaborado pelo autor, 2016

Ainda de acordo com essa resolução são listados mais de 100 parâmetros de qualidade de água, sendo 11 nas condições de qualidade e o restante nos padrões de qualidade, englobando 34 elementos inorgânicos e 54 orgânicos. A definição de padrão na Resolução CONAMA N° 357/2005 é: “valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente” (CONAMA, 2005). Os padrões representam presenças, concentrações e formam um conjunto de parâmetros nos quais são impostos limites de concentrações de poluentes (que podem ser superiores ou inferiores dependendo da natureza do parâmetro), e servem de base comparativa para análise de uma amostra de água, cujos resultados dos exames de concentrações serão confrontados a fim de verificar se a qualidade da água está de acordo para um determinado uso específico.

A condição de qualidade das águas define a qualidade apresentada por um corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às classes de qualidade. Sendo que para cada classe, o controle de qualidade é feito

por intermédio de um conjunto de medidas operacionais que visam melhoria e conservação da qualidade de água estabelecida para o corpo hídrico, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05.

As concentrações são expressas comumente em mg.L⁻¹ (NASCIMENTO, 1998). São apresentados na Tabela 1 os parâmetros de qualidade da água que foram utilizados neste trabalho e, quando possível, as concentrações naturais bem como os seus padrões e limites estipulados para as classes de usos, além das definições encontradas em literaturas diversas (Quadro 4).

Tabela 1. Parâmetros ambientais de qualidade de água doce (Resolução CONAMA Nº 357/05)

Águas Doces					
Parâmetro	Unidades	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Salinidade	-	≤0,50 ‰	≤0,50 ‰	≤0,50 ‰	≤0,50 ‰
Cloreto	mg.L ⁻¹	250	250	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
OD	mg.L ⁻¹	≥6	≥5	≥4	≥2
DBO	mg.L ⁻¹	≤3	≤5	≤10	-
Coliforme Termotolerante	mL	≤200 em 80% de 6 amostra/ano	≤1000 em 80% de 6 amostra/ano	≤2.500 contato secundário ≤1.000 animais confinados ≤4000 demais uso	-
Turbidez	(UNT)	≤40	≤100	≤100	-
Cádmio total	mg.L ⁻¹ Cd	≤0,001	≤0,001	≤0,01	-
Chumbo total	mg.L ⁻¹ Pb	≤0,01	≤0,01	≤0,033	-
Cobre dissolvido	mg.L ⁻¹ Cu	≤0,009	≤0,009	≤0,013	-
Cromo total	mg.L ⁻¹ Cr	≤0,05	≤0,05	≤0,05	-
Manganês total	mg.L ⁻¹ Mn	≤0,1	≤0,1	≤0,5	-
Níquel total	mg.L ⁻¹ Ni	≤0,025	≤0,025	≤0,025	-
Zinco total	mg.L ⁻¹ Zn	≤0,18	≤0,18	≤5,0	-

* Na CLASSE ESPECIAL deverão ser mantidas as condições naturais dos corpos de água.

Segundo, Piveli e Kato (2005), são classificadas como parâmetros físicos (turbidez, sólidos totais, suspensos e dissolvidos), químicos (DBO, OD, pH, fósforo e nitrogênio), e bacteriológicos (coliformes totais e coliformes fecais).

Quadro 4. Definição de Parâmetros de Qualidade de Água

Parâmetros		Definição
Físicos	Temperatura	A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2009)
	Turbidez	A turbidez de uma amostra de água está relacionada com o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, causada pela presença de sólidos em suspensão, tais como areia, silte, argila, detritos orgânicos, algas, bactérias, plâncton, entre outros. Turbidez elevada reduz a fotossíntese de vegetação, enraizada, submersa e de algas, em decorrência da diminuição da disponibilidade de luz, levando a redução da produtividade de peixes, bem como afeta a eficiência do processo de desinfecção da água. A turbidez afeta também os usos: doméstico, industrial e recreativo de uma água (ANA, 2012).
	Condutividade Elétrica	A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2009)
Químicos	Cloretos	O cloreto é o ânion Cl ⁻ que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. O restante é expelido pelas fezes e pelo suor (WHO, 2015). Tais quantias fazem com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam mg.L ⁻¹ .
	Potencial Hidrogeniônico (pH)	O pH representa a concentração de íons de hidrogênio, dando a indicação sobre a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Possui a faixa de 0 a 14. Esta concentração decorre de dissolução das rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e da fotossíntese, e de origem antropogênica proveniente dos despejos domésticos e despejos industriais. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas, via solubilização, que são tóxicas para organismos aquáticos, tais como metais pesados (BRASIL, 2013; LAJO et al., 2012).

Químicos	Oxigênio Dissolvido (OD)	O oxigênio dissolvido (OD) é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2007). As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese, enquanto que as perdas podem ocorrer devido ao consumo para decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como ferro e manganês (ESTEVES, 1998).
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})	A DBO _{5,20} é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável, durante um período de tempo de 5 dias, numa temperatura de incubação específica de 20°C (CETESB, 2009; VON SPERLING, 2007). Um elevado valor da DBO produz sabores e odores desagradáveis na água, obstrui os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água, sendo um parâmetro importante no controle da eficiência das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos (MACÉDO, 2009).
	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	A demanda química de oxigênio representa a quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica contida na água. Usada como um indicador de poluição (NBR 9896/1993). Sendo a quantidade necessária para oxidar a matéria orgânica de uma amostra expressa em mg de O ₂ por litro. (NBR 9896/1993; CETESB, 2009). Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO _{5,20} , sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2009).
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	Os micro-organismos patogênicos humanos presentes em fezes de indivíduos contaminados podem atingir o meio ambiente aquático através dos esgotos domésticos. Sua presença em grandes quantidades indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos (<i>Escherichia coli</i>) que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (GARCIA & ALVES, 2006; LAJO <i>et al.</i> , 2012).
Metais Pesados	Cádmio (Cd)	O cádmio é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente, de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar local. Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1 mg.L ⁻¹ (CETESB, 2009).
	Chumbo (Pb)	O chumbo é considerado um metal pesado indiferente das definições utilizadas para esta designação, dentre as principais definições tem-se a classificação de metal pesado apenas para elementos que apresentam massa específica acima de 3,5 g.cm ⁻³ , sendo o chumbo um metal com massa específica maior que 10,0 g.cm ⁻³ . Outras definições de metal pesado consideram a massa

Metais Pesados		atômica, sendo o sódio (massa atômica 23) dado como referência, ou consideram o número atômico, sendo o cálcio (número atômico 20) como referência (LIMA E MERÇON, 2011).
	Cobre (Cu)	O cobre tem vários usos, como na fabricação de tubos, válvulas, acessórios para banheiro e está presente em ligas e revestimentos. Na forma de sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é usado como algicida. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2009).
	Cromo (Cr)	O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contém entre 1 e 10 mg.L^{-1} de cromo. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa ($< 1 \text{ mg.L}^{-1}$). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno (CETESB, 2009).
	Manganês (Mn)	O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ ou menos (CETESB, 2009).
	Níquel (Ni)	O níquel e seus compostos são utilizados em galvanoplastia, na fabricação de aço inoxidável, manufatura de baterias Ni-Cd, moedas, pigmentos, entre outros usos. Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$; valores elevados podem ser encontrados em áreas de mineração (CETESB, 2009).
	Zinco (Zn)	Naturalmente, o zinco ocorre em rochas na forma de sulfetos e está presente em solos. Em águas superficiais, as concentrações não excedem $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, e nas subterrâneas são inferiores a $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$. Esse metal é produzido primariamente na mineração e está presente na combustão de madeiras, na incineração de resíduos em siderurgia, na produção de cimento, cal e gesso, além de atividades agropecuária. Ele é usado na produção de tubulação galvanizada resistente à corrosão, em soldas e produtos de ferro. Alguns pesticidas são constituídos por compostos orgânicos de zinco (CETESB, 2009; IGAM 2005).

Fonte: NBR 9896/1993; ESTEVES, 1998; IGAM 2005; GARCIA & ALVES, 2006; VON SPERLING, 2007; CETESB, 2009; MACÊDO, 2009; LIMA E MERÇON, 2011; ANA, 2012; LAJO et al., 2012; BRASIL, 2013; WHO, 2015

3.4. Açudes na Região Semiárida do Nordeste

Os desafios quanto ao uso e preservação dos recursos hídricos no Nordeste brasileiro são maiores que em qualquer outra região. Nessa região, os recursos são limitados e têm como agravantes diversos fatores, dentre os quais: a baixa pluviosidade, a concentração do período de chuva em poucos meses do ano, a intensa taxa de evaporação e a prevalência de solos pouco espessos sobrepostos a formações cristalinas. Tais fatores dificultam a formação de lençóis freáticos, ocasionando uma pequena acumulação hídrica em tais regiões (GARJULLI, 2003; PEREIRA et al, 2011; BECKER et al, 2013).

Assim, a principal solução adotada na região para disponibilizar água nos períodos de estiagem é a construção de açudes, constituindo uma política que vem sendo implantada pelo poder público há várias décadas, que atuam de forma a armazenar água para os períodos de secas, além de regularizar as vazões dos corpos d'água na região (ANA, 2012).

No contexto dos açudes, há uma diversidade de termos para defini-los (barreiro, tanque, açudeco, barragem, represa etc.), além de uma grande variabilidade com relação à capacidade de armazenamento (MOLLE e CADIER, 1992). Em função do volume de água armazenado (V) e da capacidade de resistir aos períodos de extrema escassez de água, o Centro de Estatística e Informação - CEI (1984) classifica os açudes, conforme o quadro 5.

Quadro 5. Classificação dos açudes, conforme o CEI (1984).

Porte	Volume Armazenado (m ³)
Pequeno	$V < 100.000 \text{ m}^3$
Médio	$100.000 \text{ m}^3 < V < 10 \text{ milhões m}^3$
Grande	$V > 10 \text{ milhões m}^3$

Fonte: CEI (1984). Elaborado pelo autor, 2016.

De acordo com esta classificação, a grande maioria dos açudes construídos na região pode ser classificada como pequeno, os quais associados às condições climáticas, como altas taxas evapotranspirométricas e baixas precipitações, favorecem o aumento da concentração de solutos, afetando a qualidade das águas para diferentes usos.

Segundo Molle e Cadier (1992), o grande açude trata-se de um reservatório perene (quando pouco ou não utilizado) e geralmente público. Os grandes açudes de regularização do semiárido, projetados para enfrentar vários anos consecutivos de seca, garantem, na maioria das vezes, proteção contra períodos secos excepcionais. Destinados a usos múltiplos,

esses açudes estão normalmente associados ao desenvolvimento da bacia onde estão inseridos, exercendo, assim, papel preponderante no balanço oferta versus demanda dos recursos hídricos (MENESCAL et al., 2004).

Segundo Paiva (1982), a construção de açudes de maior porte no Nordeste brasileiro se iniciou na época do segundo império, sendo o primeiro grande açude o Cedro, no município de Quixadá, Ceará. A construção destes reservatórios se intensificou a partir de 1944 a 1945 quando houve um grande e drástico período de estiagem.

A formação de estoques de água, através da construção de açudes e barragens a partir da utilização das águas superficiais e subterrâneas é de fundamental importância para as populações rurais e urbanas, e para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária. Se, por um lado, as barragens de grande porte são construídas para garantir o abastecimento das populações e a implementação de grandes perímetros de irrigação, por outro, os pequenos e médios açudes podem permitir uma produção agrícola de auto sustentação a nível de pequeno produtor, desde que explorados por meio de um dimensionamento hídrico adequado e de uma política de manejo racional (MOLLE e CADIER, 1992).

Os açudes constituem-se em equipamentos de transformação e de adaptação das potencialidades naturais às demandas regionais. Portanto, o número de reservatórios de uma região dependerá da disponibilidade espaço-temporal dos seus recursos hídricos (MENESCAL et al., 2004).

O Brasil possui a maior rede de açudes do mundo, sendo que a grande maioria encontra-se na região nordeste do país com quase 70.000 reservatórios e com um volume armazenado de cerca de 37 bilhões de m³ de água. Os açudes multiplicam-se com métodos construtivos cada vez mais avançados feitos com aprimoramento e rigor técnico por engenheiros brasileiros (S.O.S RIOS DO BRASIL, 2010). Segundo Suassuna (2012) no Nordeste, os pequenos e médios açudes, com volumes compreendidos entre 10.000 m³ e 200.000 m³, representam 80% dos corpos de água nos estados.

3.5. O Território de Identidade do Sisal e os Recursos Hídricos

Considerado pelo Governo Estadual por meio do Decreto nº 12.354, de 25 de agosto de 2010, o Território de Identidade do Sisal abrange uma área de 21.256,50 Km², sendo composto por 20 municípios: Barrocas, Biritinga, Conceição do Coité, Ichu, Lamarão, Retirolândia, Santa Luz, São Domingos, Tucano, Araci, Candéal, Cansanção, Itiúba, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quijingue, Serrinha, Teofilândia e Valente (BAHIA, 2007a; BAHIA, 2010).

O desenvolvimento humano e social é relativamente baixo, característica marcante na maioria dos municípios situados da região semiárida nordestina. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Território é de 0,60 estando inferior à média nacional que é de 0,73. A população total do território é de 582.331 habitantes, dos quais 333.149 vivem na área rural, o que corresponde a 57,21% do total, representando a 3,5% território do Estado da Bahia (SEPLAN, 2014), sendo 63% da população com características essencialmente rurais, contando com 52 mil famílias de agricultores familiares. Já 37% da população apresenta características urbanas. A principal atividade econômica da região é o cultivo do sisal (*Agave sisalana Pierre*). Cultura esta que, desde a década de 40, do século passado, é explorada comercialmente gerando emprego e renda (CONAB, 2013; CODES, 2008).

O Território de Identidade do Sisal, apresenta uma temperatura média anual oscilando entre 26° a 28°C, com pluviosidade anual entre 400 mm a 800 mm. Essa precipitação pluviométrica é periódica e irregular, concentrando 70% das chuvas em apenas dois ou três meses do ano (entre novembro e junho), (BAHIA, 2011; CODES SISAL, 2010; SEI, 2009). Frequentemente é submetida a dois períodos chuvosos anuais: um com um longo déficit hídrico seguido de chuvas intermitentes, e outro no verão, com chuvas torrenciais e altas taxas de evapotranspiração e insolação em função da grande disponibilidade de energia no sistema, contribuem para a prioridade de ocorrências de secas, o que dificulta em muito e, até impede, a regularidade das atividades agropecuárias (AB'SÁBER, 1974; SILVA, 2005; BAHIA, 2007a; LOBÃO, 2013).

Essas condições climáticas adversas dificultam a atividade produtiva e a sobrevivência da população, especialmente, em longos períodos de estiagem, quando os índices pluviométricos caem para 200mm e 400mm. Nestes níveis pluviométricos, o armazenamento de água e, praticamente, todas as atividades agropecuárias são inviabilizadas. Em média, os longos períodos de estiagem se repetem a cada 12 anos, e duram entre dois e cinco anos (CODES SISAL, 2010).

O principal bioma do Território do Sisal é a caatinga e seu tipo singular de vegetação xerófila tropical, com um conjunto de árvores e arbustos espontâneos, densos, baixos, retorcidos, leitosos, de aspecto seco, de folhas pequenas e caducas sobre as outras formas de resistência às deficiências hídrica (RAMALHO et al., 2009; MMA, 2014)

Com relação aos recursos hídricos, o Território tem como principal fonte de recursos hídricos superficiais o Rio Itapicuru, banhando os municípios de Nordestina, Tucano, Queimadas, Santa Luz, Araci, Itiúba e Cansanção. Ao todo, o Rio Itapicuru atende a 13 municípios do Território do Sisal. Os demais municípios encontram-se inseridos nas bacias hidrográficas do Rio Paraguaçu (10 municípios), do Rio Inhambupe (5 municípios) e do Recôncavo Norte (1 município). Além dos rios principais, o Território do Sisal usufrui os

recursos hídricos de 18 rios secundários, e 41 riachos/ribeirões temporários (BAHIA, 2007a, 2011).

No ano de 2005 o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), aprovado pela Resolução CONERH nº 01/05, redefiniu a regionalização dos recursos hídricos estaduais, com base em unidades de gestão: as Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA's). O Território encontra-se inserido em quatro RPGA's, dentre elas, três de gestão estadual: Recôncavo Norte, Rio Itapicuru, Rio Paraguaçu; e uma de gestão compartilhada com o estado de Sergipe: Rio Vaza-Barris. Localizada a sudeste, a bacia do Recôncavo Norte, se estende sobre os tabuleiros e a Depressão. A bacia do Rio Itapicuru, alongada com sentido do curso principal de Oeste para Leste é a mais representativa no Território, sendo responsável pela dissecação do relevo e fundamental na utilização antrópica, que tem na bacia um importante recurso hídrico para as atividades agropastoris e de abastecimento humano (CERQUEIRA, 2015).

Em função das condições climáticas é comum a construção de barragem e barreiros, pelos agricultores do Território do Sisal, para armazenamento e fornecimento de água aos animais, dentre outras finalidades. O Quadro 6 apresenta a relação dos açudes de grande porte públicos por município, no Território de Identidade do Sisal, construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Quadro 6. Relação de açudes públicos por município no Território de Identidade do Sisal

Reservatório	Capacidade 1000 m ³	Bacia Hidrográfica Estadual	Finalidade	Construção		Município
				Início	Término	
Açude Romulo Campos	146.819	Bacia do Itapicuru	Abastecimento humano, irrigação	1948	1956	Itiuba
Açude Araci	65.839	Bacia do Itapicuru	Abastecimento humano, irrigação	1956	1965	Araci
Açude Valente	4.640	Bacia do Paraguaçu	Abastecimento humano, irrigação	1937	1940	Valente
Açude Tapera	2.404	Bacia do Itapicuru	Abastecimento humano, irrigação	1920	1922	Santa Luz
Açude Riacho da Onça	2.290	Bacia do Itapicuru	Abastecimento humano, irrigação	1912	1919	Queimadas
Açude São Domingos	1.966	Bacia do Paraguaçu	Abastecimento humano, irrigação	1963	1967	São Domingos

Fonte: GUERRA, 1990. Elaborado pelo autor, 2016

A água localizada no subsolo do Território do Sisal, em sua maioria, é caracterizada por apresentar um nível elevado de salinidade, e, em alguns casos, imprópria para o consumo animal. O solo no Território do Sisal é, predominantemente, raso, sílico-argiloso, seco, quase sem humos, pedregoso e pobre em nutrientes básicos. Associado às limitações climáticas e ao substrato geológico cristalino, rico em sais, as águas tornam-se salobras, de sabor desagradável para os humanos e para os animais. No entanto, em momentos de longa seca, a utilização da água salobra é inevitável e obrigatória (CODES SISAL, 2010).

O substrato geológico cristalino [...] ocupa uma vasta área, torna-se o responsável pelo teor de sais, que dissolvidos pelas águas de origem pluvial incorpora-se às águas superficiais e subterrâneas, fato que se agrava com a elevada evaporação da água no solo, motivada pelas altas temperaturas existentes [...] (CODES SISAL, 2006, p. 13).

3.6. Geotecnologias no Gerenciamento dos Recursos Hídricos

O uso das geotecnologias funciona como um condicionante facilitador para análise e estudos de planejamentos, estruturação e propostas de qualquer configuração e em qualquer que seja o ambiente aplicado. Podendo ser definida como:

“A arte e a técnica de estudar a superfície da terra e adaptar as informações as necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos. Fazem parte das Geotecnologias o Processamento Digital de Imagens (PDI), a Geoestatística e os SIGs” (SILVA, 2003, p.35)

Dias et al. (2004) apontam que a tecnologia geoprocessamento vem provando ser uma ferramenta valiosa em vários trabalhos relacionados a recursos naturais como os recursos hídricos. Em análises ambientais pode ser utilizado, entre outras finalidades, para acompanhamento de alterações naturais (FLORENZANO, 2002); estudos de impactos ambientais (COSTA, 1997) entre outros estudos.

Diversos trabalhos que utilizam o geoprocessamento como ferramenta para o estudo, o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos são encontrados na literatura. Um dos exemplos é o trabalho de Carelli (2011) que utilizou o geoprocessamento aplicado à análise de impactos ambientais na modelagem da qualidade de água da Bacia Olhos D'Água em Feira de Santana-BA. Outro exemplo, o trabalho de Santos et.al (2014), que buscou estabelecer relações entre a análise da qualidade da água superficial do Rio Subaé-BA e a influência do uso e ocupação do solo em seu entorno.

Antes do advento dos SIGs, a obtenção de parâmetros mais complexos como declividade, comprimento da hidrografia, trajeto de escoamento superficial, área de

contribuição, entre outros, para grandes extensões era dificultada, sobremaneira, pelo volume de trabalho, limitando, assim, aplicações potenciais de análise de drenagem. Além disso, a ausência de padrões tornava virtualmente impossível o armazenamento e o compartilhamento desse tipo de informações analógicas. Dentre as vantagens de se adotar abordagens automatizadas para tais processos, destacam-se a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados, que podem então ser organizados e facilmente acessados sob a forma de bases de dados digitais (SAUNDERS, 1999).

Diante dos aspectos abordados, reafirma-se a importância dos estudos envolvendo o monitoramento dos recursos hídricos que, nas últimas décadas, têm sido incrementados com a utilização de uma tecnologia relativamente nova, o geoprocessamento, objetivando avaliar a real abrangência destes impactos que visem alertar os órgãos públicos competentes sobre esta realidade e até mesmo modificá-la.

Neste trabalho, utilizou-se como técnica de geoprocessamento a classificação de imagens supervisionada a fim de diagnosticar o uso e cobertura da terra e identificar os possíveis corpos d'água a serem avaliados na área de estudo.

O objetivo da classificação de imagens em sensoriamento remoto é identificar as feições na imagem, isto é, traduzir os diversos padrões de energia eletromagnética refletida em classes de cobertura terrestre (LILLESAND e KIEFER, 1994). Nesta classificação pode genericamente identificar classes de cobertura terrestre tais como água, solo exposto, etc.

De acordo com Meneses & Almeida (2012), a classificação de imagens de satélite facilita a compreensão e extração de informações expressas na mesma, que podem ser convertidas em mapas, modelos, tabelas ou gráficos. Diversos métodos de classificação podem ser empregados à imagem para o estabelecimento de classes, como os de classificação visual, paramétrica e não-paramétrica, classificação espectral e espacial, e classificação supervisionada ou não supervisionada.

A classificação supervisionada consiste em selecionar amostras representativas para cada uma das classes que se deseja identificar na imagem (Figura 10). Segundo Boggione (2005) as classes podem ser descritas por uma função densidade de probabilidade, portanto, descrita por parâmetros estatísticos. Estes parâmetros são estimados por meio do conjunto de amostra de treinamento previamente selecionados. Nesse caso, a função densidade de probabilidade será usada como um critério de decisão sobre a qual classe um pixel pertence, e conseqüentemente como ele será classificado.

Para implementação da classificação supervisionada o analista, a partir do conhecimento da área ou por inferências, relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar. Nestas áreas são selecionadas amostras que são um conjunto de pixels considerados mais representativos das classes de interesse.

Figura 10. Representação da Classificação Supervisionada



Fonte: Adaptado de SCHOWENGERDT, 1983

Os classificadores podem ser divididos em "pixel a pixel" ou por regiões. Nos classificadores "pixel a pixel", são utilizados apenas a informação espectral de cada pixel para encontrar regiões homogêneas (CROSTA, 1992), e os classificadores por regiões, utilizam a informação espectral de cada pixel, além da informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos, reconhecendo áreas homogêneas (BORGES, 2009; MOREIRA, 2003)

No que refere-se a assinatura espectral, Moraes (2002, p.15) afirma que "o comportamento espectral de um objeto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como a assinatura espectral do objeto". E esta assinatura permite identificar e distinguir diferentes tipos de objetos na superfície terrestre uma vez que estes possuem características bio-física-química sendo denominado de espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético se estende desde comprimentos de onda muito curtos associados aos raios cósmicos, até as ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda (FLORENZANO, 2011; CABRAL, 2003; MORAES, 2002).

Desta forma podemos compreender como funciona a captura de informações feita pelos sensores, onde os objetos da superfície terrestre (vegetação, água, solo, entre outros) possuem características biológicas, químicas e físicas diferenciadas que refletem, absorvem e transmitem a radiação eletromagnética em proporções de comprimento de onda variados, o que permite distingui-los nas informações geradas pelos sensores. (FLORENZANO, 2011)

Segundo Meneses (2001), a reflectância é obtida pela razão espectral entre a radiância refletida da superfície do alvo e a irradiância incidente sobre essa superfície. Os diferentes materiais existentes na natureza exibem distintos comportamentos de reflectância, porque cada um absorverá ou refletirá maiores ou menores quantidades de radiação eletromagnética em função das suas diferentes constituições físicas, químicas e biológicas.

Diferente do solo e da vegetação, a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água não é refletida, mas absorvida ou transmitida (CABRAL, 2003). De acordo com

Noernberg et al. (1996), o estudo do comportamento espectral da água concentra-se, principalmente, na faixa espectral correspondente à faixa da radiação fotossinteticamente ativa, entre 350 e 700 nm.

Ao analisar os três estados físicos da água percebe-se que os comportamentos espectrais podem ser distintos. Segundo Moraes (2002):

O comportamento espectral da água líquida pura apresenta baixa reflectância (menor do que 10%) na faixa compreendida entre 0,38 e 0,7 μ m e máxima absorção acima de 0,7 μ m. O comportamento espectral de corpos d'água é modulado principalmente pelos processos de absorção e espalhamento produzidos por materiais dissolvidos e em suspensão neles, pois é verificado que a presença de matéria orgânica dissolvida em corpos d'água desloca o máximo de reflectância espectral para o verde-amarelo, enquanto que a presença de matéria inorgânica em suspensão resulta num deslocamento em direção ao vermelho (MORAES, 2002, p. 17).

As regiões afetadas por sombras têm um comportamento espectral muito próximo daquele apresentado por corpos d'água, dificultando a discriminação entre esses dois elementos (POLIDORIO et al., 2006). A água tem a característica de refletir uma parcela muito pequena da radiação eletromagnética incidida, pois a maior parte dessa energia radiante incidente é transmitida, absorvida e dispersada pela água.

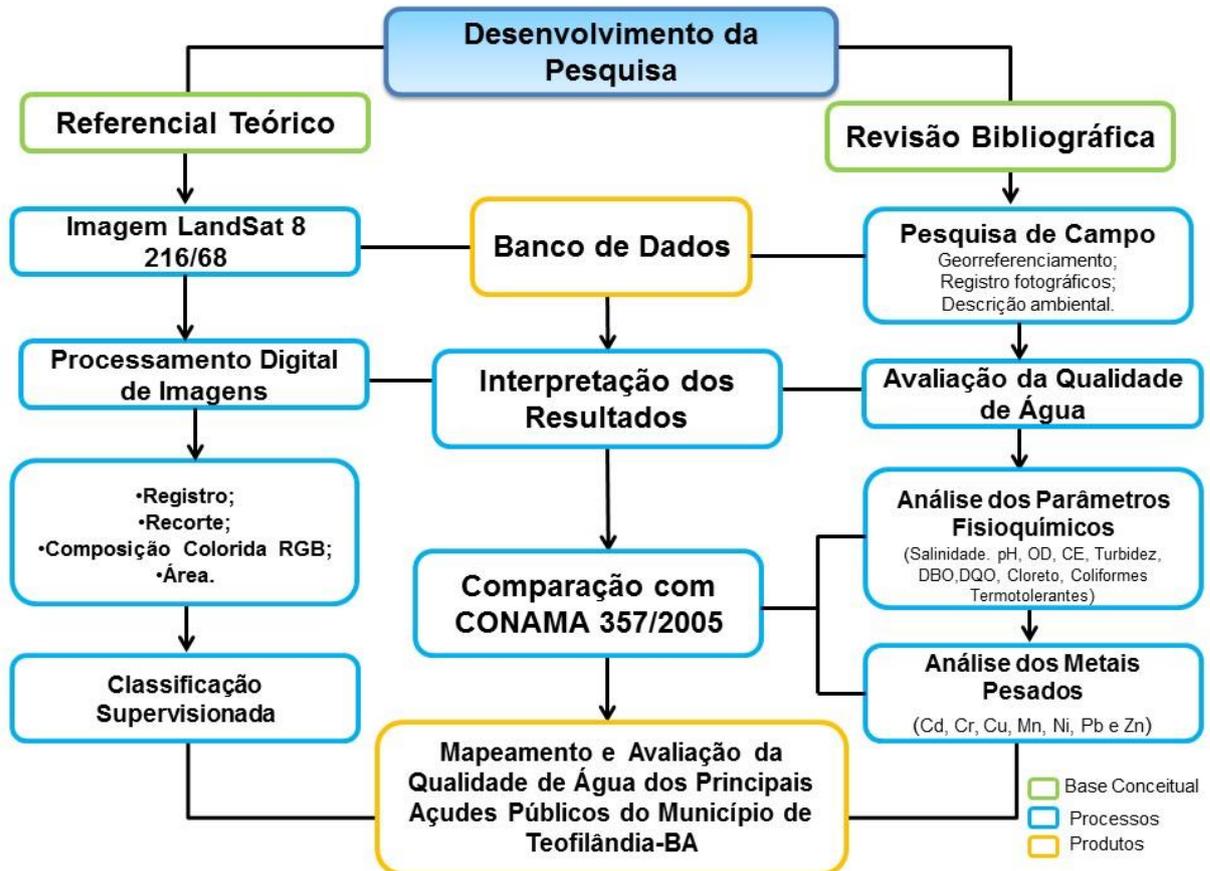
4. Metodologia Proposta

Objetivando avaliar a qualidade da água dos três açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, por meio dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais pesados, adotou-se como referencial teórico-metodológico a análise sistêmica, pois conforme Christofolletti (1999), onde existe interação de fluxos e componentes, constitui-se como um exemplo de sistema espacial complexo. O presente estudo se desenvolveu a partir das seguintes etapas:

1. Levantamento e análise de dados bibliográficos em teses, dissertações, artigos, periódicos, legislação vigente, entre outros, visando ao estudo da produção literária sobre o tema;
2. Interpretação de imagens LandSat 8, OLI para identificar os corpos d'água;
3. Pesquisa de campo (registros fotográficos, coleta das amostras, mapeamento da área com utilização do Sistema de Posicionamento Global - GPS);
4. Construção de um banco de dados com informações sobre os principais reservatórios hídricos e a qualidade da água;
5. Análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos químicos; (Potencial Hidrogeniônico - pH; Oxigênio Dissolvido - OD; Condutividade Elétrica - CE; Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO; Turbidez); microbiológico (Coliformes Termotolerantes – CTT) e metais pesados (MP): Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn.
6. Interpretação dos Resultados;
7. Comparação dos resultados com Resolução CONAMA 357/2005;
8. Conclusões e Recomendações.

As etapas da pesquisa se configuram esquematicamente da seguinte maneira (Figura 11):

Figura 11. Fluxograma Metodológico do Desenvolvimento da Pesquisa.



4.1. Materiais e Métodos

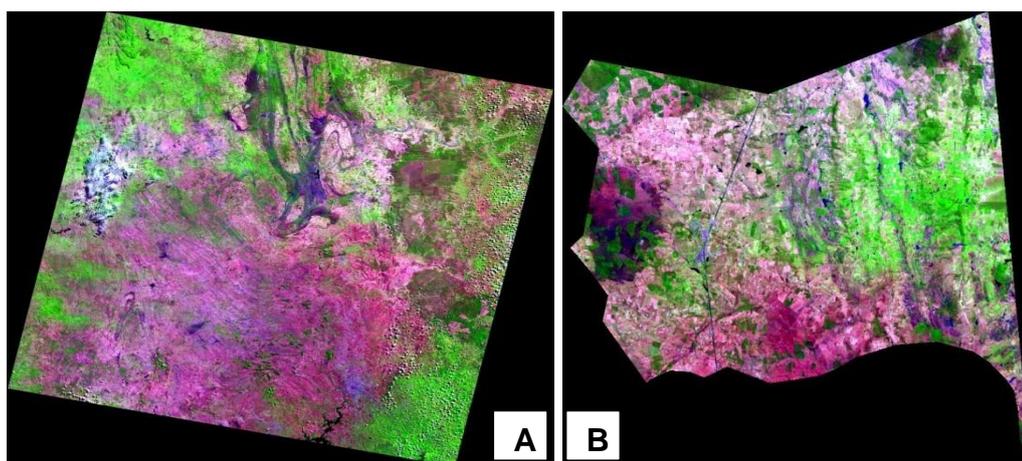
4.1.1. Aquisição e Processamento de Dados Orbitais

Para a construção do banco de dados orbitais, foram utilizados arquivos vetoriais, em formato *shape*, da área de estudo, adquiridos no Laboratório de Processamento de Imagens Georreferenciadas - LAPIG/PPGM/UEFS e imagens orbitais captadas pelo sensor Operacional Land Imager (OLI), instalado a bordo do satélite Landsat-8, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas no endereço eletrônico da *United States Geological Survey* (USGS) *Earth Explorer* (em formato geotiff).

Foram selecionadas cenas da órbita 216 pontos 68 referente aos anos 2014 a 2016 em distintos períodos. A cena para este trabalho foi captada na data de 10/05/2014 e a escolha desta deve-se ao fato que neste período houve uma menor cobertura de nuvens sobre a área de estudo.

Para o Processamento Digital das Imagens foram utilizados os *softwares* Envi, versão 5.8, IDRISI Kilimanjaro e ArcGIS, versão 10.3. No software Envi foi produzida a composição colorida falsa cor 5(R),4(G),3(B) que mostra mais claramente os limites entre o solo e a água, permitindo identificar os corpos d'água, os tipos de vegetação e as áreas urbanas. Após a composição colorida foi realizado o recorte da imagem produto dentro dos limites da área de estudo (Figura 12 A e B).

Figura 12. A. Imagem Colorida a partir da composição das bandas 5(R),4(G),3(B); B. Recorte da Imagem dentro dos limites do Município de Teofilândia-BA.



No IDRISI, foi realizada a classificação supervisionada, utilizando o classificador MAXVER (Máxima Verossimilhança) após serem testados outros algoritmos para a classificação (Fisher e Mínima Distância), a fim de identificar os possíveis corpos d'água existentes no município. O classificador MAXVER é baseado na ponderação das distâncias

entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (BRASIL, 2006).

No que concerne às áreas de treinamento para realização da classificação supervisionada, foram definidos polígonos com pelo menos 30 pixels em cada um deles (Manual do IDRISI, 2006). No processo de classificação supervisionada, para a delimitação das regiões de treinamento, utilizou-se de elementos interpretativos de textura, cor, forma e padrão (BLASCHKE, 2000). As classes foram nomeadas tendo como suporte o sistema de classificação do uso do solo e cobertura vegetal do IBGE (2006), sendo identificadas as seguintes classes: agropecuária, corpos d'água, área urbana, vegetação, solo exposto e sombras. Devido à existência de nuvens e suas respectivas sombras na imagem interpretada, tais classes foram consideradas na interpretação. Em seguida realizou-se a quantificação da área dos espelhos de água dos reservatórios para determinar o número de pontos de amostragens. Para a finalização do mapa de uso e ocupação e a construção do banco de dados foi utilizado o software ArcGIS. A definição do número de pontos a serem amostrados foi baseada em critérios estatísticos baseada na função binomial (CONGALTON e GREEN, 1999).

A função utilizada para estimativa do número de pontos amostrais é apresentada na (Equação 01):

$$n = \frac{Z_{(\alpha/2)}^2 * p * q}{e^2}$$

Onde:

$Z_{\alpha/2}$ é o valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado da distribuição normal (1,282 para 80% de confiança; 1,645 para 90% de confiança; 1,960 para 95% de confiança;), como mostra a Tabela 2;

“ p ” é a proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar;

“ $q = 1 - p$ ”; “ e ” é a proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que não estamos interessados em estudar (por exemplo, 0,01 corresponde a 10%).

Tabela 2. Cálculo de número de pontos a serem amostrados baseada na estatística de Congalton e Green (1999).

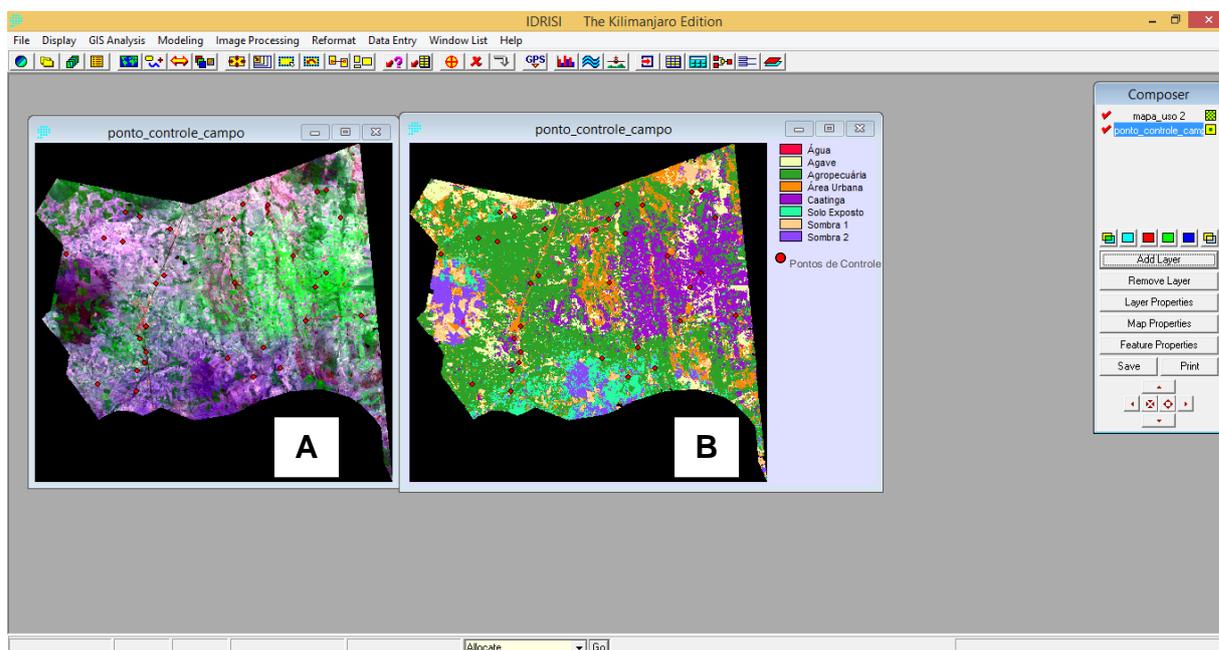
Área		e (%)	p (%)	q (%)
< 3 ha	$Z_{(0,1)} = 1,282$	15	2	98
3 a 5 ha	$Z_{(0,05)} = 1,645$	13	4	96
>5 ha	$Z_{(0,025)} = 1,960$	12	6	94

4.1.2. Coleta de Dados em Campo para a Validação da Classificação Supervisionada

Uma das preocupações em relação ao processamento automatizado de imagens de satélite é a questão de confiabilidade das interpretações. Existem várias formas de se obter a precisão dos mapeamentos. Richards (1996) definiu e discutiu a performance dos classificadores e a exatidão dos mapeamentos, considerando a amostragem de campo uma etapa fundamental dos trabalhos.

A coleta de dados de campo foi realizada com o objetivo de fazer um cruzamento de dados coletados na área de estudo com as interpretações das imagens de satélite. Os resultados foram integrados em um Sistema de Informações Geográficas (IDRISI) e elaborado um banco de dados com todas as informações coletadas em campo (rotas do GPS permitindo localizar o ponto de controle e associar as feições da imagem de satélite com o que foi registrado em campo) e o mapa final gerado na classificação (Figura 13).

Figura 13. Integração da imagem de satélite LandSat 8 com os pontos de GPS *in situ* para avaliação qualitativa da classificação;



A - Composição colorida da imagem Landsat 8 com os pontos de controle em campo;

B - Interpretação visual da classificação supervisionada com os pontos de controle em campo.

4.1.3. Validação da Classe Corpos D'Água

Para a realização da avaliação de acurácia da classificação produzida, foram coletadas as localizações de 33 pontos amostrais dos reservatórios hídricos superficiais levantados em campo com GPS. Para auxiliar na interpretação visual da classe corpo d'água, foi utilizado o Google Earth como ferramenta de apoio. Para analisar estatisticamente a confiabilidade dos dados foi utilizada uma Matriz de Confusão, que segundo Congalton (1991) consiste numa matriz quadrada de números definidos em linhas e colunas que expressam o número de unidades da amostra (pixels, grupos de pixels ou polígonos) atribuído a uma categoria particular relativo à categoria atual, conforme foi verificado em campo. Geralmente, as colunas representam os dados de referência, enquanto as linhas representam a classificação gerada a partir dos dados de sensoriamento remoto.

Considerando uma situação na qual se tem duas hipóteses em teste, expressadas por uma matriz 2x2 (Figura 14), a célula "a" evidencia a situação em que ambos os mapas estão corretos. A célula "b" indica que o mapa real é correto, mas o mapa interpretado está incorreto, portanto ocorre uma incompatibilidade de informações. A célula "c", ao contrário, indica que o mapa interpretado está correto e o mapa real incorreto. Finalmente a célula "d" indica compatibilidade de informações, pois em ambos os mapas a hipótese é falsa (BORGES, 2009).

Figura 14. Matriz explicativa do índice Tau

		Mapa Interpretado	
		SIM	NÃO
Mapa Real	SIM	a	b
	NÃO	c	d

Fonte: Borges (2009)

Na avaliação da qualidade da interpretação foi utilizado o índice Tau que é uma técnica discreta multivariada que expressa a correlação entre a verdade de campo e as imagens classificadas baseadas em probabilidades (NAESSET, 1996; ANTUNES e LINGNAU, 1997).

O coeficiente de concordância *Tau* baseia-se na probabilidade a priori (KLECKA, 1980). Expressa pela Equação 2:

$$\tau = \frac{P_o - P_r}{1 - P_r}$$

Onde,

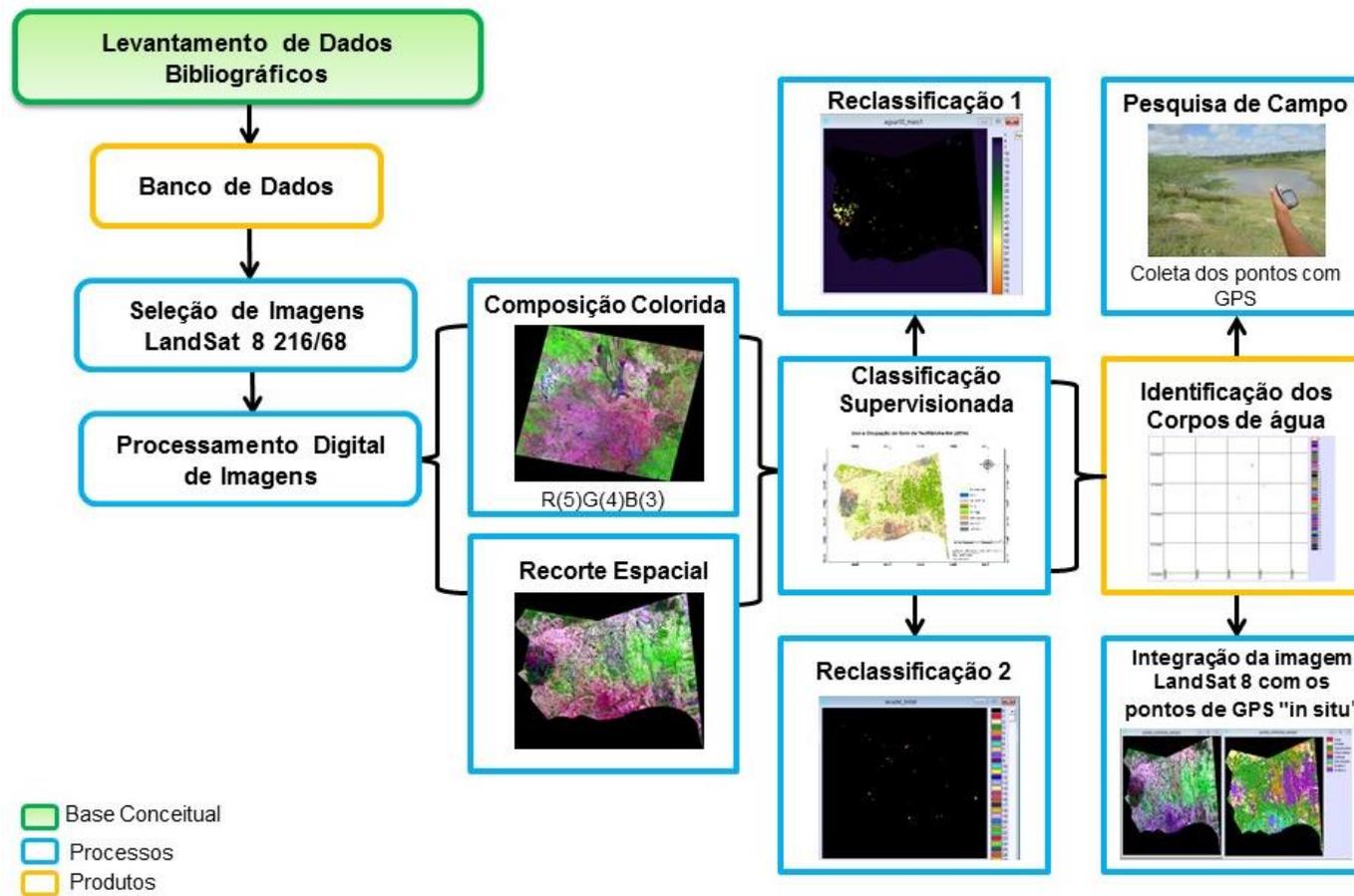
T representa o coeficiente concordância Tau;

P_o a proporção de pontos de verdades terrestres concordantes;

P_r é expresso por 1/n, onde n é número de categorias ou classes. A concordância esperada (P_r) pode ser obtida antes mesmo de elaborar a matriz de erros. Pode ser considerado, ainda, se a classificação das categorias foi efetuada com a mesma probabilidade ou não (MA & REDMOND, 1995).

O Fluxograma apresentado na Figura 15, mostra uma síntese dos passos descritos anteriormente, para obter a base de dados orbitais. O Quadro 7 a seguir demonstra os materiais e métodos utilizados para o Processamento Digital das Imagens.

Figura 15. Fluxograma metodológico para identificação dos corpos de água.



Quadro 7. Materiais e métodos utilizados para o Processamento Digital das Imagens.

DADOS SIG	FONTE	PROCESSOS	PRODUTOS	TÉCNICA	SOFTWARES APARELHOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limite municipal ➤ Mapas observacionais: Pedológico, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, vegetação. 	SIG-BAHIA IBGE	1. Recorte dos temas tendo como base o limite municipal	Mapas Temáticos	Máscara	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Global mapper ➤ Arc GIS
Imagem LANDSAT8 Cena 216/68, 2014.	USGS	1. Georreferenciamento	Imagem Georreferenciada	Registro	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ENVI ➤ Global mapper
		2. Composição Colorida (RGB)	Imagem Colorida	Falsa Cor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ENVI; ➤ IDRISI.
		3. Recorte da área	Mapa Temático	Máscara	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IDRISI;
		4. Classificação Supervisionada	Mapa de uso e cobertura do solo	Classificador Fisher; Mínima Distância; MAXVER.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IDRISI; ➤ ArcGIS.
		5. Separação de possíveis corpos d'água	Mapas temático	Reclassificação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IDRISI; ➤ ArcGIS.
		6. Cálculo das áreas	Medida em Hectares dos corpos d'água	Álgebra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IDRISI
		7. Número de amostra por corpo d'água	Definição dos pontos de coleta	Álgebra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excel
Pontos de Campo	GPS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquisição de pontos; 2. Registros Fotográficos; 3. Descrição Ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Localização dos principais reservatórios públicos; ➤ Identificação dos pontos de avaliação da qualidade de água. 	<p>Georreferenciamento;</p> <p>Observação da área em estudo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GPS ➤ Máquina Fotográfica

Elaborado pelo autor.

4.1.4. Dados de Precipitação

Os dados sobre a precipitação foram adquiridos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Município por não possuir uma estação meteorológica, os dados foram obtidos com base a estação meteorológica da cidade de Serrinha-BA, referentes a três períodos distintos: pré-chuva, pós-chuva e estiagem (seco). Estes dados foram utilizados nas interpretações dos resultados da avaliação da qualidade de água dos açudes públicos em estudo.

4.1.5. Pontos de Amostragem

Com o intuito de se analisar a qualidade da água dos principais açudes foi determinado o número de pontos a serem amostrados baseado em estatística (CONGALTON e GREEN, 1999), sendo: 2 (dois) no Tanque do Governo, 9 (nove) no Açude Matadouro Velho e 6 (seis) no Açude sentido a BR 116 S (Tabela 3). Além do reconhecimento da área de cada reservatório em estudo, a fim de se obter informações mais detalhadas sobre os aspectos ambientais.

Os critérios adotados para a seleção dos açudes públicos amostrados foram de acordo com os seguintes fatores: proximidade ao perímetro urbano, acessibilidade ao local, corpos hídricos receptores de efluentes domésticos, resíduos sólidos, e presença de moradias no entorno dos reservatórios. A distância entre os pontos foi definida a partir da margem de cada reservatório.

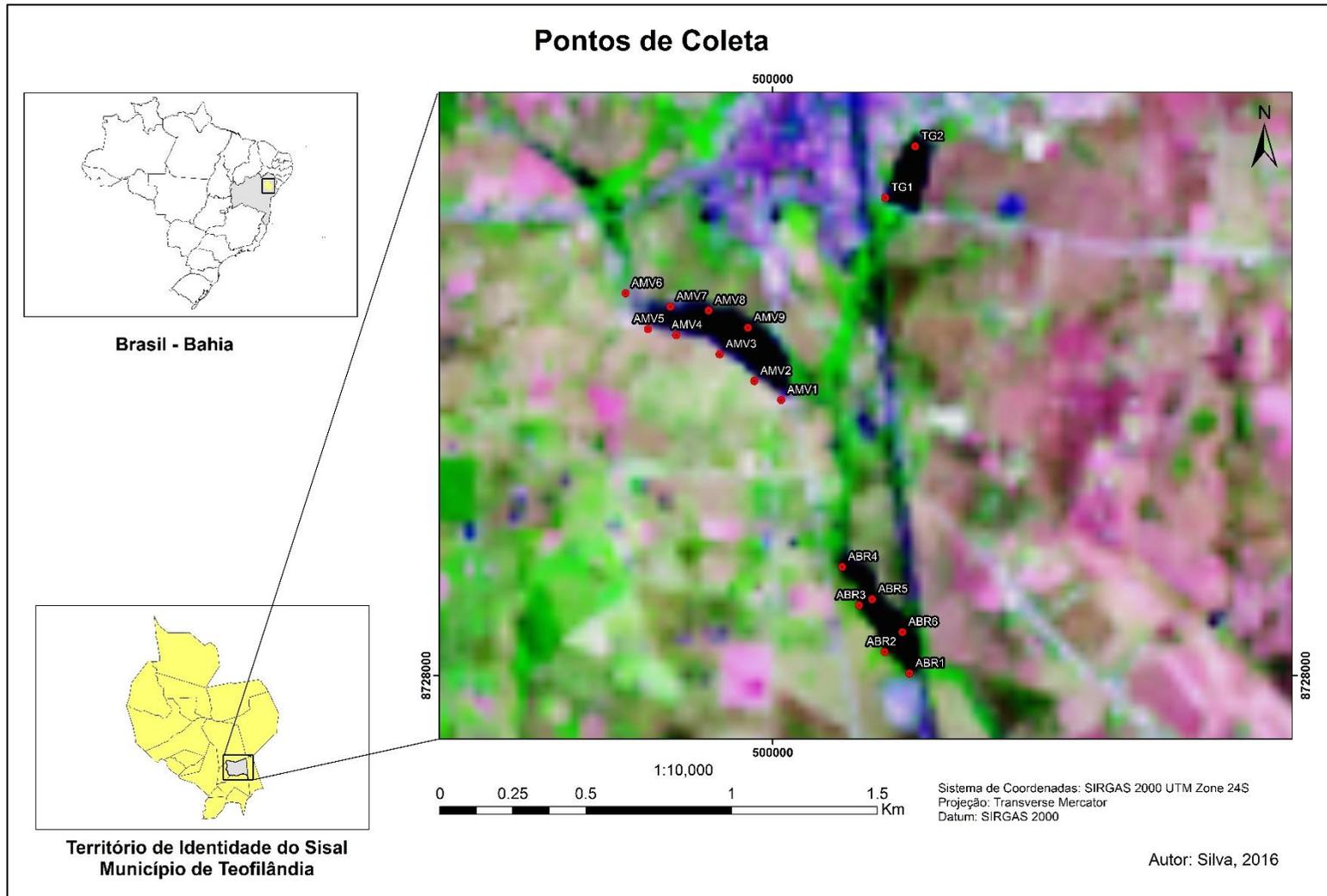
Todos os pontos foram georreferenciados com o auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global), registrando-se suas coordenadas no sistema métrico Universo Transverso de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000, identificando, assim, os pontos TG1, TG2, AMV1, AMV2, AMV3, AMV4, AMV5, AMV6, AMV7, AMV8, AMV9, ABR1, ABR2, ABR3, ABR4, ABR5 e ABR6 (Quadro 8), nos quais ocorreram a coleta d'água. Posteriormente foram realizadas as análises físico-químicas da qualidade da água *in situ*.

Tabela 3. Características dos reservatórios e número de pontos amostrais.

LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS		ALT.	ÁREA ha	Nº DE PONTOS
	(UTM)				
Teofilândia (Tanque do Governo)	500511	8729888	335m	2.61	2
Teofilândia (Açude Matadouro Velho)	500083	8728968	338m	6.48	9
Teofilândia (Açude sentido BR 116 S)	500505	8728052	349m	4.41	6

Neste sentido, um total de 17 (dezesete) pontos foram georreferenciados e distribuídos ao longo dos reservatórios na área de estudo (Figura 16).

Figura 16. Pontos de amostragem da qualidade da água dos principais reservatórios hídricos superficiais públicos, Teofilândia-BA.



Fonte: Elaborado com base nos dados SIG-BA (2015) e Imagem LandSat 8 (2014).

Quadro 8. Laicização e descrição dos pontos de amostragem com fotos dos açudes em estudo no município de Teofilândia-BA.

PONTOS	COORDENADAS (UTM)		DESCRIÇÃO	FOTOGRAFIA
TG1	500386	8729627	Localiza-se a margem da estrada sentido a Comunidade Bola Verde, em um ponto mais distante do local que recebe os aportes sanitários.	
TG2	500489	8729802	Localiza-se na comunidade Patos, a aproximadamente 150 m da rede emissária de esgoto.	
AMV1	500029	8728938	Localiza-se na estrada sentido do sítio a margem esquerda do açude.	
AMV2	499937	8729003	Localiza-se a margem esquerda do açude próximo ao sítio a aproximadamente 100 m do ponto AMV1.	
AMV3	499818	8729094	Localiza-se entre duas cercas a aproximadamente 100 m do ponto AMV2.	
AMV4	499669	8729159	Localiza-se depois do tanque a aproximadamente 100 m do ponto AMV3.	
AMV5	499572	8729180	Localiza-se a margem esquerda do açude a aproximadamente 100 m do ponto AMV4.	

AMV6	499495	8729302	Localiza-se no sentido a Olaria no canal de drenagem.	
AMV7	499649	8729256	Localiza-se a margem direita do açude em frente a cerca divisória da roça.	
AMV8	499780	8729243	Localiza-se próximo a barra de concreto na margem direita do açude.	
AMV9	499915	8729184	Localiza-se próximo ao canal de irrigação a aproximadamente 100 metros do ponto AMV8.	
ABR1	500469	8728007	Localizado à jusante do lixão perto de um canal que drena as águas para o outro lado da pista da BR.	
ABR2	500384	8728081	Encontra-se à jusante do lixão a aproximadamente 100 metros do ponto ABR1	
ABR3	500296	8728239	Encontra-se à montante do lixão	
ABR4	500238	8728370	Localiza-se próximo à criação de porco na margem direita.	

ABR5	500341	8728260	Localiza-se aproximadamente a 150 metros do ponto ABR4.	
ABR6	500445	8728148	Localiza-se próximo da cerca, saída sentido a pista da BR.	

4.1.6. Procedimentos de Amostragem

Para cada ponto de amostragem foram realizadas 3 (três) campanhas de coleta de águas superficiais, ocorridas no ano de 2016 entre o período pré-chuva, pós-chuva e estiagem (seco), sendo o mês de maio (pré-chuva), junho (pós-chuva) e novembro (seco).

Os métodos de adotados neste trabalho para as coletas, preservação, e análise das amostras seguem a padronizações descritas no *Standart Methods for Water and WastEwater Examination* (APHA, 2005).

A qualidade da água foi analisada por meio de parâmetros físico-químicos (Salinidade, Cloreto, Potencial Hidrogeniônico - pH; Oxigênio Dissolvido - OD; Condutividade Elétrica - CE; Temperatura; Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO; Turbidez) e microbiológico (Coliformes Termotolerantes – CT) e metais pesados (MP): Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn.

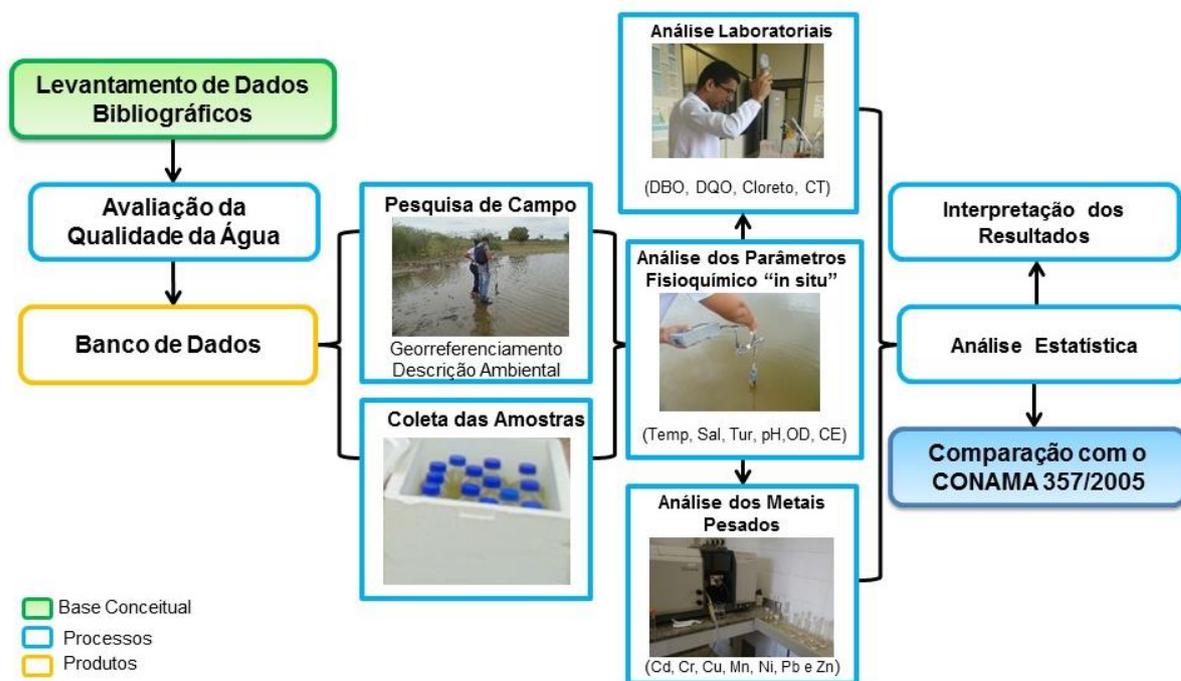
Cabe ressaltar que a escolha dos parâmetros físico-químicos e microbiológico neste trabalho, foram realizados com base em estudos anteriores sobre a qualidade de água em açudes (LIMA & GARCIA, 2008; BARRETO & GARCIA, 2010; MAGALHÃES et al., 2014).

Os metais investigados foram selecionados levando-se em consideração, o possível efeito tóxico que poderiam causar risco à biota e a saúde da população caso estejam em concentrações elevadas, e também devido às características dos efluentes lançados no entorno da área de estudo, que contribuem para o aporte de metais no ambiente (LARSON & WEINCK 1994; PAOLIELLO, 2007; EFSA, 2009; BATISTA & FREIRE, 2010; SILVA et. al, 2014).

A determinação dos metais pesados foi realizada em um Espectrofotômetro de Absorção Atômica por chama (EAA), obtido a partir de dados disponibilizados pelo Laboratório de Tecnologia e Saneamento (LABOTEC-UEFS). Os resultados encontrados foram comparados com os teores máximos permitidos (TMP) pela Resolução N° 357/05 do Conselho

Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005). Os procedimentos desta etapa seguirão os passos conforme o fluxograma (Figura 17) para obter a base de dados das amostras de água superficial.

Figura 17. Fluxograma para obter a base de dados das amostras de água superficial.



4.1.7. Análises *In Situ* e Laboratoriais

A avaliação da qualidade de água dos reservatórios no município de Teofilândia envolveu dezessete parâmetros julgados necessários para refletir possíveis impactos de atividades antrópicas. Foram seis parâmetros medidos "*in situ*" com a utilização de instrumentos portáteis (Quadro 9).

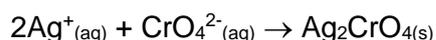
Quadro 9. Parâmetro, Equipamentos e Normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água *In Situ*.

Parâmetros	Equipamentos	Marca/Modelo	Normas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salinidade; ➤ pH; ➤ Oxigênio Dissolvido; ➤ Temperatura ➤ Condutividade Elétrica 	Multiparâmetro	OAKTON 600 séries	Standard Methods – 21ª ed
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Turbidez 	Turbidímetro	Instruthem TD 300	

Fonte: Adaptado de CARELLI, 2011

Os onze parâmetros restantes foram analisados no Laboratório de Tecnologia e Saneamento (LABOTEC-UEFS), onde as amostras foram devidamente preparadas e analisadas pelo autor da pesquisa com o auxílio dos técnicos. Todas as amostras foram envasilhadas em recipientes fornecidos pela instituição e feitas a 30 cm da superfície da água para se evitar possíveis contaminações antrópicas. Em seguida foram demarcadas e mantidas refrigeradas no isopor no prazo máximo de vinte e quatro horas entre a coleta e a entrega no laboratório.

A fim de obter dados apurados sobre a salinidade da água dos açudes, foi realizada a determinação deste parâmetro através do cloreto que representa a medida mais importante do seu componente. A metodologia utilizada na análise de cloreto se baseia na volumetria de precipitação, usando o dicromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador e o nitrato de prata ($AgNO_3$) como titulante, baseando-se no método de Mohr. O ponto final da titulação é identificado quando todos os íons Ag^+ tiverem se depositado sob a forma de $AgCl$, logo em seguida haverá a precipitação de cromato de prata (Ag_2CrO_4) de coloração marrom-avermelhada, de acordo com a reação:



A determinação de cloreto foi realizada adicionando 50,0 mL da amostra que foi intitulado ao nitrato de prata ($AgNO_3$) padronizado de concentração 0,0282 mol/mL.

O cálculo da concentração molar (mol/L) do cloreto é expresso: $M_{Cl^-} = M_{Ag^+} \times V_{Ag^+} / V_{Cl^-}$

Onde,

M_{Cl^-} = corresponde a concentração em mol/L da solução problema;

M_{Ag^+} = Concentração em mol/L da solução titulante;

V_{Ag^+} = Volume utilizado da solução titulante;

V_{Cl^-} = Volume utilizado da solução problema.

Cálculo da concentração em mg/L: Cl^- (mg/L) = $M_{Cl^-} \times 35,5$ g/mol

Para as análises da DBO e da DQO, as amostras foram coletas em frasco de teflon com capacidade para 1 L. As análises do DBO, foram feitas conforme o Método Respirométrico, na estufa de marca WTW OxiTop®, modelo Thermostat cabinet for 12 BOD OxiTop® systems e a leitura foi realizada após 5 dias de incubação, a 20°C. A DQO, analisada por meio da inoculação de túbulos múltiplos, utilizando-se uma série de 5 tubos para cada volume inoculado. O princípio da análise de DQO consiste na oxidação química da matéria orgânica presente numa amostra em meio ácido, utilizando-se o ácido sulfúrico (H_2SO_4) um agente oxidante forte em excesso, o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), sendo a reação catalisada por sulfato de prata (Ag_2SO_4). Na determinação da DQO retirou-se 2 mL de

amostra bruta que foi transferida para frascos de reação, aos quais foram adicionados 1,5mL de solução digestora e 3,5 mL de solução ácida e colocadas nos tubos de reação. Após a adição dos reagentes os tubos foram tampados e levados para a chapa digestora de DQO até atingir a temperatura de 150°C por 2 horas. Em seguida as amostras foram resfriadas e a quantidade de dicromato não reduzido ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) era avaliada pelo método titulométrico, ao passo que pelo método colorimétrico avaliava-se a quantidade de cromo reduzido (Cr III), conforme descrito no *Standard Methods* (APHA, 2005). No método colorimétrico a leitura da absorbância foi feita a 600 nm, sendo as amostras transferidas do frasco de reação para um tubo de leitura de uso exclusivo no espectrofotômetro 600 Plus, marca Fomento, sendo o resultado expresso em mg de O_2/L . A concentração de DQO foi calculada a partir de curva de calibração feita utilizando-se KHP – hidrogenoftalato de potássio ($\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$) como padrão.

Para as análises de coliformes fecais, as amostras de água coletadas foram acondicionadas em frascos de vidros de 100 mL autoclavados, contendo solução de Tiosulfato de sódio para eliminar alguns interferentes que pudessem estar presentes na amostra. As amostras foram diluídas de 10^5 a 10^{-3} inoculadas em meio de cultura e incubadas a 35°/37°C durante 24 horas, em estufa de Cultura (FANEM, modelo 002 CB) e para quantificar os Coliformes por 100 mL, foi utilizada a tabela de Número Mais Provável (NMP).

O procedimento utilizado foi o do meio cromogênico *Colilert*®. Para identificar as bactérias coliformes e E. Coli, seguiram os procedimentos com dois nutrientes indicadores, ONPG (orto-suavemente até a homogeneização do meio; nitrofenil-galactopiranosídeo) e MUG (4-methyl-umbelipheril- meio de cultura, sendo a presença de *Escherichia coli* detectada pela b-D-glucuronide. Os coliformes totais metabolizam o ONPG, e com isso a amostra incolor passa a amarela, enquanto que os coliformes fecais metabolizam o MUG gerando fluorescência quando a amostra é submetida à luz UV de 365 nm. O Cálculo do Valor NPM corresponde ao código no *Standard Methods* X 10/maior volumes inoculado selecionado para compor o código.

As amostras para análise dos metais: Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Zn e Ni foram coletadas em garrafas de vidro âmbar de 1 L de capacidade contendo 5 ml de HNO_3 (a 65%). As análises destes metais foram feitas em triplicatas, retirou-se 125 mL de cada amostra, indiciou 2,5 mL de ácido clorídrico (50%) e 0.5 mL de ácido nítrico (50 %) e colocou-se na placa de aquecimento, à 80°C, até atingir 25 mL. Após essa pré-concentração, as amostras foram filtradas em membranas GFC - 0.47 μm , e realizada a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica por chamas, sendo que resultado foi expresso em de mg.L^{-1} .

As recomendações quanto ao tipo de frasco, forma de preservação e prazo de execução de análise para cada parâmetro estão relacionados no Quadro 10. Os parâmetros, método, equipamentos e normas de ensaio utilizados estão descritos no Quadro 11.

Quadro 10. Recomendações quanto ao tipo de frasco, forma de preservação e prazo de execução de análise para cada parâmetro.

Parâmetros	Frasco	Preservação	Prazo
➤ pH	Polietileno, polipropileno e vidro	_____	Análise Imediata
➤ Turbidez	Polietileno, polipropileno e vidro âmbar	Refrigeração a 4°C; Evitar exposição a luz*	48 horas 24 horas*
➤ Coliformes Totais e Fecais	Polietileno, polipropileno e vidro âmbar	Refrigeração a 4°C, 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃ – águas cloradas	08 horas; Preferência não exceder 24 horas
➤ O ₂ Dissolvido	Vidro	Refrigeração a 4°C, HCl para pH < que 2	04 a 08 Horas
➤ Condutividade Elétrica	Polietileno, polipropileno ou vidro	Refrigeração a 4°C	24 horas
➤ Demanda Bioquímica de Oxigênio	Polietileno, polipropileno e vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas 24 horas*
➤ Demanda Química de Oxigênio	Polietileno, polipropileno e vidro	Refrigeração a 4°C H ₂ SO ₄ para pH < que 2	28 dias 07 dias*
➤ Metais em Geral	Polietileno, polipropileno e vidro	HNO ₃ para pH < 2	6 meses

Fonte: Metodologia inclusa na 21ª Edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA (2005); * Recomendado por: SOUZA, Helga Bernhard de. Guia técnico de coleta de amostras por Helga Bernhard de Souza e Jose Carlos Derísio. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977

Quadro 11. Parâmetro, Equipamentos e Normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água em Laboratório.

Parâmetros	Equipamentos	Marca/Modelo	Normas
➤ Demanda Bioquímica de Oxigênio	Incubadora	WTW OxiTop®/ Thermostat cabinet for 12 BOD OxiTop® systems	Standard Methods – 21ª
➤ Demanda Química de Oxigênio	Digestor de DQO Espectrofotômetro 600 Plus	COD RECTOR Fomento	
➤ Coliformes Termotolerantes	Estufa de Cultura	Modelo 002 CB Fanem LTDA	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cádmió total ➤ Chumbo total ➤ Cobre dissolvido ➤ Cromo total ➤ Manganês total ➤ Zinco total ➤ Níquel total 	Espectrofotômetro de Absorção Atômica por Chama (EAA)	GBC – Avanta, versão 1.33.	
--	---	----------------------------	--

4.1.8. Análise Estatística dos Dados

Os resultados das análises das campanhas de campo dos açudes públicos foram digitados em planilhas eletrônicas. Os valores que estiveram abaixo do limite de detecção do aparelho (ND) foram substituídos pelo valor zero, para procedimentos estatísticos. Posteriormente realizou-se a auditoria de dados com o intuito de verificar a existência de *outliers*, que são elementos que não são consistentes com a distribuição do restante dos dados que compõe o conjunto, pontos que desviam em uma ou mais variáveis, impedindo a modelagem estatística e a correta análise dos dados (ZHANG et al., 2010). Após esse procedimento, os dados foram submetidos ao tratamento estatístico computacional e foram elaborados gráficos e tabelas para a descrição dos mesmos. Foram utilizadas as ferramentas do aplicativo Excel do Windows, calculando-se a média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variância. Em seguida foi feita a correlação, a fim de analisar as possíveis relações dos parâmetros físico-químicos e metais pesados entre si.

5. Resultados e Discussão

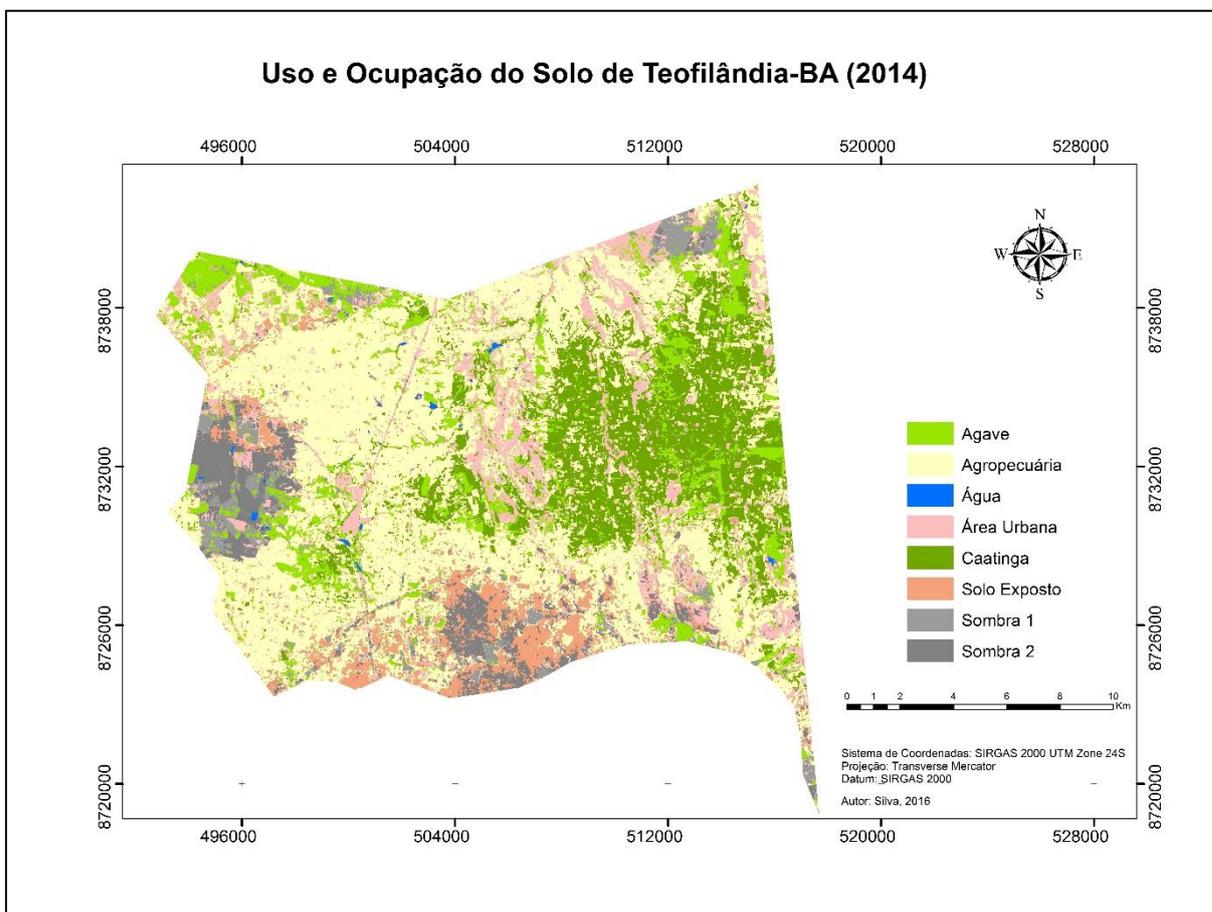
A apresentação e a discussão dos resultados foram estruturadas em 5 tópicos. No primeiro foram analisados o mapa de uso e a ocupação do solo da área de estudo, com a quantificação de áreas das classes identificadas e sua distribuição. O segundo tópico discutirá sobre as influências antrópicas nos parâmetros de qualidade da água dos açudes. O terceiro e quarto tópico apresentarão os resultados das bases de interesse, que são informações sobre a pluviometria e os dados de qualidade das águas. No quinto tópico, realizou-se uma síntese dos resultados obtidos das análises dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais pesados dos 3 reservatórios públicos (Tanque do Governo, Açude Matadouro Velho, Açude Sentido BR 116 S), com a classificação dos usos da água de acordo com os padrões da Resolução CONAMA Nº 357.

5.1. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A classificação de imagens de satélites tem como objetivo distinguir e identificar as características dos diferentes alvos em uma imagem de satélite, a exemplo das classes de vegetação, uso do solo, tipos de rochas, entre outros (Borges 2009). No entanto, a técnica de classificação de imagens apresenta limitações no que se refere a simplificação das informações contidas em uma imagem, pois na verdade existe grande complexidade em uma cena de satélite (CRÓSTA, 1999).

Para o estudo de Uso e Ocupação do Solo foram definidas as classes de acordo com a sua predominância: agave (agricultura permanente), uma única classe que enquadra as culturas agropecuárias, devido à constante variação destas em um período de tempo relativamente pequeno; a classe corpos d'água, área urbana, vegetação (Caatinga), a classe solo exposto, que pode estar relacionada ao desmatamento ou então às áreas de preparo do terreno para culturas e a classe sombra (Figura 18).

Figura 18. Resultado do Uso e Ocupação do Solo gerado a partir da classificação supervisionada Maxver da imagem Landsat Oli (2014) no IDRISI Kilimanjaro.



Fonte: Elaborado com base nos dados do LandSat 8 (2014).

Nos resultados da classificação supervisionada, obteve-se que a classe das culturas agropecuárias predomina na região com 44,46% da área total de 336 Km², equivalendo a 34.919 ha. A agricultura permanente (agave) abrange, 10,72%. A área utilizada com a vegetação (caatinga) é representativa totalizando 17,15%. A classe solo exposto representa, 6,64% e 8,82% das classes sombras. Os corpos d'água identificáveis na imagem de satélite representam 0,16% e a área urbana 12,05% do total (Tabela 4).

Tabela 4. Resultado da classificação em hectares e em porcentagem da área total do Uso e Ocupação do Solo no município de Teofilândia-BA.

Resultado da Classificação do Uso e Ocupação do Solo Município de Teofilândia-BA		
Classe	Área (ha)	(%)
Agave	3744	10,72
Agropecuária	15525	44,46
Água	57	0,16
Área Urbana	4207	12,05
Caatinga	5989	17,15

Solo Exposto	2318	6,64
Sombra 1	1204	3,45
Sombra 2	1875	5,37
Total	34919	100%

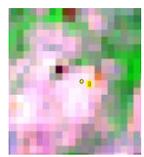
Fonte: Autor, 2016.

Na discriminação dos usos resultantes da classificação supervisionada, observou-se que a classe corpos de água apresentou resposta espectral complexa, sendo confundido com a vegetação, solo exposto, agropecuária, área urbana, devido sobretudo à variabilidade de padrões espectrais. Vale ressaltar que outro fator que contribuiu para a confusão, foi a resolução espacial da imagem Landsat (cada pixel no visível e infravermelho próximo tem 900 m²) que impossibilitou a identificação dos corpos d'água com áreas menores.

Com relação a vegetação, a confusão ocorreu devido à presença da vegetação aquática (macrófitas) nos açudes. As classes denominadas área urbana, agropecuária e solo exposto (áreas antropizadas), a confusão está relacionada ao fato que na época de passagem do satélite os açudes estavam secos, devido principalmente a baixa capacidade de retenção hídrica.

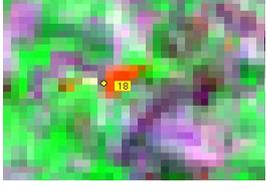
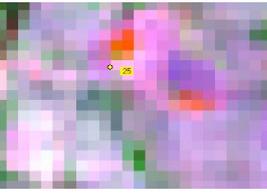
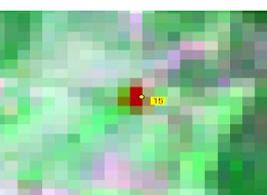
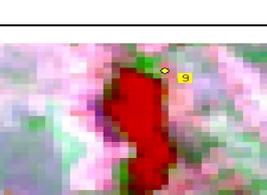
O Quadro 12 apresenta as feições de interesse na cena e a chave de interpretação das classes temáticas na Composição RGB (543), a qual foi baseada na análise visual, levando em consideração as características utilizadas para tomar as amostras de treinamento da imagem Landsat 8.

Quadro 12. Chave de interpretação das classes temáticas – Composição RGB

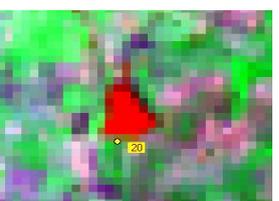
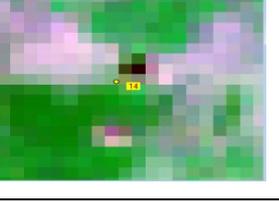
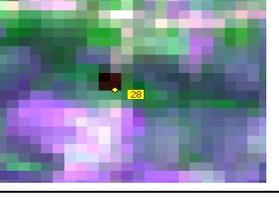
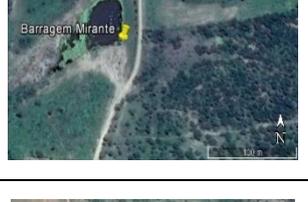
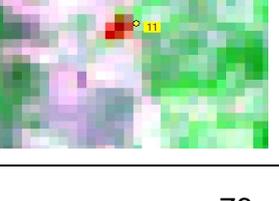
	Classe	Chave de Interpretação
	Vegetação	Cor: vermelha Textura: grossa
	Área Urbana	Cor: rosa escuro Textura: grossa Padrão: quadriculado
	Agropecuária	Cor: azul, rosa, roxo Textura: áspera Padrão: linear
	Solo Exposto	Cor: margenta (depededendo do tipo do solo, pode ser bem claro tendendo ao branco.) Textura: Lisa Padrão: Regular

O quadro 13 a seguir apresenta a comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).

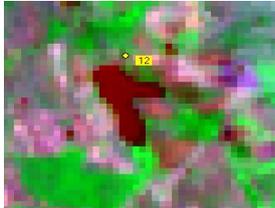
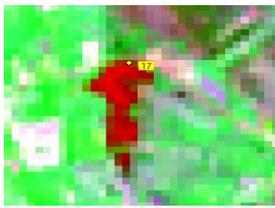
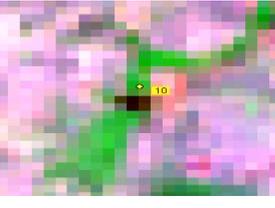
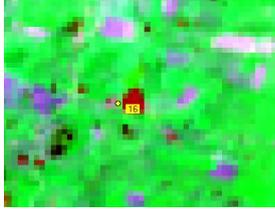
Quadro 13. Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).

Foto Campo 2016	Imagem Google Earth 2016 (água)	Imagem Google Earth 2013 *	Imagem LandSat 8 2014
 <p data-bbox="264 741 438 770">Açude Alecrim</p>			
 <p data-bbox="245 981 459 1010">Barragem Baixão</p>			
 <p data-bbox="217 1216 488 1245">Açude Boa Esperança</p>			
 <p data-bbox="252 1444 450 1473">Açude Caboclos</p>			
 <p data-bbox="268 1704 434 1733">Açude Flores</p>			
 <p data-bbox="264 1951 437 1980">Açude Ipueira</p>			

Quadro 14. Continuação da Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).

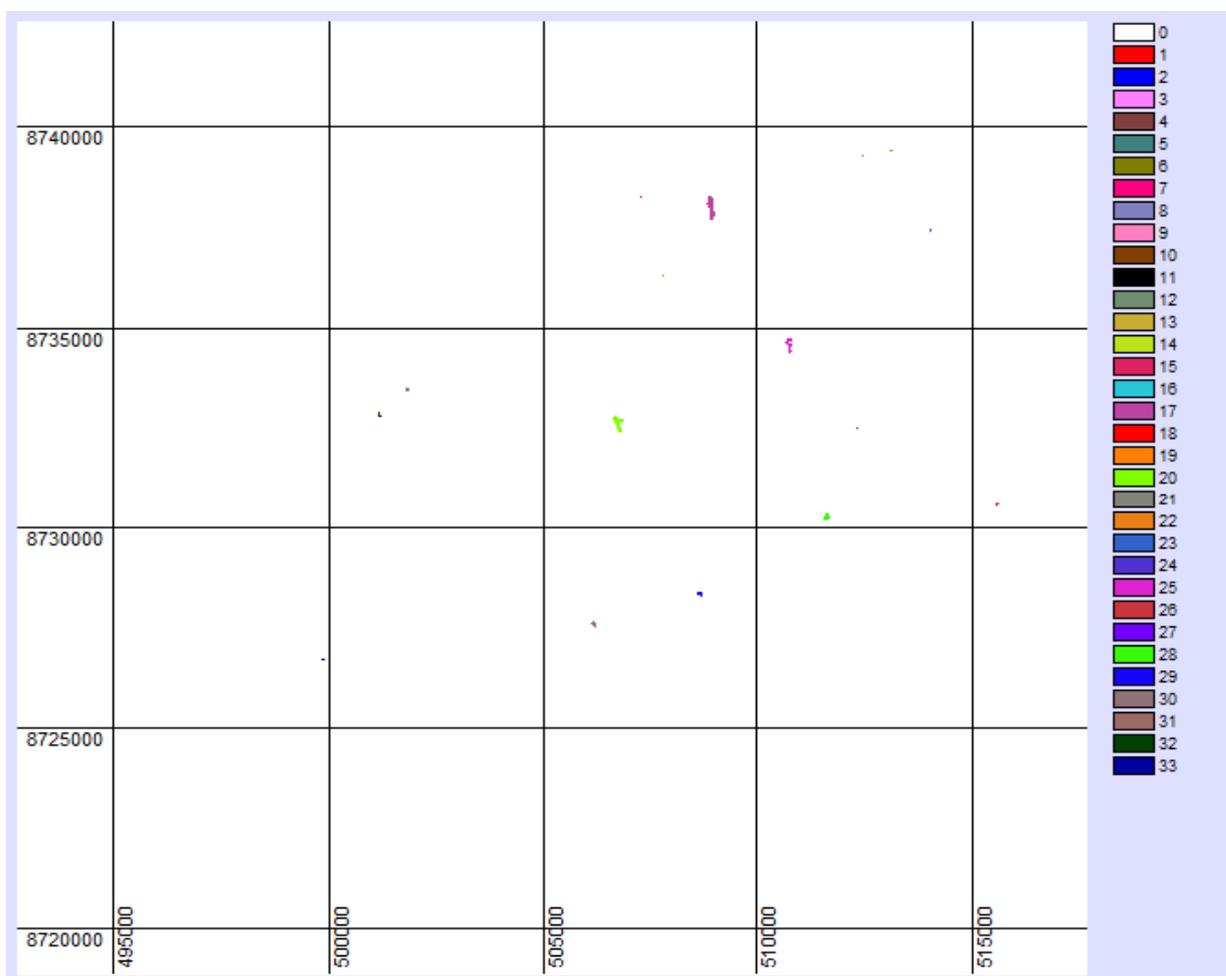
Foto Campo 2016	Imagem Google Earth 2016 (água)	Imagem Google Earth 2013 *	Imagem LandSat 8 2014
 <p data-bbox="272 613 427 645">Açude Junco</p>			
 <p data-bbox="240 860 459 891">Barragem Jurema</p>			
 <p data-bbox="240 1106 459 1137">Barragem Limeira</p>			
 <p data-bbox="240 1352 459 1384">Açude Malhador</p>			
 <p data-bbox="240 1599 459 1630">Açude Maria Preta</p>			
 <p data-bbox="240 1845 459 1877">Barragem Mirante</p>			
 <p data-bbox="240 2092 459 2123">Açude Pé de Serra</p>			

Quadro 15. Continuação da Comparação entre dados de campo e imagens de alta resolução (2016, 2013) com imagens Landsat Oli (2014).

Foto Campo 2016	Imagem Google Earth 2016 (água)	Imagem Google Earth 2013 *	Imagem LandSat 8 2014
 <p data-bbox="268 622 432 658">Açude Quitola</p>			
 <p data-bbox="204 882 464 918">Açude Roça de Baixo</p>			
 <p data-bbox="236 1137 464 1173">Açude Samambaia</p>			
 <p data-bbox="252 1384 448 1420">Barragem Setor</p>			
 <p data-bbox="244 1639 456 1675">Açude Sítio Novo</p>			
 <p data-bbox="220 1899 480 1935">Açude Vargem Velha</p>			
<p>* Em alguns reservatórios notou-se pouca presença de água.</p>			

A validação do Mapa de Uso e Ocupação consistiu de fotointerpretação das imagens de satélites dos resultados obtidos por meio do trabalho de campo. Com a reclassificação do mapa de uso e ocupação do solo foi possível identificar os corpos de água existentes na área de estudo. Foram identificados 33 corpos de água no Município de Teofilândia-BA, sendo 17 identificados na imagem de satélite e 16 em campo. Desse total 3 (três) foram localizados em propriedades particulares. Os reservatórios não interpretados na imagem foram digitalizados, transformados em dados raster e adicionados ao Plano Temático reservatórios. A Figura 19 apresenta o Plano Temático que corresponde aos reservatórios.

Figura 19. Plano Temático dos corpos d'água obtido no programa IDRISI Kilimanjaro.



Na avaliação da acurácia da classificação dos corpos d'água existentes no mapa, realizou-se primeiramente uma análise visual do resultado comparando-o com as imagens de alta resolução. A percepção visual foi utilizada para uma interpretação dos resultados de forma qualitativa. Esta interpretação moldou a construção de todo processo de classificação por meio de comparações entre os resultados preliminares e a visualização da realidade.

Os dados da classificação supervisionada e da interpretação visual foram tabulados em uma matriz de confusão (Tabela 5 e 6). Com base nesta matriz de confusão foi possível aplicar o índice de Tau.

Tabela 5. Matriz de Confusão gerada a partir da Classificação Supervisionada.

Imagem Interpretada	Campo		TB
	Sim	Não	
Sim	17	8	25
Não	0	8	8
Total Possível	17	16	33

Tabela 6. Matriz de Confusão gerada a partir da Interpretação Visual.

Imagem Interpretada	Campo		TB
	SIM	NÃO	
SIM	28	0	28
NÃO	5	0	5
Total Possível	33	0	33

A Tabela 7 apresenta os valores dos dois índices obtidos com a interpretação visual e das classificações supervisionada e sua qualidade segundo proposto por Landis & Koch (1977).

Tabela 7. Índices de exatidão obtidos com a interpretação visual e da Classificação Supervisionada da imagem Landsat 8.

Interpretação	Tau
MAXVER	0,52
Visual	0,7

A classificação supervisionada (Figura 18) por meio do método MAXVER (máxima verossimilhança) realizada no IDRISI Kilimanjaro por meio da extensão MAXLIKE, apresentou resultado razoável, Índice Tau de 0,52. Tendo em vista as características dos corpos d'água na área de estudo, o resultado encontrado foi muito positivo, pois a imagem orbital analisada apresenta grande área com reservatórios secos, assim, emitindo diversas respostas espectrais caracterizando um alto grau de confusão para o algoritmo na separação das classes.

O Quadro 16 a seguir, apresenta a localização dos pontos de controle e área dos espelhos de água dos 30 reservatórios hídricos superficiais públicos mapeados.

Quadro 16. Localização e área dos espelhos de água dos 30 reservatórios hídricos superficiais públicos mapeados no Município de Teofilândia – BA.

Principais Corpos de Água Públicos Mapeados no Município de Teofilândia – BA					
Pontos	Reservatórios	Coordenadas (UTM)		ha	Figura
		X	Y		
1.	Tanque do Governo	500511	8729888	2.61	20
2.	Açude próximo ao Lixão Sentido BR 116 S	500505	8728052	4.41	21
3.	Açude Matadouro Velho	500083	8728968	6.48	22
4.	Açude Comunidade Flores	500390	8727283	0.2	23
5.	Açude Povoado Maria Preta	499889	8726729	1.89	24
6.	Açude Comunidade Januária	499846	8725306	1.17	25
7.	Açude Comunidade Alecrim	497169	8725825	1.35	26
8.	Açude Povoado Canto	494979	8734898	3.33	27
9.	Açude Povoado Gato	497622	8736044	1.53	28
10.	Barragem do Gato	498902	8735745	2.43	29
11.	Barragem do Gato/Araticunzeiro	499101	8737856	6.12	30
12.	Açude Povoado Barreiro	502178	8736670	9	31
13.	Barragem Comunidade Sítio Novo	505775	8736613	6.48	32
14.	Açude Povoado Ipueira	509014	8738318	2.61	33
15.	Açude Comunidade Samambaia	507259	8738374	8.01	34
16.	Açude Comunidade Pé de Serra	507838	8736322	1.98	35
17.	Açude Comunidade Quitola	506718	8732930	2.34	36
18.	Açude Comunidade Malhador	513071	8739394	1.26	37
19.	Açude Comunidade Cablocos	514033	8737466	1.08	38
20.	Barragem Povoado Setor	513022	8733567	1.26	39
21.	Açude Comunidade Roça de Baixo	510762	8734784	7.11	40
22.	Barragem Povoado Baixão	515499	8730601	0.45	41
23.	Barragem Comunidade Junco	512273	8732610	0.36	42
24.	Barragem Povoado Jurema	511590	8730207	5.49	43
25.	Barragem Comunidade Limeira	509880	8726942	0.09	44
26.	Barragem Comunidade Mirante	507994	8726322	0.18	45
27.	Açude Comunidade Capitão	508715	8728379	0.18	46
28.	Açude Comunidade Vargem Velha	506179	8727620	0.09	47
29.	Açude Comunidade Boa Esperança	501795	8733426	3.33	48
30.	Açude Comunidade Cramachá	501229	8732833	0.54	49

Fonte: Autor, 2016.

Seguem as fotos dos pontos de controle selecionados no presente estudo conforme a numeração do Quadro 16.

Figura 20. Ponto 1, Tanque do Governo, localiza-se na comunidade Patos, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 21. Ponto 2, Açude próximo ao lixão, localiza-se na comunidade Rocinha no sentido BR 116 S, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 22. Ponto 3, Açude Matadouro Velho, localiza-se na estrada sentido a Comunidade Flores, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 23. Ponto 4, Açude Flores, localiza-se na estrada sentido ao Matadouro Velho, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 24. Ponto 5, Açude Maria Preta, localiza-se na Comunidade Maria Preta, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 25. Ponto 6, Açude Januária, localiza-se na Comunidade Januária, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 26. Ponto 7, Açude Alecrim, localiza-se na estrada sentido Comunidade Flores a Barrocas.



Fonte: Autor, 2016

Figura 27. Ponto 8, Açude Canto, localiza-se no povoado Canto, Teofilândia-BA



Fonte: Autor, 2016

Figura 28. Ponto 9, Açude Gato, localiza-se na Comunidade Gato, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 29. Ponto10, Barragem Gato, localiza-se na Comunidade Gato, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 30. Ponto 11, Barragem sentido estrada Araticunzeiro ao Povoado Gato Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 31. Ponto 12, Açude Barreiro, localiza-se na Comunidade Barreiro, Teofilândia-BA



Fonte: Autor, 2016

Figura 32. Ponto 13, Açude Sítio Novo, localiza-se na Comunidade Sítio Novo, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 33. Ponto 14, Açude Ipoeira, localiza-se na Comunidade Ipoeira, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 34. Ponto 15. Açude Samambaia, localiza-se na Comunidade Samambaia, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 35. Ponto 16, Açude Pé de Serra, localiza-se na Comunidade Pé de Serra, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 36. Ponto 17, Açude Quitola, localiza-se na Comunidade Quitola, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 37. Ponto 18. Açude Malhador, Localiza-se na Comunidade Malhador, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 38. Ponto 19, Açude Caboclos, localiza-se na Comunidade Caboclos, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 39. Ponto 20, Açude Setor, localiza-se no Povoado Setor, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 40. Ponto 21, Açude Roça de Baixo, localizado na estrada sentido a Comunidade Roça de Baixo ao Povoado Setor, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 41. Ponto 22, Açude Baixão, localiza-se no Povoado Baixão, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 42. Ponto 23, Açude Junco, localiza-se na Comunidade Junco, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 43. Ponto 24, Açude Jurema, localiza-se na Comunidade Jurema, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 44. Ponto 25, Açude Limeira, localiza-se no Povoado Limeira, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 45. Ponto 26, Açude Mirante, localiza-se na Comunidade Mirante, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 46. Ponto 27 Açude Capitão, localiza-se na Comunidade Capitão, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 47. Ponto 28, Açude Vargem Velha, Localiza-se na Comunidade Vargem Velha, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 48. Ponto, 29, Açude Boa Esperança, localiza-se na Comunidade Boa Esperança, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 49. Ponto 30, Açude Cramachá, localiza-se sentido BR 116 N, Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

5.2. Pontos Potenciais de Contaminação

Conforme, consta na Resolução CONAMA Nº 001/1986, impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV - a qualidade dos recursos ambientais. ”

Nesta perspectiva, conhecer os aspectos da influência antrópica é um fator relevante para estabelecer a realidade socioambiental na área em estudo. Segundo Mendonça (2001) o termo “socioambiental” surgiu a partir da união dos adjetivos “social” e “ambiental”, para enfatizar o necessário envolvimento da sociedade enquanto sujeito, como um elemento fundamental nos processos relativos à problemática ambiental contemporânea.

Durante os trabalhos de campo realizados para caracterização ambiental notou-se a relação direta do aspecto de impacto ambiental proveniente das atividades antrópicas. Essas atividades, como afirmam Leite et al. (2013), “causam a deterioração da qualidade da água, e muitas vezes, os mananciais servem de depósito para dejetos indesejáveis e esgotos”.

Diante deste cenário, as principais fontes pontuais poluidoras encontradas no município foram observadas e devidamente documentados por meio de registro fotográfico apresentados pelas imagens a seguir:

Ponto TG (Tanque do Governo)

Este ponto está localizado em área de ocupação urbana espontânea (Figura 50), com a presença de esgoto sendo drenado no solo a céu aberto e lançado diretamente no corpo d'água, assim como resíduos sólidos na superfície da água (Figuras 51 e 52). Neste sentido, o avanço da ocupação espontânea é mais prejudicial aos ambientes do que a ocupação ordenada/planejada, pois normalmente, logo no início da ocupação/invasão, não existem projetos de saneamento básico, o que implica em despejos em corpos aquáticos próximos, ocasionando a alteração da qualidade da água desses ambientes (ADORNO *et al.*, 2013).

Figura 50. Avanço da ocupação urbana espontânea sobre o açude do Tanque do Governo, no Município de Teofilândia-BA.



Fonte: Autor, 2016

Figura 51 (A e B). Constatação da presença de esgoto sendo drenado no solo a céu aberto.



Fonte: Autor, 2016

Segundo Islam et al. (2015), a contaminação do solo está entre os mais graves problemas ambientais presentes no meio urbano, e geralmente está associada a uma das seguintes situações: (1) áreas de disposição de resíduos sólidos (urbanos e industriais), (2) lagoas de tratamento de efluentes industriais, (3) disposição de esgoto, (4) disposição de resíduos radioativos, (5) atividades agrícolas, (6) vazamento de petróleo e derivados, e (7) rejeitos de atividades mineradoras (LAGO et al., 2006; ANTONIO & GEORGINA, 2014).

Figura 52. Presença de tubulações lançando efluentes sem tratamento e resíduos sólidos na superfície da água, demonstrando a falta de conscientização da população.



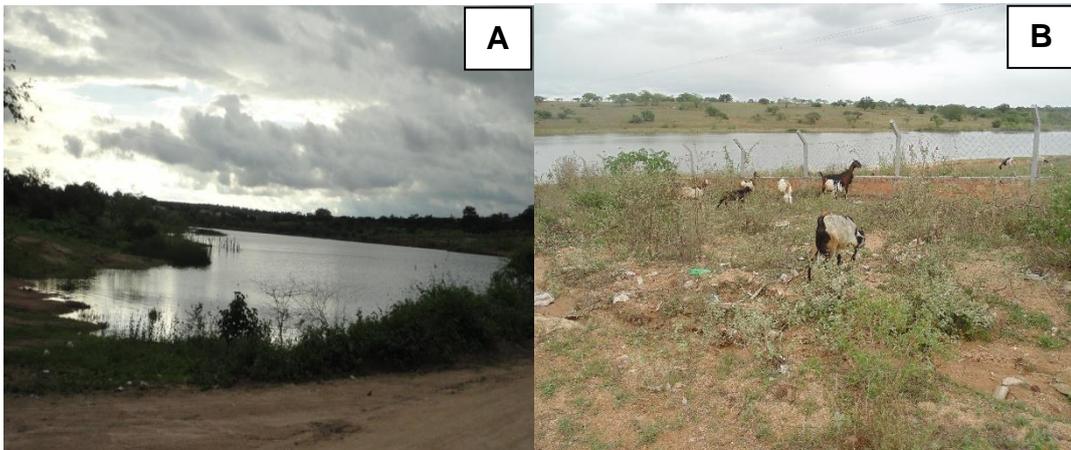
Fonte: Autor, 2016

O uso das águas superficiais torna-se cada vez mais problemático, em virtude da precariedade dos sistemas de saneamento básico, da quantidade insuficiente e dos elevados custos dos sistemas de tratamento. A utilização dos cursos d'água como receptor de cargas orgânicas provenientes de efluentes domésticos e industriais lançados sem tratamento prévio provoca degradação acentuada da qualidade da água, promovendo desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos para a qualidade de vida e da saúde da população (VON SPERLING, 1996)

Ponto AMV (Açude Matadouro Velho)

Neste ponto parte da vegetação foi desmatada para uso agropecuário. Nota-se também a presença de lançamento de lixo doméstico na margem do corpo d'água e animais aos arredores (Figura 53).

Figura 53 (A e B). Presença lixo doméstico e animais na margem do reservatório.



Fonte: Autor, 2016

Ponto ABR (Açude sentido BR 116 S)

Neste ponto, parte da vegetação original retirada para uso agropecuário interceptada pela rodovia BR 116, constata-se a disposição inadequada de um lixão a céu aberto no entorno do reservatório e pessoas utilizado o açude para pesca, lavagem de automóveis e banho (Figuras 54 e 55). Desse modo, a qualidade das águas reflete, em grande parte, as atividades humanas e os resíduos que são lançados ao ar, solo e diretamente na água de drenagem (BICUDO *et al.*, 1999 *apud* DORNFELD, 2002).

Figura 54. Presença de Resíduos sólidos no entorno do reservatório.



Fonte: Autor, 2016

Figura 55 (A e B). Presença pessoas utilizando o reservatório para pesca, lavagem de automóveis e banho.



Fonte: Autor, 2016

Nas áreas observadas (Figuras 53 a 55) os resíduos sólidos são dispostos inadequadamente no solo e nos corpos d'água devido a insuficiência de uma rede de esgotamento sanitário que abranja todo o município. Dessa forma, os tradicionais meios de eliminação continuam sendo utilizados, e para simples solução apresenta: simples disposição dos resíduos sólidos a céu aberto ou em águas correntes (SANTOS et al, 2013).

Um dos principais impactos ambientais ocasionados por depósitos inadequados de resíduos sólidos é a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, que passa, ao longo do tempo e espaço, por diversos processos biogeoquímicos que variam conforme as características do lixiviado e da hidrogeologia local.

Outro fator a considerar que durante a estação chuvosa, há uma alta percolação dos corpos circundantes de água. Isso faz com que transporte uma grande quantidade de partículas e poluentes em rios e córregos, caracterizando a contribuição de fontes difusas.

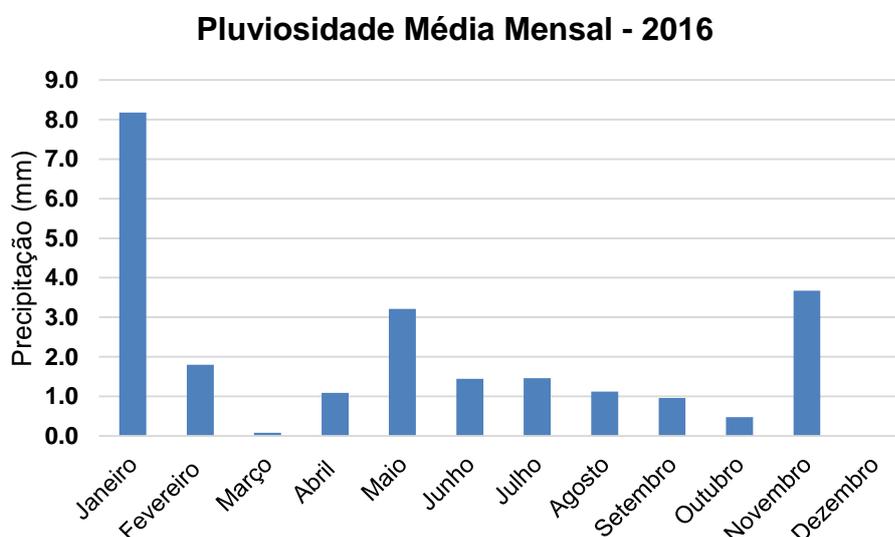
A dispersão dos poluentes resultantes das situações supramencionadas depende essencialmente de agentes externos como água (precipitação-escoamento) e vento e as propriedades intrínsecas do solo, tais como a porosidade e permeabilidade que influenciam a infiltração e percolação no subsolo (TIEYU et al., 2015).

Este fato exige que as avaliações das massas de água de qualidade devem ser feitas no decurso de um ano, com períodos de seca e precipitação. Assim, a análise das variáveis na qualidade da água, associados a indicadores de química e estudo da área, de forma integrada, fornecer informações relevantes para a caracterização espacial dos corpos de água em bacias hidrográficas (GOLDMAN & HORNE, 1983).

5.3. Análise dos Dados Pluviométricos

Foram analisados os dados pluviométricos dentre o período de maio a novembro de 2016 (Figura 56), com o intuito de verificar o comportamento das águas precipitadas na área de estudo. Analisam-se, assim, as possíveis ocorrências de eventos extremos sobre os corpos d'água, como também sua influência nos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais nestes ambientes.

Figura 56. Índice Pluviométrico no Município de Teofilândia-BA



Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Elaborado pelo autor, 2016.

A partir dos resultados obtidos da precipitação pluviométrica observou-se que durante os meses em que foram realizadas as coletas de água para análise dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais pesados foram caracterizados por baixos índice pluviométrico, variando de 3 mm (maio), 1 mm (junho) e 3,7 mm (novembro). Inicialmente esta pesquisa tinha o intuito de observar a existência de diferença nos parâmetros analisados nos períodos chuvoso e seco, porém como houve comportamento atípico ao padrão dos anos anteriores em relação ao regime pluviométrico tal comparação seria contraditória. Adotando-se para esta pesquisa as nomenclaturas para os períodos em estudo: pré-chuva, pós-chuva e seco.

5.4. Avaliação da Qualidade de Água

As análises dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e metais pesados foram discutidos individualmente e estão apresentados por meio tabelas e gráficos. Nas tabelas (8, 9, 10 e 11) a seguir apresentam os resultados dos valores de cada variável por ponto e período de coletas, comparados com valores máximos (ou mínimos) permitidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05. Os gráficos representam as médias dos pontos de coleta de cada açude nos períodos avaliados.

Tabela 8. Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA N° 357/02, classe 2.

Parâmetros	Pontos										CONAMA 357/05 Classe 2
	Coleta	AMV1	AMV2	AMV3	AMV4	AMV5	AMV6	AMV7	AMV8	AMV9	
Temperatura (°C)	1	26,1	26,2	26,1	27,8	27,8	30,0	28,1	27,0	27,0	≥ 40° C
	2	23,5	24,7	24,5	24,4	25,5	28,9	26,8	25,4	24,5	
	3	27,8	31,0	29,8	31,6	32,0	34,0	31,9	30,7	8,60	
Salinidade (‰)	1	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	≤ 0,5 ‰
	2	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	
	3	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	
Cloreto (mg.L ⁻¹ Cl)	1	720	768	704	776	728	704	752	760	760	250 mg/L Cl
	2	760	740	780	780	760	860	760	760	780	
	3	1.260	1.220	1.400	1.54	1.680	1.220	1.680	1.900	1.240	
pH	1	8,3	7,9	7,5	9,2	9,2	9,4	9,2	9,1	9,1	6 a 9
	2	8,2	9,2	9,8	9,2	9,3	9,1	9,3	9,3	8,2	
	3	8,06	7,92	8,08	8,34	8,38	8,45	8,53	8,55	34,0	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	1	1,300	2,279	2,937	2,039	2,039	2,385	2,41	2,414	2,414	Não aplicável
	2	2,424	2,422	2,425	2,424	2,427	3,007	2,437	2,432	2,422	
	3	3,633	3,672	3,685	3,679	3,711	3,129	3,636	3,689	2,962	
OD (mg.L ⁻¹ O ₂)	1	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9	2,2	2,0	1,9	1,8	≥ 5mg/L
	2	3,6	3,7	3,7	5,1	5,2	3,8	3,8	4,0	3,6	
	3	1,2	2,0	2,2	2,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	
DBO (mg.L ⁻¹ O ₂)	1	5	4	4	6	5	8	9	6	9	≥ 5mg/L
	2	9	0	0	9	10	19	0	8	8	
	3	26	41	33	26	26	37	22	11	7	
DQO	1	161,1	132,9	128,9	128,9	116,8	112,8	120,8	141,0	132,9	Não aplicável
	2	185,3	153,1	161,1	169,2	322,3	213,5	193,4	145	128,9	
	3	26,01	40,8	33,4	26,0	26,0	37,1	22,3	11,1	7,43	
Turbidez (UNT)	1	27,7	29,5	27,2	34,5	30,2	36,6	29,2	29,2	25,9	≤ 100 UNT
	2	40,6	44,5	39,4	53,8	53,5	75	30	43,4	40,6	
	3	18,4	18,5	18,7	16,6	17,1	18,8	17,8	17,5	17,9	

Coliforme Termotolerante (NMP/100mL)	1	200	0	200	200	400	200	0	0	0	≤ 1000/100 mililitros
	2	1100	1300	800	1700	170	9000	500	500	800	
	3	200	200	200	200	200	200	200	200	200	

Legenda: 1. Pré-chuva; 2. Pós-Chuva. 3. Seco; * *Outliers*.

Tabela 9. Continuação dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA N° 357/02, classe 2.

Parâmetros	Pontos									CONAMA 357/05 Classe 2
	Coleta	TG1	TG2	BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	BR6	
Temperatura (°C)	1	27,3	27,4	26,0	26,6	26,1	27,8	26,5	26,6	≥ 40° C
	2	24,7	25,6	24	25,3	25,3	26,2	24,9	24,7	
	3	32,0	35,2	30,9	31,1	31,4	34,1	32,0	31,8	
Salinidade (‰)	1	*0,0	*0,0	*1,363	*1,23	*1,18	*1,3	*1,226	*1,246	≤ 0,5 ‰
	2	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	*0,0	
	3	*0,0	*0,0	*1,87	*1,72	*1,70	*1,80	*1,33	*1,38	
Cloreto (mg.L ⁻¹ Cl)	1	560	704	1648	752	1664	1240	1360	1424	250 mg/L Cl
	2	780	780	2080	1700	1740	1600	1680	1740	
	3	600	520	1.400	1.560	1.140	1.260	1.280	1.100	
pH	1	9,7	9,8	9,2	9,5	9,5	9,2	9,6	9,5	6,0 a 9,0
	2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,5	9,4	9,4	9,5	
	3	7,7	8,2	7,5	8,9	9,2	9,3	9,4	9,5	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	1	2,389	2,256	5,033	4,942	5,017	4,906	5,004	5,025	Não aplicável
	2	2,377	2,481	4,874	4,848	4,844	4,651	4,858	4,846	
	3	2,663	2,060	5,574	5,593	5,593	5,457	5,486	5,357	
OD (mg.L ⁻¹ O ₂)	1	2,0	2,4	1,3	1,7	2,2	2,9	2,5	1,9	≥ 5mg/L O ₂
	2	3,3	5,3	4,7	5,9	5,5	7,2	4,4	4,8	
	3	4,0	3,4	3,4	3,9	3,6	4,0	3,8	3,7	

DBO (mg.L ⁻¹ O ₂)	1	0	16	5	0	11	0	7	3	≥ 5mg/L
	2	*29	22	12	10	9	26	20	12	
	3	13	24	21	26	22	0	23	27	
DQO	1	266	270	230	189	230	218	230	230	Não aplicável
	2	290,1	233,7	225,6	197,4	205,5	318,3	237,7	225,6	
	3	41,4	55,7	59,4	44,5	52,0	74,3	59,4	55,7	
Turbidez (UNT)	1	47	60	80	131	196	*439	165	261	≤ 100 UNT
	2	46,7	66,6	19,87	38,8	12,9	52,6	28	29,7	
	3	17,9	20,5	55,9	45,5	39,3	45,5	46,4	43,8	
Coliforme Termotolerante (NMP/100mL)	1	5000	16000	200	0	700	0	200	200	≤ 1000/100 mililitros
	2	3300	160000	220	1300	230	1700	110	500	
	3	0	0	0	0	400	0	0	0	

Legenda: 1. Pré-chuva; 2. Pós-Chuva. 3. Seco; * *Outliers*.

Tabela 10. Resultados da concentração de metais (mg.L⁻¹) da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.

Metais (mg.L ⁻¹)	Pontos										CONAMA 357/05 Classe 2	
	Coleta	AMV1	AMV2	AMV3	AMV4	AMV5	AMV6	AMV7	AMV8	AMV9		
Cd	1	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	≤0,001
	2	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
	3	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
Pb	1	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	≤0,01
	2	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	
	3	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	
Cu	1	*ND	*ND	*ND	*0,004	*ND	*ND	*0,002	*0,018	*0,005	*ND	≤0,009
	2	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
	3	ND	ND	ND	0,007	ND	ND	0,003	0,007	0,005	0,005	
Cr	1	ND	ND	ND	0,06	ND	ND	0,03	ND	0,02	0,02	≤0,05
	2	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
	3	ND	ND	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Mn	1	0,1	0,1	0,1	0,1	ND	ND	0,1	0,1	0,1	0,1	≤0,1
	2	0,1	0,1	ND	ND	ND	0,1	ND	0,1	ND	ND	
	3	0,1	0,1	0,1	0,1	ND	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Ni	1	0,019	0,017	0,014	0,065	0,023	0,022	0,066	0,029	0,023	0,023	≤0,025
	2	0,006	0,006	0,005	ND	0,007	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	
	3	0,019	0,041	0,017	0,027	0,027	0,013	0,031	0,022	0,017	0,017	
Zn	1	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	≤0,18
	2	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	
	3	0,04	0,08	0,09	0,12	0,10	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	

Legenda: 1. Pré-chuva; 2. Pós-Chuva; 3. Seco; ND. Não Detectado; * *Outliers*.

Tabela 11. Continuação dos resultados da concentração de metais (mg.L⁻¹) da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA, comparados com a resolução CONAMA Nº 357/02, classe 2.

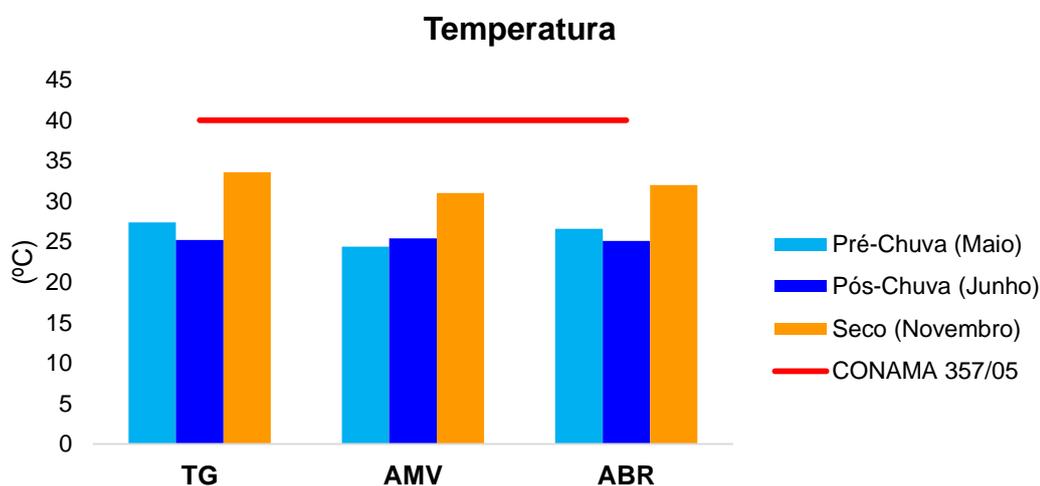
Metais (mg.L ⁻¹)	Pontos									CONAMA 357/05 Classe 2
	Coleta	TG1	TG2	ABR1	ABR2	ABR3	ABR4	ABR5	ABR6	
Cd	1	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	≤0,001
	2	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
	3	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
Pb	1	ND	ND	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	≤0,01
	2	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
	3	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Cu	1	*ND	*ND	*ND	*ND	*0,013	*ND	*0,005	*ND	≤0,009
	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	3	ND	ND	ND	0,011	0,013	0,020	0,021	0,002	
Cr	1	0,01	ND	0,02	ND	ND	0,01	0,10	ND	≤0,05
	2	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	
	3	ND	0,01	0,01	ND	0,01	0,05	ND	0,01	
Mn	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	≤0,1
	2	0,16	0,16	0,11	0,05	0,04	0,02	0,14	0,17	
	3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Ni	1	0,023	0,020	0,047	0,022	0,019	0,040	0,077	0,023	≤0,025
	2	0,011	0,007	0,013	0,013	0,013	0,022	0,018	0,017	
	3	0,014	0,018	0,037	0,031	0,033	0,064	0,021	0,034	
Zn	1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	≤0,18
	2	ND	ND	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	
	3	0,05	0,05	0,10	0,13	0,07	0,03	0,02	0,03	

Legenda: 1. Pré-chuva; 2. Pós-Chuva; 3. Seco; ND. Não Detectado; * *Outliers*.

5.4.1 Temperatura da Água

O conhecimento da temperatura no corpo d'água é particularmente importante por quatro razões (CUNHA et al., 2006): (i) as descargas de efluentes de diferentes temperaturas podem causar efeitos negativos no ecossistema aquático; (ii) a temperatura influencia as reações químicas, biológicas e físicas; (iii) seu valor afeta o equilíbrio de íons; (iv) a variação da temperatura afeta a densidade da água e, como consequência, altera os processos de transporte e a solubilidade de gases dissolvidos e, ainda, a taxa metabólica de todos os seres vivos. A Figura 57 mostra as temperaturas médias nos pontos de amostragem.

Figura 57. Variação média da Temperatura da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

Durante a coleta realizada no mês de maio (pré-chuva), a temperatura da água variou de (27,4°C) no ponto TG, no ponto AMV (24,4°C) e no ABR (26,4°C). No mês de junho (pós-chuva) as temperaturas não tiveram variações sendo registrado em média (25,0°C) nos pontos TG, AMV e ABR. Com relação ao mês de novembro (seco) a temperatura variou de (33,6°C) no ponto TG, no ponto AMV (31,0°C) e no ABR (32,0°C). Vale ressaltar que os horários das coletas variaram entre os pontos analisados, iniciando às 10:00 h e terminado por volta das 17:00 h. A primeira coleta foi realizada em um dia nublado, a segunda em um dia muito nublado com chuvas passageiras e a terceira coleta em um dia seco com poucas nuvens.

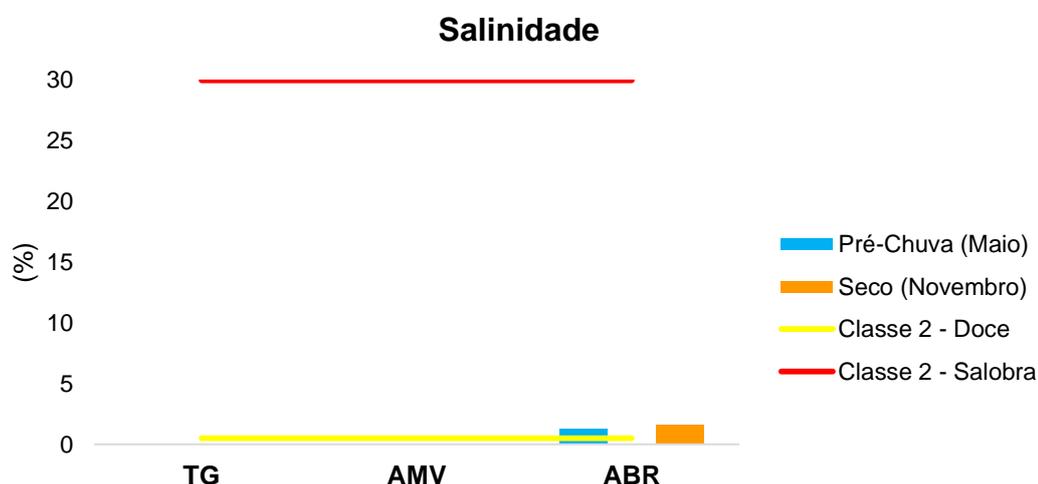
Conforme Buzelli e Cunha-Santino (2013), o aumento da temperatura “tem como consequência a intensificação da taxa de decomposição da matéria orgânica, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio do ambiente aquático”. Esta relação compromete a conservação da fauna aquática. Ainda segundo Ruas (2006), a temperatura da água segue

as oscilações naturais do clima (variação segundo a sazonalidade) e depende do horário de exposição dos raios solares, apresentando, assim, variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

5.4.2. Salinidade

De acordo com a Figura 58 a salinidade permaneceu constante (0,0%) em todos os pontos avaliados durante os três meses analisados maio, junho e novembro. Com exceção no ponto ABR no mês de maio (pré-chuva) 1,3% e novembro (seco) 1,6%.

Figura 58. Variação média da Salinidade da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

Conforme os resultados obtidos para a salinidade as águas dos açudes foram classificadas de acordo com Resolução CONAMA Nº 357/05 nos pontos TG e AMV como doces (salinidade $\leq 0,5\%$) e no ponto ABR, como salobra (salinidade $>0,5\% \leq 30\%$).

Conforme Paula (2011), a formação de sais em águas interiores tem como os principais íons responsáveis, os cátions (Cálcio, magnésio, sódio e potássio) e os ânions (bicarbonato, cloreto e sulfato).

As concentrações de sais minerais em um corpo d'água, quando elevadas, tornam-se um fator de poluição física e química, pois afetam o equilíbrio osmótico da água, provocando a morte de microrganismos não adaptados aos novos valores de salinidade (CARNEIRO, 2002)

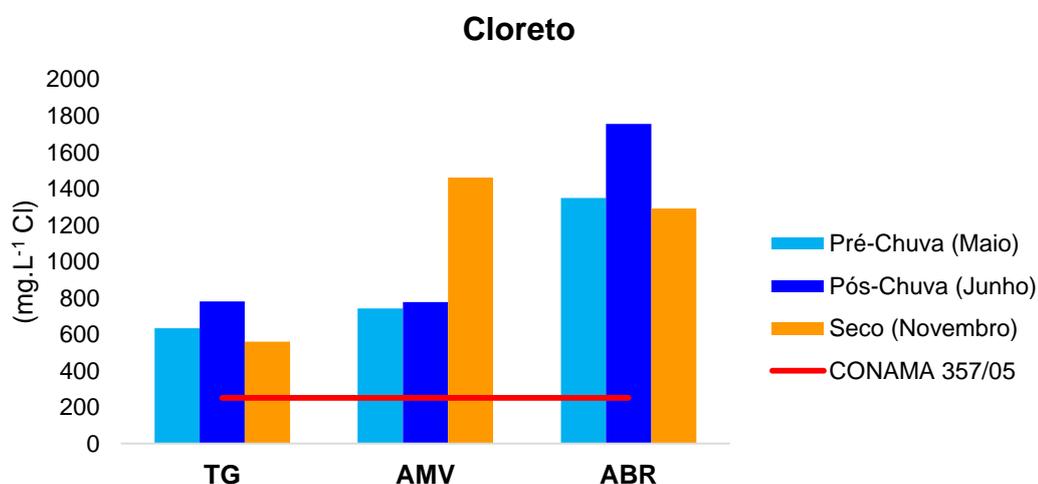
5.4.3. Cloretos

Os cloretos são normalmente associados à salinidade da água. Segundo Santos (2010), as variações de cloretos em águas naturais devem ser investigadas, pois ele é altamente poluidor. O aumento da concentração de cloretos nos açudes da região Nordeste é comum, devido principalmente ao alto índice de evaporação e a baixa precipitação pluviométrica. A sua introdução em um corpo hídrico pode estar relacionada com a dissolução de sais e lançamentos de esgotos domésticos e industriais (LIBÂNIO 2005).

Freitas (2001) reafirma que altos níveis de cloretos podem ocasionar doenças a seres humanos e também afetar o crescimento das plantas quando em quantidades maiores que 1000 mg.L^{-1} .

A Figura 59 mostra os valores do cloreto encontrados nas três campanhas. Nota-se que em todos os pontos de amostragem os valores são superiores que os estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para Águas Doces Classe 2 (250 mg.L^{-1}). No mês de maio (pré-chuva) apresentou uma variação de (632 mg.L^{-1}) no ponto TG, (741 mg.L^{-1}) no AMV e (1348 mg.L^{-1}) no ABR. Com relação ao mês de junho (pós-chuva) observa-se que a variação oscilou de (780 mg.L^{-1}) no ponto TG, (776 mg.L^{-1}) AMV e (1756 mg.L^{-1}) no ABR. Quanto ao mês de novembro (seco) nota-se que variou de (560 mg.L^{-1}) no ponto TG, (1460 mg.L^{-1}) AMV e (1290 mg.L^{-1}) no ABR. Estudos realizado por Barreto & Garcia (2010) na caracterização da qualidade da água do açude Buri–Frei Paulo em Sergipe, encontram resultados inferiores quando comparado a este trabalho, a quantidade de cloretos variou no período chuvoso de $28,90 \text{ mg.L}^{-1}$ a $29,30 \text{ mg.L}^{-1}$ e na época seca de $99,34 \text{ mg.L}^{-1}$ a $99,94 \text{ mg.L}^{-1}$.

Figura 59. Variação média do Cloreto na água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

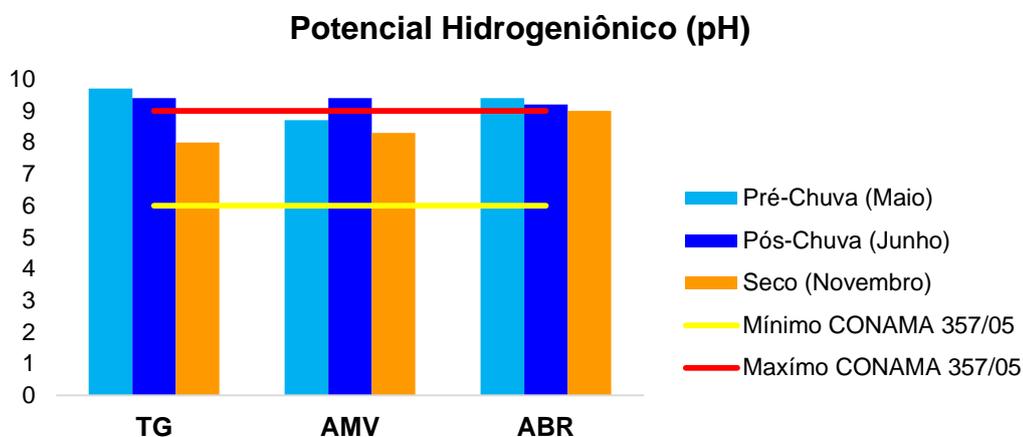
Conforme Zillmer et al. (2007) os mecanismos controladores da salinidade nas águas superficiais são provenientes do estrato rochoso, e dos processos de evaporação-precipitação, que alteram as concentrações dos cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} e K^{+}) e ânions (HCO_3^{-} , Cl^{-} e SO_4^{2-}). A mobilidade dos íons dissolvidos na água também varia, de acordo com a temperatura e o pH (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008). Com exceção de halogenetos em sequências evaporíticas, a litologia crustal é muito pobre em cloro. Suas concentrações médias máximas são constatadas em sedimentos marinhos profundos: 2,1% (Turekian & Wedepohl, 1961), enquanto as litologias comuns da litosfera apresentam concentrações médias <200 ppm. Verificou-se que os açudes na área de estudo foram escavados sobre as rochas graníticas, sendo que neste tipo de substrato litológico não apresenta grandes concentrações de sais. O aumento significativo do cloreto em todos os pontos avaliados é proveniente do aporte antropogênico e de sais vindos de esgoto doméstico que são lançados diretamente nos corpos d'água.

5.4.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo Mota (2008), o potencial hidrogeniônico (pH), representa o equilíbrio entre íons H^{+} e íons OH^{-} , onde o pH inferior a 7 é ácido, o pH igual a 7 é neutro e o maior do que 7 é alcalino. Para Barbosa (2002), no caso do semiárido nordestino, cuja precipitação é menor que a evaporação, é comum encontrar valores de pH superiores a oito.

Conforme os resultados aferidos na Figura 60, o pH (potencial hidrogeniônico), as águas dos açudes apresentam valores acima do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 (entre 6,00 e 9,00) com exceções dos pontos TG no período seco (8,0), AMV nos períodos pré-chuva (8,7) e seco (8,3) e ABR no período seco (9,0) foram observadas as menores alterações deste parâmetro, gerando um meio mais alcalino que o permitido pela referida Resolução.

Figura 60. Variação média do pH da água dos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

Resultados similares do presente trabalho foram encontrados por Magalhães et al. (2014) em estudo da qualidade da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará, na avaliação do pH dos açudes A e B, apresentaram, respectivamente, os valores 9,38 e 9,30. Barreto & Garcia (2010) encontraram altos valores de alcalinidade que diferem do presente estudo. Os autores evidenciaram que este parâmetro é maior no período seco do que chuvoso, sendo que estão associados ao processo de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória dos micro-organismos com consequente liberação e dissolução do gás carbônico na água.

Lima & Garcia (2008) ao avaliarem a qualidade da água de açude e barragem, atribuíram elevados valores de pH à menor quantidade de água em períodos de estiagem.

Para Miranda et al. (2009), o pH pode ter variações devido as descargas de efluentes domésticos e outros lançamentos. O pH tem influência direta nos ecossistemas aquáticos uma vez que seus efeitos interferem sobre a fisiologia de várias espécies. Além disso, o pH causa efeito indireto determinando condições de pH que contribui para precipitação de substâncias químicas tóxicas como os metais pesado.

Nesta perspectiva, esta afirmação pode ser verificada nas águas dos açudes nos pontos TG (pré-chuva e pós-chuva), AMV (pós-chuva) e ABR (pré-chuva e pós-chuva) onde há grandes lançamentos de efluentes domésticos e decomposição de resíduos sólidos apresentando o pH mais alcalino.

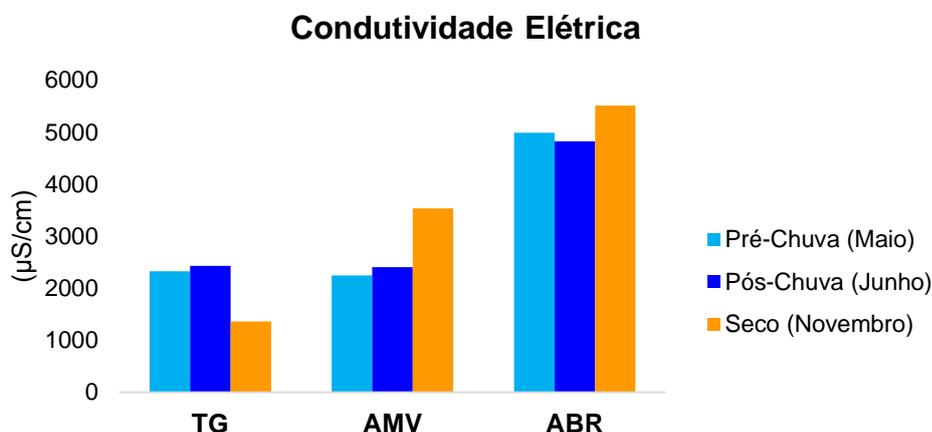
5.4.5. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica é usada como medida indireta do teor de sais nas águas, pois a condução da energia depende da presença de íons em solução. A determinação da condutividade é uma das maneiras mais utilizadas para determinar o nível de salinidade do local. Este parâmetro apresenta valores típicos para cada bacia de drenagem devido, principalmente, às características do solo da mesma (RUAS, 2006).

Os resultados descritos na Figura 61 demonstraram variabilidade da condutividade realizada durante as campanhas de coleta de amostra de água dos açudes. A CE variou no mês de maio (pré-chuva) de 2.246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto AMV a 4.988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ABR. No mês junho (pós-chuva) apresentou uma variação de 2.401 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto AMV a 4.820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ABR. E no período seco (novembro) esteve entre 1.362 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto TG a 5.510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no AMV.

Resultados inferiores foram evidenciados por Barreto & Garcia (2010) que encontrou valores de CE no açude variando no período chuvoso de 182,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 185,94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e na época seca de 607,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 621,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 61. Variação média da Condutividade Elétrica nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

Os altos valores de CE encontrados nos açudes, com destaque no ponto ABR nos períodos pré-chuva, pós-chuva e seco são decorrentes principalmente que o açude encontra-se localizando em uma área sobre a influência de um lixão a céu aberto.

Zavoudakis et al. (2007) em pesquisa sobre a classificação hidroquímica e avaliação da salinidade da água freática em áreas do município de Vitória, ES encontraram maiores valores de CE nas áreas que receberam aterro sanitário ou lixo a céu aberto, corroborando com os dados do presente estudo relacionado a este parâmetro.

Os resultados das medidas registradas em campo deste parâmetro estão em concordância com os resultados obtidos do cloreto pois, quanto maior a concentração de íons dissolvidos em solução aquosa, maior será a CE (ESTEVES, 1998).

Na Resolução CONAMA Nº 357/05 não existe a referência de um valor limite para este indicador, de acordo com VON SPERLING (1996) variam na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para a CETESB (1999) limites superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

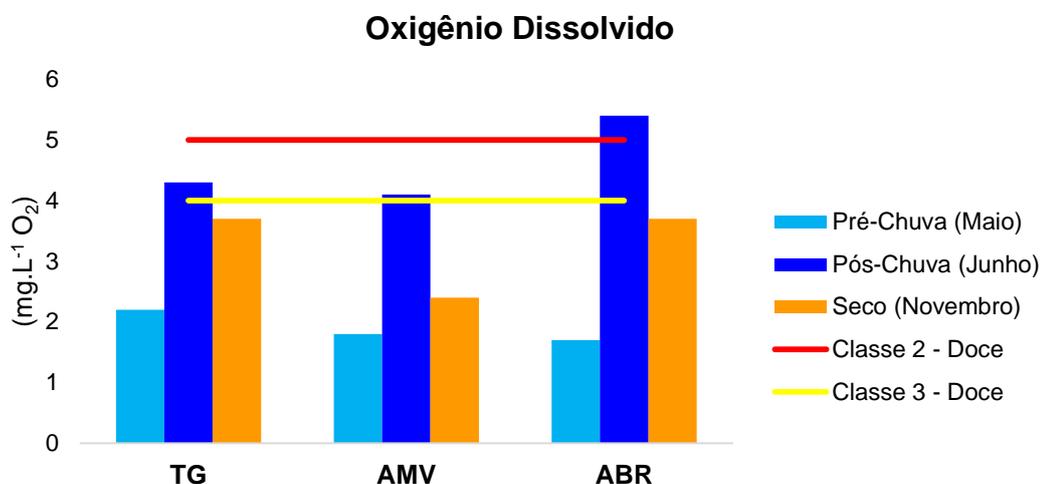
5.4.6. Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é de fundamental importância na manutenção da vida aquática e da qualidade da água. Assim, este parâmetro é essencial para os organismos aeróbicos que o utilizam tanto para os processos de decomposição de matéria orgânica, como para a própria respiração segundo Von Sperling (1996), sendo um fator limitante para a biota aquática.

Nos açudes as concentrações de OD nos pontos amostrados, com exceção do ponto ABR ($5,4 \text{ mg.L}^{-1}$) no período pós-chuva, não apresentaram valores fora do limite previsto na Resolução CONAMA Nº 357/05 para águas de classe 2. No período pré-chuva (maio) variou de $1,7 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto ABR a $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto TG, no período pós-chuva (junho) de $4,1 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto AMV a $5,4 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto ABR e no período seco (novembro) de $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto AMV a $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ nos pontos TG e ABR. Variações similares nas concentrações de oxigênio dissolvido foram encontradas por Lima & Garcia (2008) e Barreto & Garcia (2010) em açudes no estado de Sergipe, região semiárida do Nordeste.

Valores de OD muito inferior ao valor de saturação é indicativo da presença de matéria orgânica, possivelmente de esgoto (VON SPERLING, 2005). Sendo assim, os baixos valores de OD observados nos pontos TG, AMV e ABR podem se apresentar como indicador da presença de contribuição de esgotos nos açudes. A Figura 62 mostra o comportamento do oxigênio dissolvido nos açudes avaliados.

Figura 62. Variação média do Oxigênio Dissolvido nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/05, no período de pré-chuva e seco as águas dos açudes enquadram-se como água classe 2 doce (OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg.L⁻¹) e no período pós-chuva água classe 3 doce (OD, superior, não inferior a 4 mg.L⁻¹).

5.4.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio

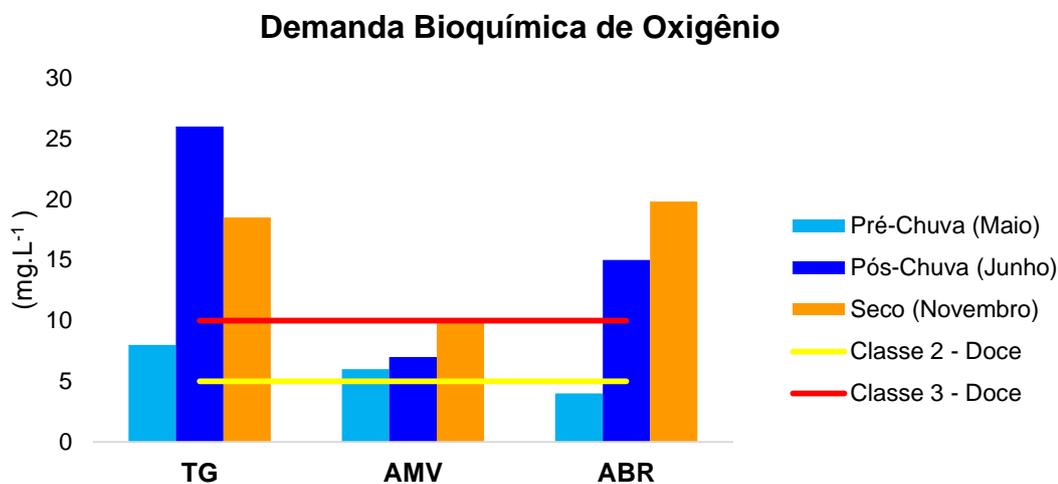
A DBO retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou corpos d'água pelo decréscimo de OD, sendo, portanto, um parâmetro associado ao potencial de consumo do OD (VON SPERLING, 2007; MOTA, 2008).

A Resolução CONAMA N° 357/05, os valores de DBO para águas doces de classe I deve estabelecer a um Valor de Referência (VR) da DBO em 5 dias a 20°C até 3 mg.L⁻¹ de O₂, para águas doces de classe II até 5 mg.L⁻¹ de O₂, para as de classe III de até 10 mg.L⁻¹ de O₂.

Conforme demonstra a Figura 63 nos açudes, a DBO_{5,20} no mês de maio (pré-chuva) variou no ponto TG (8 mg.L⁻¹), AMV (6 mg.L⁻¹) e no ABR (4 mg.L⁻¹). No mês de junho (pós-chuva) houve um aumento significativo de (26 mg.L⁻¹) no ponto TG, no ABR (15 mg.L⁻¹) e no ponto AMV não houve grande variação (7 mg.L⁻¹). No que se refere ao mês de novembro (seco) variou de (19 mg.L⁻¹) no ponto TG, no AMV (10 mg.L⁻¹) e no ponto ABR (20 mg.L⁻¹).

Barreto & Garcia (2010) observaram valores semelhantes aos do presente estudo no açude Buri-Frei Paulo no açude, a DBO_{5,20} variou no período chuvoso de 11,8 mg.L⁻¹ a 31,8 mg.L⁻¹ e na época seca de 9,5 mg.L⁻¹ a 14,0 mg.L⁻¹.

Figura 63. Variação média da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (março, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

Os açudes TG, AMV, ABR exceto o ABR (4 mg.L⁻¹), no período pré-chuva foram enquadrados na categoria classe 3 doce, conforme estudos e avaliação concretizada.

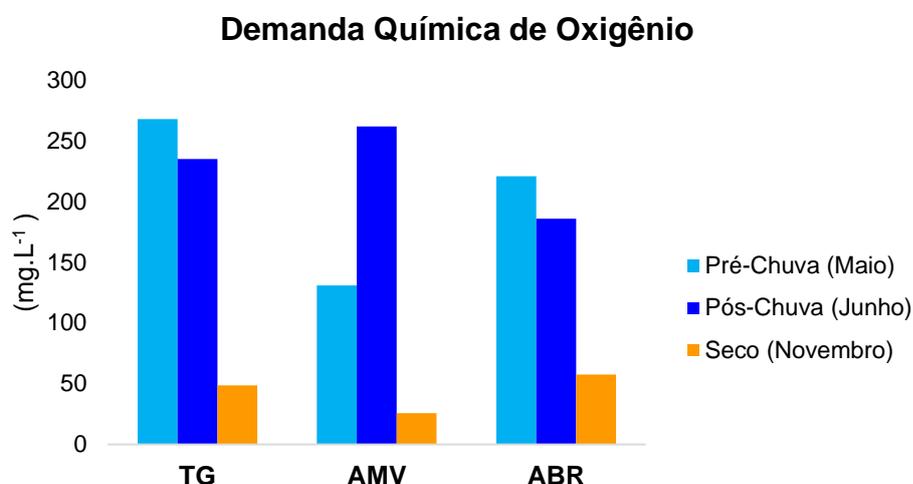
De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05 a DBO não deve ser superior a 10 mg.L⁻¹, e se estiver acima deste valor indicará comprometimento da quantidade de oxigênio dissolvido no meio. Observa-se que todos os pontos e períodos avaliados apresentaram valores acima da legislação vigente para água classe 2 e 3 doce, em destaque para os pontos TG e ABR.

5.4.8. Demanda Química de Oxigênio

Os autores Richter e Netto (2007) definem a DQO como sendo uma medida que permite avaliar a carga de poluição de corpos d'água e de esgotos domésticos e industriais, em termos de quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação. Ou seja, retrata o teor de matéria orgânica nos esgotos ou corpos d'água, sendo, portanto, um indicador do potencial consumo do oxigênio dissolvido na água. Deste modo, quanto maior a DQO, maior o teor de oxigênio dissolvido na água e maior o grau de poluição da mesma.

Nas amostras analisadas, o valor de DQO durante o estudo tiveram muitas variações em relação aos períodos e aos pontos de coleta. No mês de maio (pré-chuva) variou de 131 mg.L⁻¹ no ponto AMV a 268 mg.L⁻¹ no ponto TG e no mês de junho (pós-chuva) de 186 mg.L⁻¹ no ponto ABR a 262 mg.L⁻¹ no ponto AMV. Com relação ao mês de novembro (seco) variou de 26 mg.L⁻¹ no ponto AMV a 58 mg.L⁻¹ no ponto ABR conforme observado na Figura 64.

Figura 64. Variação da Demanda Química de Oxigênio nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

A Resolução nº 357/05 CONAMA, não faz referência de limites para esta variável. Autores como Barreto & Garcia (2010) e Madruga (2008) revelaram valores de DQO em corpos hídricos próximos a áreas urbanas inferiores aos resultados encontrados neste estudo, sendo de Barreto & Garcia (2010) no período chuvoso de 15,3 mg.L⁻¹ a 81,6 mg.L⁻¹ e no período seco de 42,5 mg.L⁻¹ a 109,2 mg.L⁻¹ e Madruga (2008) 11,4 mg.L⁻¹ a 17,0 mg.L⁻¹, respectivamente.

5.4.9. Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência à passagem da luz através da água. Quando de origem natural, pode estar associado a partículas de rocha, argila e silte, algas e outros micro-organismos, no entanto, quando de origem antropogênica pode estar relacionado a compostos tóxicos e organismos patogênicos (BINOTTO, 2012).

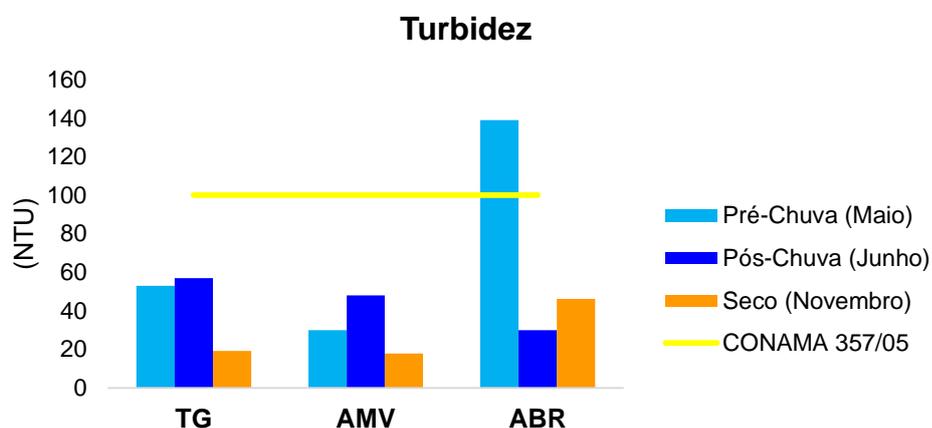
Segundo Santos (2010) diz que o valor da turbidez da água é diretamente proporcional à quantidade de luz que passa por ela e que o conhecimento desse potencial auxilia para o monitoramento do poder de corrosão. “A suspensão de partículas sólidas na coluna d’água lhe dá essa característica, que diminui a claridade e reduzem a transmissão da luz por ela. A alta turbidez compromete o ecossistema aquático, uma vez que reduz a fotossíntese da vegetação aquática (CETESB, 2009).

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05 o valor máximo permitido (VMP) é de 100 UNT, para as Águas Doces de Classe 2. Os valores da turbidez encontrados para as águas dos açudes, com exceção ponto ABR (139 UNT) no mês de maio o (pré-chuva) ficaram abaixo do permitido obtendo uma variação de 30 no ponto AMV a 53 UNT no ponto TG, no

mês de junho (pós-chuva) tiveram uma variação de 30 no ponto ABR a 57 UNT no ponto TG, e no mês de novembro (seco) de 18 no ponto AMV a 46 UNT no ponto ABR conforme ilustra a Figura 65.

O maior pico de turbidez apresentado no ponto ABR pode estar relacionado pelos despejos de efluentes doméstico que foi observado pelas tubulações emissárias, além de resíduos sólidos em decomposição a margem do açude, ocasionado visualmente uma água bastante turva neste período. O resultado encontrado para este parâmetro corrobora com as pesquisas realizadas pela Cetesb (2009) que os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

Figura 65. Variação média da Turbidez nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

Autores como Barreto & Garcia (2010) e Lima & Garcia (2008) encontraram valores de Turbidez inferiores ao encontrado. No trabalho de Barreto & Garcia (2010) turbidez variou no período chuvoso de 10,71 NTU a 12,33 NTU e no período seco de 1,80 NTU a 2,10 NTU e o de Lima & Garcia (2008), os valores da turbidez encontrados para as águas do açude na época chuvosa, variaram entre 17,8 a 26,8 NTU, estando classificadas, para esse parâmetro, como Água Doce Classe 1. Os valores encontrados na barragem, também nesta mesma época, foram maiores, entre 43,7 e 66,5 NTU, estando classificada como Água Doce Classe 2. No período seco os valores decresceram nos dois corpos d'água: no açude estiveram entre 10,30 e 23,60 NTU e na barragem entre 19,70 e 21,70 NTU, sendo ambos classificados como Águas Doces Classe 1.

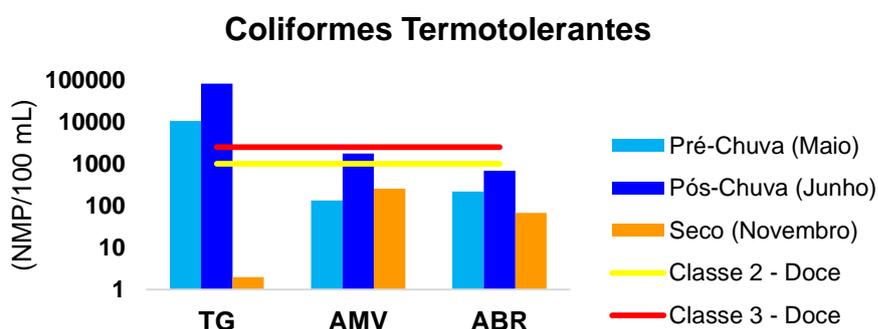
5.4.10. Coliformes Termotolerantes

Dentre o grupo de bactérias coliformes que estão presentes nas fezes, segundo Silveira et al. (2009), 95% são representadas pela *Escherichia coli* (*E. coli*), sendo a principal bactéria indicadora de contaminação fecal através de fezes cuja origem é exclusivamente de humanos ou animais de sangue quente indicando contaminação recente.

A variação da concentração de coliformes termotolerantes, ao longo das campanhas de medição, pode ser observada na Figura 66. De acordo com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/05 para águas doces de classe II, que determina o limite de até 1.000 NMP/100 mL de *E. coli* ou coliformes termotolerantes em amostras de 100 mL de água. No caso das águas doces de Classe III, as condições e padrões de coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Nota-se que os coliformes fecais estiveram presentes em todos os pontos e períodos avaliados. No mês de maio (pré-chuva) variou no ponto TG (10.500 NMP/100 mL), AMV (133 NMP/100 mL) e no ABR (217 NMP/100 mL). No mês de junho (pós-chuva) houve um aumento expressivo de (81.650 NMP/100 mL) no ponto TG, no AMV (1.763 NMP/100 mL) e no ponto ABR (677 NMP/100 mL). No que diz respeito ao mês de novembro (seco) obteve-se uma redução deste grupo variando no ponto TG (2 NMP/100 mL), AMV (257 NMP/100 mL) e no ABR (67 NMP/100 mL).

Figura 66. Variação média dos Coliformes Termotolerantes nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016).



Fonte: Autor, 2016.

Observa-se que os pontos amostrais de maior contaminação por coliformes fecais foram o TG e AMV, que podem ter sido ocasionados pelo transporte através do escoamento superficial do material fecal acumulado nos canais de drenagem dos açudes. Ou pela maior influência da urbanização e falta de infraestrutura, pois o equipamento está localizado em uma

área de ocupação urbana espontânea e com presença de tubulações emissárias de esgoto domésticos.

Vale ressaltar que no mês de maio e junho a água nos pontos TG e AMV (junho), devido ao aumento considerável de *E.coli* nas amostras, apresentaram-se fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Uma possível hipótese levantada para essa notável diferença diz respeito à sazonalidade local, visto que os picos de concentração ocorreram no período pré-chuva e pós chuva.

Macedo (2003) afirma que a presença de coliformes em água eleva o risco da presença de microrganismos patogênicos, conseqüentemente, se tornando veículo para transmissão de vários tipos de doenças.

Magalhães e colaboradores (2014) encontraram valores inferiores aos resultados encontrados. O número de coliformes termotolerantes foi 6,8 NMP/100 mL no açude A e 2,7 x 10² NMP/100 mL no açude B, indicando que as amostras estão dentro dos padrões aceitáveis para dessedentação animal.

Resultado semelhantes a este estudo foram encontrados no trabalho de Buzelli e Cunha-Santino (2013) obtiveram média de coliformes fecais e coliformes totais coletadas no reservatório Barra Bonita, SP no período de chuvas: 3800 NMP/100 ml a 56000 NMP/100 ml e no período de estiagem: 50 NMP/100 ml a 46000 NMP/100 ml. Assim como no de Brito et al. (2005) em água dos açudes dos municípios de Ouricuri-PE e Canudos-BA que apresentaram níveis de coliformes fecais acima dos padrões estabelecidos pela legislação.

Os resultados do trabalho realizado por Lima (2008), correspondente ao período chuvoso, demonstraram que para os coliformes termotolerante e total, os valores estiveram elevados nos pontos 3 e 4 do açude, fato este previsível pois esses pontos se localizam próximo da região que recebe o esgotamento sanitário da cidade de Ribeirópolis.

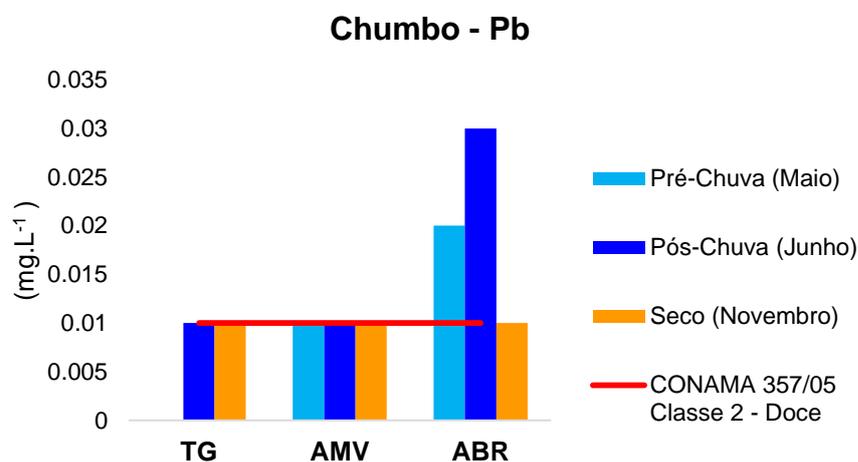
No período seco, as altas concentrações de coliformes, notadamente o total, nas estações 1,2 e 3, como também o aumento nos pontos da barragem (5 e 6), fato explicado pela diminuição do volume e não renovação da água, que ocasiona uma maior concentração de coliformes, já que se torna menor a diluição.

5.4.11. Chumbo

A Figura 67 apresenta a variação das concentrações de chumbo nos pontos de amostragens ao longo do período de estudo. Durante as coletas realizadas no mês de maio (pré-chuva) a concentração do chumbo variou de (0,01 mg.L⁻¹) no ponto AMV a (0,02 mg.L⁻¹) no ponto ABR e junho (pós-chuva) variaram de (0,01 mg.L⁻¹) no ponto TG a (0,03 mg.L⁻¹) no ponto ABR. No mês de novembro (seco) nos pontos TG, AMV e ABR não apresentaram

oscilações tendo, em geral, valores muito próximos do limite permitido pela legislação vigente. Além disso, esse elemento não foi detectado na água do ponto TG no período pré-chuva.

Figura 67. Variação média do Chumbo nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/05 a concentração de Pb para águas de Classe 2 é de até 0,01 mg.L⁻¹, portanto, as concentrações obtidas na água dos açudes em maio (pré-chuva) e junho (pós-chuva) no ponto ABR, foram superiores ao valor recomendado pela resolução. Este valor pode ser atribuído ao fato de que este ponto fica a margem da BR 116 e próximo a um lixão a céu aberto, além de uma tubulação emissária de efluentes domésticos.

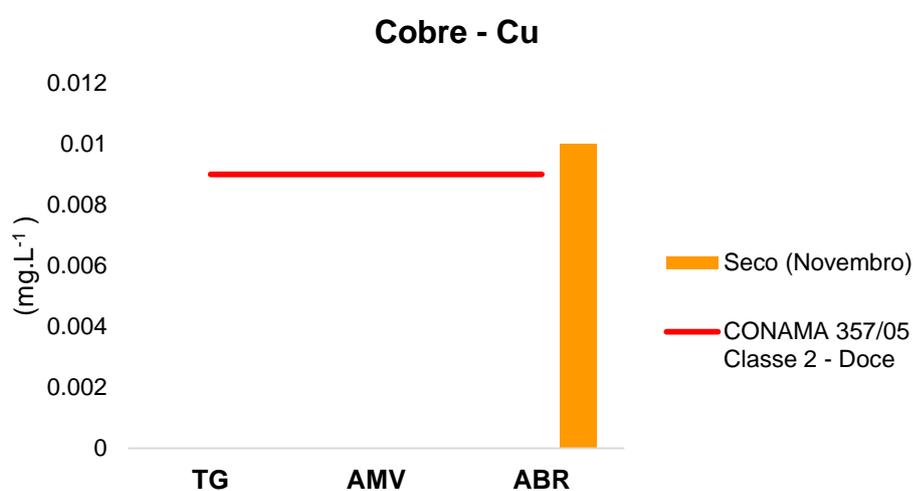
Segundo Paoliello e Chasin (2001) a maior parte do chumbo encontrado no ar, alimento, água e poeira, surge de emissões provenientes de automóveis (nos locais onde o metal ainda é usado na gasolina) e de fontes industriais. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios à base de chumbo (CETESB, 2009).

Estudos realizados por Silva et al. (2014), Batista & Freire (2010) em açudes no estado da Paraíba encontraram concentrações mínimas de chumbo de acordo com o padrão CONAMA 357/2005. Resultados superiores aos obtidos no estudo foram revelados por Machado (2003), que encontrou em amostras de água do reservatório de Gramame/Mamuaba concentrações de chumbo que variaram entre 0,002 mg.L⁻¹ e 0,16 mg.L⁻¹, concentração essa, fora dos padrões estabelecidos pela Resolução citada para classe 2.

5.4.12. Cobre

Os resultados da concentração de cobre presente na água dos açudes, demonstrada na Figura 68, revela que neste parâmetro os valores variaram de 0 ao limite de quantificação do aparelho que é de 0,002 mg.L⁻¹, com exceção do ponto ABR (0,010 mg.L⁻¹) estando acima do limite permitido a Resolução CONAMA N° 357/05 que estabelece 0,009 mg.L⁻¹ para corpos de água de classe 2.

Figura 68. Variação média do Cobre nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

Constatou-se ao longo da pesquisa que o lançamento de efluentes domésticos e o acúmulo de lixo (resíduos sólidos) nas margens do açude no ponto ABR foi uma constante observação e realidade cotidiana, não havendo processo de minimização desses resíduos nas águas.

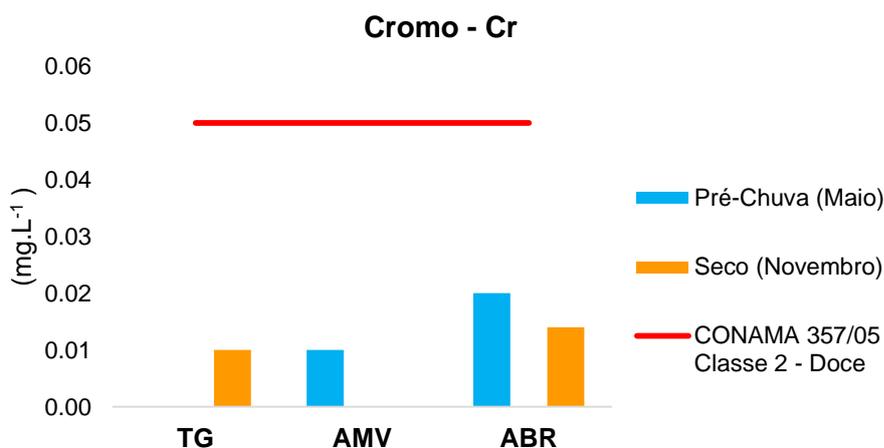
Estudo realizados por Batista & Freire (2010) encontram valores para este parâmetro acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/05. Fato atribuído as essas altas concentrações pelo despejo de esgoto de efluentes de origem doméstica e/ou industriais à possível presença de resíduos sólidos submersos, ou oriundos das galerias de abastecimento do açude.

5.4.13. Cromo

O cromo é um elemento que pode ser encontrado nas águas, ar, rochas, solos e em toda matéria biológica, porém não é comum a ocorrência natural de concentrações elevadas em águas.

Conforme demonstra a Figura 69, foi observado concentração do cromo nas águas dos açudes, estando todos os pontos e períodos dentro dos limites estabelecido Resolução CONAMA N° 357/05 (0,05 mg.L⁻¹). No mês de maio (pré-chuva) variou de (0,01 mg.L⁻¹) no ponto AMV a (0,02 mg.L⁻¹) no ponto ABR. No mês de novembro (seco) variou de (0,01 mg.L⁻¹) no ponto TG a (0,014 mg.L⁻¹) no ponto ABR. Ressalta-se que não foi detectado a presença deste elemento nos pontos TG nos períodos (pré-chuva pós-chuva e seco), AMV (pós-chuva e seco) e ABR (pós-chuva). De acordo com Barros (2001) as concentrações de cromo em água doce são geralmente muito baixas (menor do que 0,001 mg.L⁻¹).

Figura 69. Variação média do Cromo nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

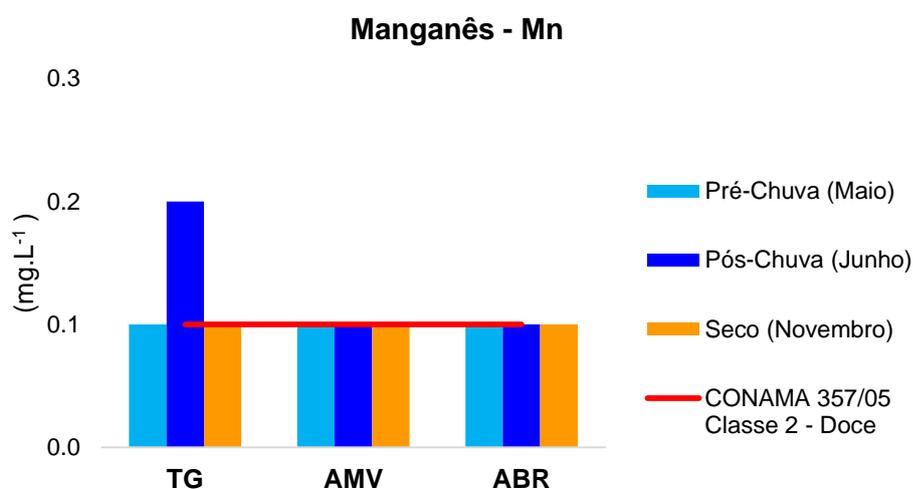
Os resultados observados no presente trabalho diferem dos obtidos no estudo realizado por Silva et al. (2014), os valores encontrados para este parâmetro variou de 0,00 a 0,06 mg.L⁻¹. Por outro lado, Batista e Freire (2010) encontram valores para este parâmetro em todos os pontos em conformidade com Resolução CONAMA N° 357/05 para água classe 2.

5.4.14. Manganês

A presença de Manganês é atribuída, em sua maioria, ao fato dos solos apresentarem em sua constituição óxidos de manganês. Conforme estudos realizados por Ayres & Westcot (1991), o Mn raramente atinge concentrações de 0,1 mg.L⁻¹ em águas superficiais naturais, em geral, está presente em quantidades abaixo de (0,2 mg.L⁻¹).

De acordo com a Figura 70, a concentração de manganês apresentou valores que variam de 0,1 mg.L⁻¹ a 0,2 mg.L⁻¹. Pode-se verificar que em todos os pontos e períodos analisados estavam em conformidade com limites estabelecido pela a Resolução CONAMA N° 357/05 (0,1 mg.L⁻¹), com exceção do Ponto TG no mês de maio (pré-chuva) essa concentração excedeu o valor de (0,2 mg.L⁻¹).

Figura 70. Variação média do Manganês nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)

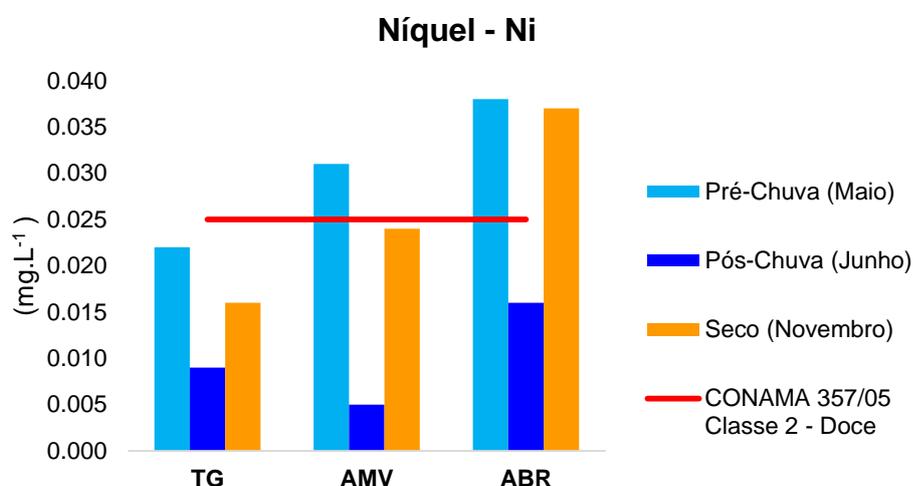


Caso superior ao do presente trabalho foi observado por Ramalho et al. (2000) em estudo sobre a deposição de metais pesados decorrente do uso de insumos agrícolas na microbacia de Caetés-RJ, encontraram teores de Mn na água do córrego e do açude superiores aos limites estabelecidos pelo CONAMA, devido ao uso contínuo de agroquímicos.

5.4.15. Níquel

Os resultados das concentrações de Níquel (Ni) presente na água dos açudes podem ser observados na Figura 71. Verifica-se que este elemento apresentou uma variação de (0,022 mg.L⁻¹) no ponto TG a (0,038 mg.L⁻¹) no ponto ABR no mês de maio (pré-chuva). Em junho (pós-chuva) variou de (0,005 mg.L⁻¹) no ponto AMV a (0,016 mg.L⁻¹) no ponto ABR. No mês de novembro (seco) variou de (0,016 mg.L⁻¹) no ponto TG a (0,037 mg.L⁻¹) no ponto ABR.

Figura 71. Variação média do Níquel nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



Fonte: Autor, 2016.

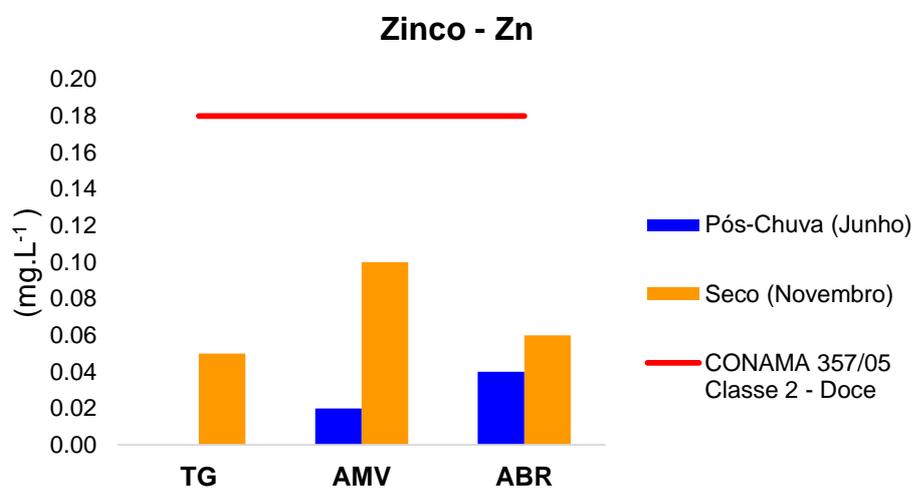
Os únicos pontos que apresentaram em desconformidade com a Resolução CONAMA N° 357/05 ($0,025 \text{ mg.L}^{-1}$) para águas de Classe 2 foi o ponto AMV no período pré-chuva e ABR nos períodos pré-chuva e seco.

Os valores de Ni observados neste trabalho variaram em faixas semelhantes ou próximas a dos valores relatados por Silva et al. (2014) na avaliação preliminar da presença de metais traço, nas águas do Riacho Mussuré e o Córrego de Mumbaba, João Pessoa – PB.

5.4.16. Zinco

No que se refere as concentrações de zinco presente na água, verifica-se na Figura 72 que em todos os pontos e períodos avaliados as amostras apresentaram baixos valores quando comparadas com o valor referência estabelecido pela a Resolução CONAMA N° 357/05 ($0,18 \text{ mg.L}^{-1}$) para águas de Classe 2. Dos valores observados para este parâmetro estiverem entre a faixa de ($0,00 \text{ mg.L}^{-1}$) ao limite de quantificação do aparelho que é de $0,008 \text{ mg.L}^{-1}$ a ($0,10 \text{ mg.L}^{-1}$). Este metal foi detectado no mês de junho (pós-chuva) $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto AMV a $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto TG e no mês de novembro (seco) $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto TG a 10 mg.L^{-1} no ponto AMV.

Figura 72. Variação média do Zinco nos açudes públicos no Município de Teofilândia-BA nos pontos de coleta (maio, junho e novembro de 2016)



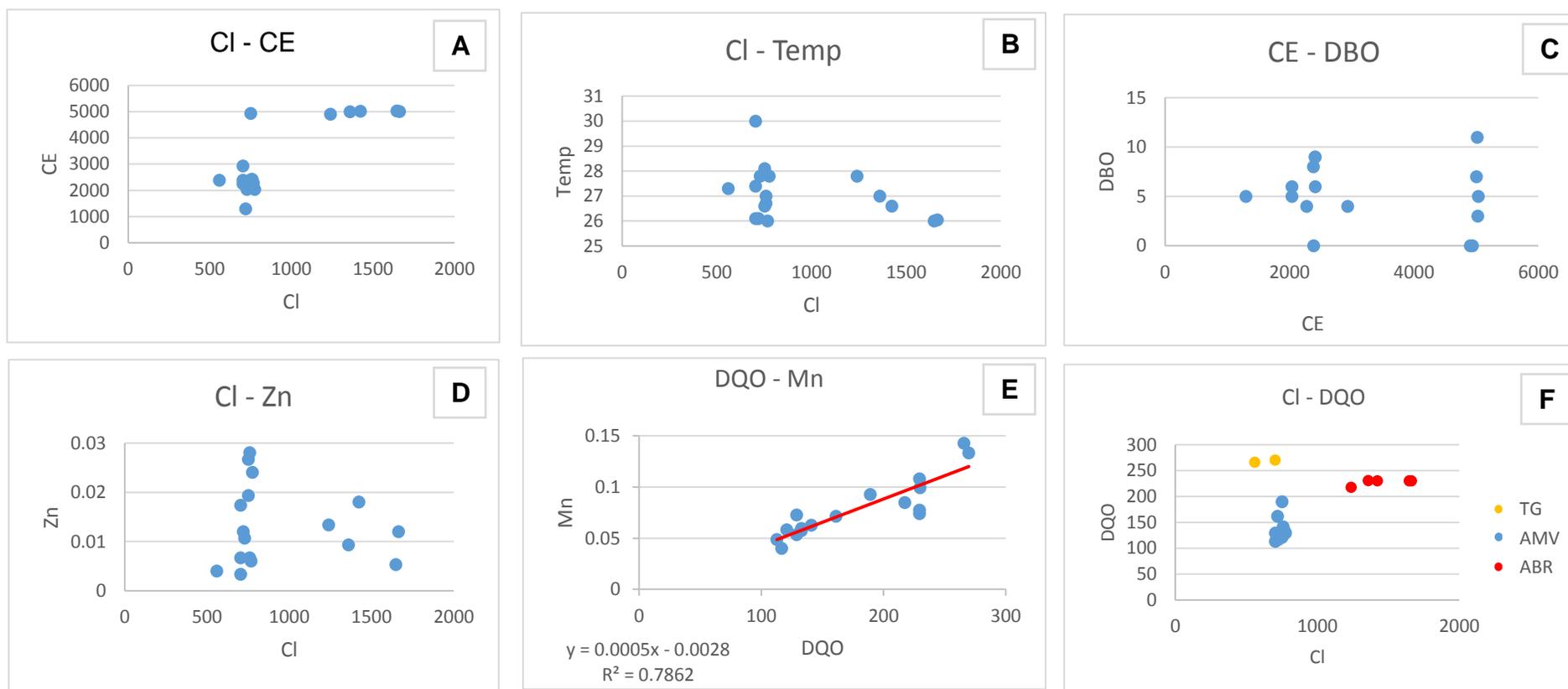
Fonte: Autor, 2016.

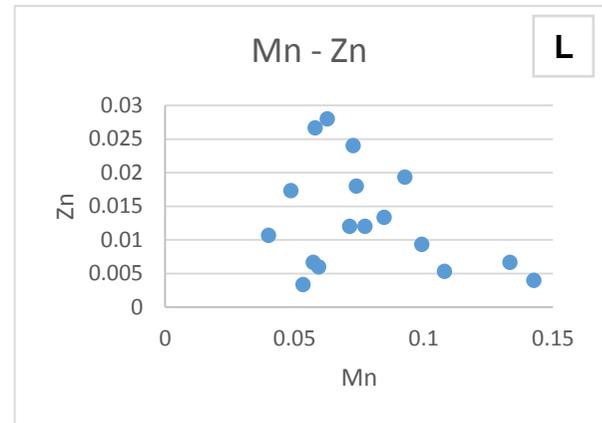
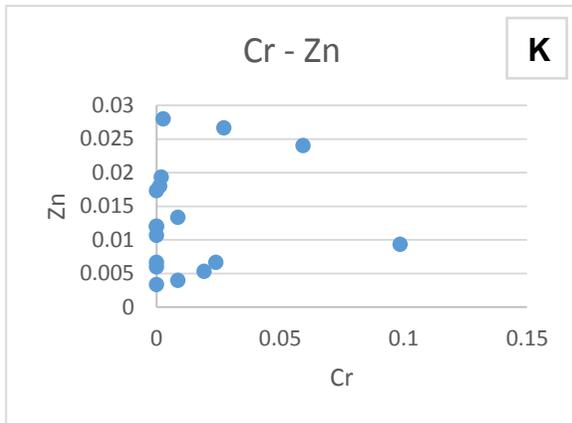
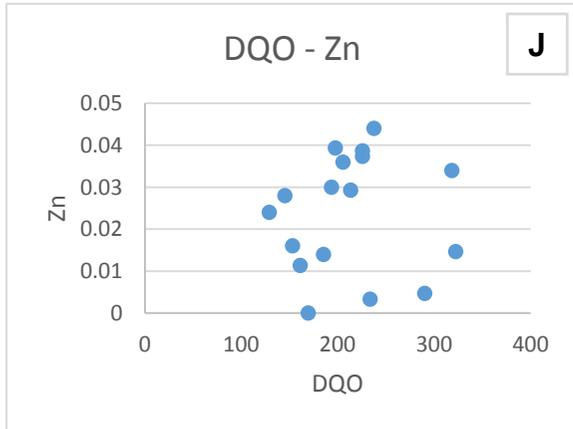
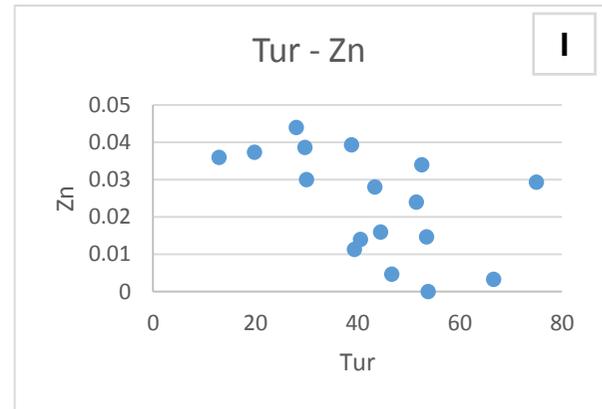
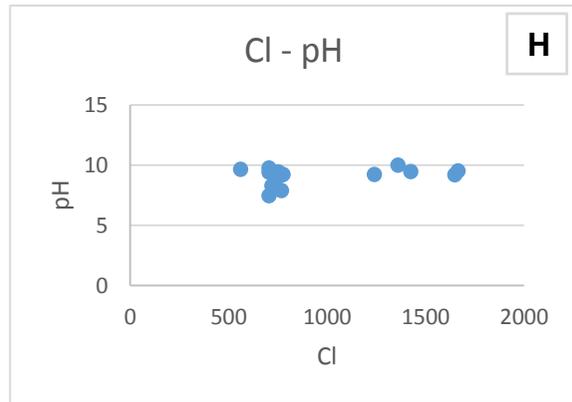
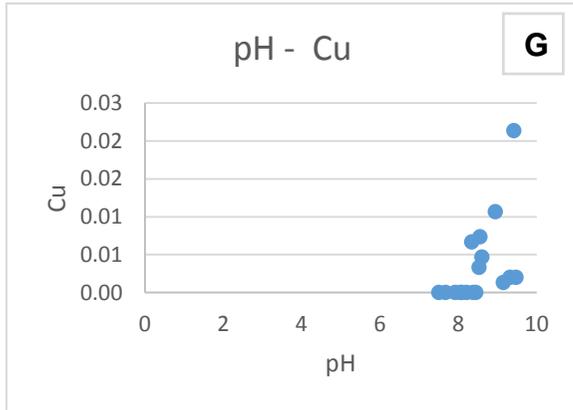
O resultado encontrado para este parâmetro corrobora com o reportado por Philippi et al. (2004), que afirmam em águas superficiais, as concentrações de Zn estão normalmente na faixa de 0,001 a 0,10 mg.L⁻¹.

5.5. Análise da correlação entre parâmetros físico-químicos e os teores de metais pesados

Objetivando revelar relações que oferecem informações sobre processos geoquímicos que controlam ou influenciam na qualidade da água na área de estudo, foram analisados os pares das variáveis para verificar possíveis correlações lineares entre os parâmetros físico-químicos e metais pesados das águas dos três açudes públicos no município de Teofilândia-BA, referente ao mês de maio, junho e novembro de 2016. Foram realizadas 235 associações cujos pares se enquadram naquelas apresentadas na figura 73.

Figura 73. Escategramas representando a existência ou não de correlação entre os parâmetros físico-químicos e metais pesados das águas dos três açudes públicos no município de Teofilândia-BA.





Na análise de correlação foram estudadas as possíveis associações entre os parâmetros físico-químicos, entre os metais pesados e entre os parâmetros físico-químicos e metais pesados. Foram identificados “outliers” nos resultados que, embora representando valores reais, não fizeram parte das análises paramétricas. A maioria dos pares avaliados não apresentaram relação linear simples o que impossibilitou o cálculo de correlação ou de Pearson, ou de Kendall ou de Spearman (Figura 73).

Para tanto, no mês de maio os pares de variáveis que apresentaram escatogramas semelhantes foram **Cl** com: Temp, OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **Temp** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **pH** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **OD** com: CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **CE** com: DBO, DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **DBO** com: DQO, Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **DQO** com: Tur, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **Tur** com: Pb, Cr, Mn, Ni e Zn; **Pb** com: Cr, Mn, Ni e Zn; **Cr** com: Mn, Ni e Zn; **Mn** com: Ni, Zn e **Ni** com Zn.

Em junho entre **Cl** com: Temp e pH; **Cl** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **Temp** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **pH** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **OD** com: CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **CE** com: DBO, DQO, Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **DBO** com: Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **DQO** com: Tur, Pb, Mn, Ni e Zn; **Tur** com: Pb, Mn, Ni e Zn; **Pb** com: Mn, Ni e Zn; **Mn** com: Ni, Zn e **Ni** com Zn.

No que refere-se ao mês de novembro as semelhanças (correlação cruzada) ocorreram entre **Cl** com Temp e pH; **Cl** com OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **Temp** com: pH, OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **pH** com: OD, CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **OD** com: CE, DBO, DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **CE** com: DBO, DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **DBO** com: DQO, Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **DQO** com: Tur, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **Tur** com: Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **Pb** com: Cu, Cr, Mn, Ni e Zn; **Cu** com: Cr, Mn, Ni e Zn; **Cr** com: Mn, Ni e Zn; **Mn** com: Ni, Zn e **Ni** com Zn.

Desse modo, as correlações fortemente positivas ocorreram entre os pares DQO-Mn ($r=0,89$) no mês de maio e DBO-DQO ($r=0,69$) em junho (Figura 73 E), o que pode significar que a DQO pode ser um dos fatores de liberação de Mn para água, ou conforme aumenta a DQO, o Mn tende a aumentar, ou vice-versa. Assim como aumentando a quantidade da DBO, conseqüentemente maior será a quantidade de DQO no corpo d'água. Ressalta-se que a relação entre a DBO-DQO, foi específica dos ambientes em estudo, uma vez que a DBO refere-se ao despejo de origem predominantemente orgânica e a DQO de origem industrial.

Os pares de variáveis que permitiram a separação entre os corpos d'água (TG, AMV e ABR) foram: Cl-Mn, Cl-DQO, CE-DQO, CE-Mn, Tur-Mn (maio) e Cl-OD, Cl-Tur, Cl-Zn (novembro) respectivamente (Figura 73 F).

Em situações particulares parte dos resultados apresentaram certa linearidade, retas paralelas a “x” ou a “y”, ou seja, uma variável permanece constante e a outra aumenta, mas,

essa linha não apresenta uma correlação (Figura 73 G e H). Isso significa, que por mais que as amostras apresentem variações de cloreto, o pH permanece estável (Figura 73 H). Assim como foi observado entre Cl-Temp, Temp – Ph no mês de maio e Cl-Temp, Cl-pH nos meses de junho e novembro.

A Figura 73 (“I”, “J”, “K” e “L”) demonstram claramente a independência dos dados, representando 83 % do total das associações analisada, indicando que não houve correlação linear entre as variáveis. Porém, isto não significa que as variáveis X e Y não tenham relação, indica apenas que não há relação linear.

6. Conclusões e Recomendações

Na avaliação dos resultados do mapa de Uso Ocupação do Solo foram obtidos os seguintes percentuais de área: 44,46% de cultura agropecuária representando a maior parte a noroeste do município; 10,72% da agricultura permanente (agave); 17,15% da vegetação (caatinga); 6,64% de solo exposto; 8,82% das classes sombras; 0,16% de corpos d'água e 12,05% da área urbana.

A imagem do satélite Landsat 8 sensor OLI, com resolução espacial de 30 metros possibilitou identificar apenas os corpos d'água com áreas expressivas (aquelas acima de 2 ha), o que corresponde a 22 pixels (cada pixel no visível e infravermelho tem 900m²). Do total de açudes mapeados (33 açudes), 52% (17 açudes) foram passíveis de identificação.

Em termos gerais, a partir do conhecimento existente sobre a área de estudo, considera-se que houve um resultado satisfatório na classificação aplicada (TAU=0,70). Os valores considerados baixos obtidos com o cálculo do índice de TAU (0,52), decorreram da variação temporal, ou seja, a data das imagens interpretadas (2014) e os trabalhos de campo (2016).

Com relação ao resultado da avaliação da qualidade da água dos três açudes, localizados próximo ao perímetro urbano no município de Teofilândia-BA, pode-se afirmar que as variações de Temperatura, Salinidade, pH e os valores de Turbidez com exceção do ponto ABR (pré-chuva), apresentaram-se normais e dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas de classe 2 doce. Entretanto, a alta concentração de Cloreto, Condutividade Elétrica, OD, DBO, DQO e Coliformes Termotolerantes, apresentaram variações de valores que excederam os limites estabelecidos pela legislação CONAMA Nº357/2005 para águas de classe 2.

A principal fonte poluidora das águas dos açudes é proveniente de origem antropogênica, principalmente pelas atividades agropecuárias que representaram conforme o mapa de uso e ocupação do solo 44,46% da área total. Este fato ficou evidenciado com a alteração da qualidade da água observada na ocorrência de eventos chuvosos, uma vez que, o solo exposto fica mais susceptível ao deflúvio superficial com a retirada da vegetação natural para implantação dessas atividades.

De acordo com Simedo et al. (2014) a qualidade da água dos recursos hídricos é diretamente influenciada pela vegetação presente em suas margens e pelas ações humanas uma vez que os corpos de água possuem capacidade de assimilar poluentes e se auto depurar.

Os resultados do estudo mostram que não existe infraestrutura disponível em relação ao provimento de esgotamento sanitário, os esgotos domésticos produzidos nos bairros adjacentes são lançados nas ruas ou diretamente nos corpos d'água.

A baixa concentração de oxigênio, pode estar relacionada, com a oxidação de matéria orgânica proveniente de resíduos domésticos, industriais, animal e do solo. Lançamentos de esgoto doméstico e resíduos provenientes da agropecuária são as fontes de poluentes dos pontos onde apresenta os maiores teores de DBO.

As fontes pontuais de lançamento de esgotos e dejetos animais provocaram alterações quantitativas para mais no número de coliformes termotolerantes. Collins et al. (2005) afirmaram que o escoamento superficial é a principal forma de alcance dos corpos d'água pelos micro-organismos como *E. Coli*. Foi constatado *in loco*, lançamento de esgoto doméstico através de tubulações e ligações de galerias pluviais, além de dejetos animais a margem dos reservatórios, validando os altos valores microbiológicos ocorridos nos pontos TG e AMV no mês de junho (pós-chuva).

No mês de maio (pré-chuva), por se tratar de um período em que se estão iniciando as chuvas, a quantidade de coliforme total é baixa em relação ao mês de junho (pós-chuva). Segundo Emiliani & Gonzalez (1998) o número de coliformes fecais está diretamente relacionado com os níveis de chuva local. O aumento dos coliformes associado ao aumento do nível hidrométrico indica a presença de contaminadores de origem difusa.

Os valores alterados dos parâmetros: turbidez, cloretos e condutividade e revelam que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos, tanto de origem orgânica como inorgânica, que pode ser provocada tanto pelo despejo de esgotos como pela erosão da margem dos corpos d'água devido a retirada da vegetação nativa. A ocorrência difusa de fontes de aporte de cloreto interferiu na qualidade das águas dos açudes, indicando que a introdução destes compostos acarretou a salinização das mesmas.

O aumento significativo do cloreto deve-se provavelmente, a presença de íons carbonato e bicarbonato, já que esses íons, segundo Esteves (1998), também são responsáveis pelos valores de condutividade elétrica. Os valores de condutividade elétrica oscilaram significativamente de um ponto a outro, entretanto, os maiores valores foram observados no ponto localizado próximo ao lixão a céu aberto.

Verificou-se que os metais cromo e zinco, em todos os pontos e períodos avaliados apresentaram concentrações mínimas do valor máximo permitido (VMP). Os metais níquel nos pontos AMV (pré-chuva) e ABR (pré-chuva e seco), chumbo nos períodos (pré-chuva e pós-chuva) no ponto ABR, manganês no ponto TG (pós-chuva) e cobre no ponto ABR (seco) apresentaram teores acima do limite permitido do padrão CONAMA 357/2005. No período pré-chuva a tendência de contaminação na água seguiu a ordem decrescente: Ni>Pb>Mn>Cr, no pós-chuva: Ni>Pb>Mn>Zn e no seco: Ni>Pb>Cu>Zn.

No que se refere a concentração de cádmio na água os resultados revelaram que os valores estiveram abaixo do limite de detecção do aparelho que é de 0,009 mg.L⁻¹ durante

todos os períodos e pontos amostrados. Portanto, não atingindo valores superiores ao limite (0,001 mg.L⁻¹) para águas classe 2 da Resolução supracitada.

As concentrações destes metais na água não se diferenciaram entre os pontos amostrais. Vários fatores podem ter contribuído para esse resultado, como ações antropogênicas, geologia local, estações climáticas e variáveis ambientais da água. Por outro lado, as atividades agropecuárias, a inexistência de uma rede esgotamento sanitário nas imediações dos açudes, também contribuíram para não diferenciações entre os locais de coleta.

Os resultados encontrados corroboram com os de Jarup (2003) que observou durante a estação chuvosa, a elevada contaminação por Cd, Pb, Cu e Ni que podem estar relacionados com o descarte de pilhas e baterias em área de deposição de resíduos sólidos localizados próximo aos corpos de água.

Comparando regionalmente a concentração dos metais com o estudo de Batista & Freire (2010) sobre a avaliação de metais pesados no corpo aquático do Açude Velho, Campina Grande – Paraíba, dos metais pesados investigados (cádmio, cobre, chumbo, cromo e mercúrio) os que apresentaram resultados em desconformidade com a referida legislação foram o cádmio e o chumbo.

De acordo com às possíveis correlações lineares existentes entre os parâmetros físico-químicos e metais pesados das águas dos três açudes públicos no município de Teofilândia-BA, pode-se evidenciar que a maioria das variáveis não apresentaram correlações lineares. As maiores correlações lineares positivas encontradas foram entre os pares DQO-Mn ($r=0,89$) no mês de maio e DBO-DQO ($r=0,69$) em junho. Embora na presente análise, as variáveis não se correlacionem, os cálculos do coeficiente de Pearson podem ser feitos, mas não possuem representatividade. Entretanto, pode-se verificar que a ausência de correlação pode indicar a não associação, portanto uma relação de independência entre as variáveis analisadas.

Diante deste contexto, pode-se concluir que os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais pesados, foram bastante influenciados pelo fator sazonal das precipitações pluviométricas aliado a carência do sistema esgotamento sanitário na cidade, a falta de diretrizes do poder público referente ao planejamento urbano-ambiental. E devido à heterogeneidade dos açudes amostrados, cada período avaliado apresentou resultados diferentes, não seguindo um padrão em relação aos pontos analisados.

Considerando os resultados obtidos nesta pesquisa, sugerem estudos contínuos e a necessidade de ações mitigatórias que visem o esclarecimento da população a respeito da qualidade da água dos açudes públicos, de modo que evitem o lançamento de esgoto domésticos e resíduos sólidos, assim como, as lavagens de veículos e uso desordenado do

açude para banho de humanos e animais, pois, as águas são utilizadas para pesca e dessedentação animal, fatores que podem ocasionar sérios problemas a saúde para pessoas que utilizam desse recurso, principalmente daquelas que se alimentam dos peixes provenientes dos açudes.

Salienta-se a importância deste estudo em pesquisas futuras, já que foram mensurados dados como área dos açudes e qualidade da água, que poderão ser usados como base para pesquisas relacionados com a temática. Assim como sugere a continuação da avaliação dos parâmetros físico-químicos e um estudo mais minucioso de contaminação por metais pesado, além das análises de sedimentos nos corpos hídricos, para avaliar a contaminação por metais nestes sedimentos.

Recomenda-se um estudo detalhado sobre a origem da fonte pontual de contaminação por cloreto, como também ampliar o número de açudes a serem avaliados.

Recomenda-se de a identificação e remoção de tubulações emissária de efluentes domésticos dos açudes, o controle e remediação do lixão e áreas contaminadas dispostos em terrenos permeáveis que contribuem para a poluição hídrica através da lixiviação e percolação de contaminantes pelo solo.

Recomenda-se a implementação de um sistema de esgotamento sanitário no município, uma vez que a carga potencialmente contaminante pode ser controla ou alterada por meio da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), além de pesquisas futuras relacionando as atuais ações propostas e seus reais efeitos na qualidade das águas dos açudes, para subsidiar novas decisões de políticas públicas.

Referências:

ABDEL-BAKI, A. S. et al. Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. **African Journal of Biotechnology**, v. 10(13), 2541-2547, 2011.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ADORNO E.V., SANTOS E.S., JESUS T.B. 2013. SIG e regressão linear para avaliação ambiental das nascentes do rio Subaé em Feira de Santana-BA, **Boletim Goiano de Geografia**, 33:63-80.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **A questão da água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012. 431 p.

ALEXANDRE, D. M. B.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; FERREIRA, A. C. S. The water quality investigation using GIS and multivariable analysis in a semiarid region reservoir. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.554-561. 2010.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**, 2 ed., Ed. Chapman & Hall, New York. 1997.

American Public Health Association (APHA); AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation, 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2 st ed. Washington, DC. ARAUJO, A. M.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SOUZA, I. H.; LEÃO, R. A. O.; Guerreiro, M. J. Land use effects in groundwater composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Research**, v.106, p.170-177, 2007.

ANTONIO, G.V.L., GEORGINA, F.V. Health risk assessment of zone 7 contaminated with benzene in the environmental liability generated by the "march 18th ex-refinery" in Mexico city. **Ingeniería Investigación y Tecnología**, v. XV, n. 3, p. 419-428, 2014.

ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. **Uso dos Índices de Acurácia para Avaliação de Mapas temáticos obtidos por meios de classificação digital**. In: III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento, Curitiba: Sagres, 1997.

ARAÚJO, A. M. **Identificação de áreas com potencialidades de escoamento e retenção hídrica superficial no município de Teofilândia-BA**. 2011. 111 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana – PPGM/ UEFS. Feira de Santana – BA, 2011.

ARAÚJO, A.B.D. et al. Qualidade microbiológica e avaliação do estado trófico de amostras de água do açude Forquilha-Ce. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.18, p. 368-3379, set. 2014.

ARAÚJO, J.C.; SANTAELLA, S.T. **Gestão da Qualidade**. In: Gestão das Águas. Nilson Campos e Ticina Studart (Edit.). Porto Alegre, RS: ABRH. 2. ed. 242 p. 2001.homem, também são determinantes para a qualidade da água.

ARAÚJO, M. F. F. de; PANOSSO, R. de F.; COSTA, I. A. S. da. (2006). Ações em educação ambiental visando à sensibilização dos moradores da cidade de Jardim de Piranhas para a preservação do Rio Piranhas (RN). **Edu. Amb. em Ação**. n. 18, Ano V.

AREND, K. **Substâncias húmicas e formas de cobre em solos de áreas de videira**. 2010. 115f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

AWADALLAH, A.G.; YOUSRY. M. Identifying Homogeneous Water Quality Regions in the Nile River Using Multivariate Statistical Analysis. **Water Resources Management**, v.26 (7), 2039–2055, 2012.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Water Quality for Agriculture. Tradução H.R. Ghety e J. F. de Medeiros, UFPB, Campina Grande-PB. 1991. 217p.

BAHIA. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, Ciência e Tecnologia. **Recursos Hídricos do Estado da Bahia: ênfase ao semi-árido**. Salvador, CAR, 2005.

_____. Coordenação Estadual dos Territórios. **Território de Identidade 04 – Sisal**. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2007a. Escala: 1:1.500.000. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>> Acesso em: 16 jan. 2014.

_____. **Decreto 12.354**, de 25 de agosto de 2010. Institui o Programa Territórios de Identidade e dá outras providências. Disponível em: <<http://governo-ba.jusbrasil.com.br/legislacao/1024959/decreto-12354-10>> Acesso em: 16 set. 2015.

_____. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI. **Estatísticas dos Municípios Baianos**. Salvador: SEI, v. 23, 2011.

_____. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI. **Bacias Hidrográficas – Estado da Bahia**. Salvador: SEI, 2007b. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br>> Acesso em: 16 nov. 2014.

BARBOSA, J. E. L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (vertical/horizontal) no açude Taperoá II. Trópico semi-árido paraibano**. 2002, 208f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.

BARRETO, P.R.; GARCIA, C. A. B. Caracterização da qualidade da água do açude Buri– Frei Paulo/SE. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 6, n. 9, p.1-21, 2010.

BARROS, M. A. S. D.; SOUSA-AGUIAR, E. F. **Problemas ambientais com soluções catalíticas**: capítulo I – O elemento cromo e suas características. Madri, Espanha: CYTED, 2001. Disponível em: <<http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capituloI.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2014

BATISTA, F. G. A; FREIRE, J. A. Avaliação dos Níveis de Metais Pesados no Corpo Aquático do Açude Velho, Campina Grande – Paraíba. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 4, p. 166-179, out. /dez. 2010.

BATISTA, J. L. O. **Detecção de mudanças da cobertura e uso do solo a partir de índices espectrais de vegetação em ambiente semiárido: enfoque para o município de Teofilândia, Bahia**. 2011. 153 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em

Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, 2011.

BATISTA, J.L.O; SANTOS, R.L. A geotecnologia como ferramenta para o mapeamento do uso e ocupação do solo, entre 2007 e 2008, no município de Teofilândia (BA). **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 095-108, set./dez. 2011. URL: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>. Acesso em: 20 mar. 2015.

BECKER, H.; et al. The influence of castanhão reservoir on nutrient and suspended matter transport during rainy season in the ephemeral Jaguaribe River (CE, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. V.73, nº 1, São Carlos, 2013.

BICUDO, C.E.M., RAMIREZ, J.J.R., TUCCI, A.N.M. et al., 1999, **Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das Garças, São Paulo**. In HENRY, R. (ed.) Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais, FABESP, FUNDIBIO, Botucatu, pp. 449-508.

BINOTTO, D. **Proposta de enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Arroio Jucutinga, Município de Ivorá-RS**. Santa Maria – RS, 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

BLASCHKE, T, LANG, S, LORUP, E, STROBL, J & ZEIL, P. Objected oriented imageprocessing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. **Environmental information for planning**. Vol 2. Metropolis-Verlag. 2000.

BOGGIONE, G. A. **Processamento digital de imagem**. Apostila - Pós-graduação Lato Sensu em Geoprocessamento, FAGO, 2005.

BORGES, E. F. Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê-BA. **Mercator**, v. 8, n. 17, p. 209-220, 2009. DOI: 10.4215/RM2009.0816.0015

BOUZA-DEAÑO, R.; TERNERO-RODRÍGUEZ, M.; FERNÁNDEZ-ESPINOSA, A.J. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). **Journal of Hydrology**, v.361, p.227-239. 2008

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 2ª ed. – São Paulo: Editora Moderna, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988: atualizada até a Emenda Constitucional n. 20, de 15-12-1988. 21. Ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

_____. **Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998.

_____. **Lei nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

_____. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Estações>. Acesso em: 20 out. 2015.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Brasília, 2004.34 p.

_____. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manual do SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>. Acessado em: 11 jun. 2016.

BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos; PORTO, E. R.; CAVALCANTI, N. de B.; GNADLINGER, J.; XENOFONTE, G. H. S. Avaliação da qualidade das águas de açudes nos municípios de Petrolina e Ouricuri, PE e Canudos e Uauá, BA: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina, PI. **Anais...** Teresina: ABCMAC; Governo do Estado do Piauí; Embrapa Semi-Árido; IRPAA; ASA, 2005. 1 CD-ROM

BRODNJAK-VONCINA, D.; DOBCNIK, D.; NOVIC, M.; ZUPAN, J. Chemometrics characterisation of the quality of river water. **Analytica Chimica Acta**, v.462, p.87-100. 2002.

BUZELLI, G. M; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013.

CABRAL, J. B. P.; et al. Caracterização Geoambiental do Reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG (Fase – 1). In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003. **Anais....** Disponível em <http://www.cibergeo.org/XSBG FA/eixo3/ 3.4/229/229.htm>. Acesso: 15 dez. 2015

CALMANO, W. Metals in sedimentos: remobilization and environment hazardes. In: Munaawr,M.;DAVE, G., eds. **Development and Progress insediment Quality Assessment: Rationale,Challenges, Techiques & Strategies**.p.1-33.1996.

CARELLI, L; Lopes, P. P. Caracterização Fisiográfica da Bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental. **B.goiano.geogr**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, jul./dez. 2011. DOI 10.5216/bgg.V31i2.16844.

CARNEIRO, F. M. **Análise do estudo de impacto ambiental e qualidade da água – O caso do Açude Atalho** – Brejo Santo, Ceará. Fortaleza, 2002. 15p.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO-CEI. **Açudes públicos da Bahia: disponibilidade hídrica em reservatórios de grande e médio porte**. Salvador: 1984. 286p.

CERQUEIRA, M.O. **Vulnerabilidade Ambiental no Território do Sisal-Bahia**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Programa em Planejamento Territorial. Universidade Estadual de Feira de Santana/ UEFS. Feira de Santana – BA, 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios**. Apêndice A - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, 2009. p. 19-20.

_____. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. 2007

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos_normativos/conama/2011_CONAMA_RES_430.pdf. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. **Resolução n.º 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 15 set. 2015

_____. CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CODES Sisal – Conselho Regional de Desenvolvimento Rural Sustentável da Região Sisaleira do Estado da Bahia. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável**. Valente, BA: CODES Sisal, 2006, 128 p.

_____. **Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável do Território do Sisal**. Valente, BA: CODES Sisal, 2008, 157 p.

_____. **Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável do Território do Sisal**. Valente, BA: CODES Sisal, 2010, 112 p.

COLLINS, R.; ELLIOTT, S.; ADAMS, R. Overland flow delivery of faecal bacteria to a headwater pastoral stream. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, n. 1, p. 126-132, 2005.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento; (2013). **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos Brasília.

CONGALTON RG, GREEN K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers; 1999. 136 p

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.

COSTA, N.M.C. Geoprocessamento nos estudos de impactos ambientais: uma análise crítica. In: **GEO UERJ**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 45 - 56 jan/1997.

COUTO, M. dos S. **Avaliação dos riscos potenciais à qualidade das águas superficiais da Bacia do Arroio Sapucaia utilizando técnicas integradas de SIG e Sensoriamento Remoto**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. In: **Diagnóstico do Município de Teofilândia - Bahia** / Organizado [por] Ângelo

Trévia Vieira, et al. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/bahia/relatorios/TEOF175.pdf>.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. São Paulo, 173P. (Tese - Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas. 1992

CUNHA, CYNARA DE LOURDES DA NÓBREGA e FERREIRA, ALDO PACHECO. Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais. **Cad. Saúde Pública** [online]. 2006, vol.22, n.8, pp. 1715-1725.

DIAS, L. S. de O.; ROCHA, G. A.; BARROS, E. U. A. de.; MAIA, P. H. P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v. 14, n. 2, p. 265-271, set. 2004.

EFSA (European Food Safety Authority). Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The EFSA Journal**, v. 980, p. 139, 2009.

_____. Scientific Opinion on Arsenic in food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). **The EFSA Journal**, v. 1351, p. 198, 2009.

EASTMAN, J. R. 2006. **IDRISI Manual**. IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing. Manual Version 15.00. Clark University, Worcester, MA-USA.

EMILIANI, F.; GONZÁLES, S. M. P. Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated environmental variables. **Revista Argentina de Microbiologia**, v.30, n.1, p.30-38, 1998.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 548p.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; CUNHA, C. L. N. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. Rio de Janeiro: **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 2010. 229-241p.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: oficina de textos, 2002.

_____. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª ed. Ampli. E atual. São Paulo. Oficina de Textos, 2011.

FONTES, A. S. et al. Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 20, nº 3, p. 708 - 721, 2015.

FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo. Servemar. 2006.

FREITAS, S. S. **Eutrofização no Reservatório Marcela em Itabaiana – SE, e suas implicações ambientais**. Universidade Federal de Sergipe, 2001, 50p. Monografia – Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semiárido. **Ciência e Cultura** vol.55, n.4, p.38-39. São Paulo, 2003.

GARCIA, C. A. B.; ALVES, J. P. H. Qualidade da água. Relatório de Pesquisa – LQA/UFS. São Cristóvão, 2006. In: **Diagnóstico e avaliação da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim**. Relatório de Pesquisa. UFS/FAPESE. São Cristóvão, 2006.

GOLDMAN, CR. and HORNE, AJ., 1983. **Limnology**. New York: McGraw-Hill Book Company. 464 p.

GOMES, M. V. T.; SATO, Y. Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 24-30, 2011.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.558-563. 2012.

GUERRA, Paulo de Brito - **Açudes Públicos do Nordeste; relação dos reservatórios construídos até 1988**, 3 ed., Fortaleza, DNOCS, 1990, 24 p.

HESPANHOL, I. **Manejo integrado dos recursos hídricos**. In: TUCCI, C.E.M. Gestão da água no Brasil. Cap. 2. Brasília. Ed. Unesco p.27-39. 2001.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W. et al (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

HUANG, J.; et al. Detecting the Dynamic Linkage between Landscape Characteristics and Water Quality in a Subtropical Coastal Watershed, Southeast China. **Environmental Management**, v. 51, 32-44, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2002. 92p

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2006. 142p.

_____. Primeiros Resultados do Censo 2010. In: **Censo populacional do município de Teofilândia-BA**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 18 nov. 2013

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2004**: Bacia do Rio São Francisco - Sul. Belo Horizonte: IGAM, 2005.180p.

ISLAM, M.S., AHMED, M.K., HABIBULLAH-AL-MAMUN, M., MASUNAGA, S. Potential ecological risk of hazardous elements in different land-use urban soils of Bangladesh. **Science of the Total Environment**. v. 512-513, p. 94-102, 2015.

JÄRUP, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. **British Medical Bulletin**, vol. 68, p. 167-182. PMID:14757716. <<http://dx.doi.org/10.1093/bmb/ldg032>>

LAGO, A., ELIS, V., GIACHETI, H. Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n.3, p. 357-374, 2006.

LAJO, A. A. M.; FERREIRA, L. M.; SILVA, O. J.; IDE, C. N.; ROCHE, K. F. **Monitoramento e Avaliação da qualidade da água do Córrego Cabaça, Campo Grande- MS, através do IQA-NSF, BMWP E BMWP MODIFICADO.** <http://www.abrh.org.br/novo/ii_simp_rec_hidric_centro_oeste_campo_grande44.pdf >. Acesso em: 05 dez. 2015.

LARSEN, R. E.; MINER, J. R.; BUCKHOUSE, J. C.; MOORE, J. A. Water-quality benefits of having cattle manure deposited away from streams. **Bioresource Technology**. V. 48, n. 2, p. 113-118, 1994.

LARSON, K. A.; WEINCEK, J. M., Mercury removal from aqueous streams utilizing micro emulsion liquid membranes. **Environmental Progress**, v. 11, n. 2, p. 456-464, 1994.

LEITE, A. E. de B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA.** Dissertação de Mestrado - DSSA/ENSP/FIOCRUZ/RJ,2004.

LEITE, M. S. B; BARROS, F. M.; SILVA, D. P. da.; JESUS, F. W. A. de.; CARVALHO, S. R. de. Coleta de água: Amostragem em ambientes lóticos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 9, n. 16; p. 2136 – 2153; 2013.

LI, S.; LI, J.; ZHANG, Q. Water quality assessment in the rivers along the water conveyance system of the Middle Route of the South to North Water Transfer Project (China) using multivariate statistical techniques and receptor modeling. **Journal of Hazardous Materials**, v.195, p.306-317. 2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

LILLESAND, T.; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation.** 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

LIMA, V. F. e MERÇON, F. (2011). Metais Pesados no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, 33, 199-205.

LIMA, W.S.; GARCIA, C.A.B. Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: o Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. **Scientia Plena**, v.4, n.12, 122401, 2008.

LOBÃO. J. S. B. **Análise socioambiental na região Semiárida da Bahia:** Geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial. Feira de Santana, UEFS Editora, 2013.

LUCIA, M. Trace Element Concentrations (Mercury , Cadmium , Copper , Zinc , Lead, Aluminium , Nickel , Arsenic , and Selenium) in Some Aquatic Birds of the Southwest Atlantic Coast of France. **Environmental Contaminants Toxicology**, v.58, p. 844-853, 2010.

LUNA, B. J. C. **Características espaços-temporais do sistema do Açude Acauã-PB, e seu atual Índice de estado Trófico.** Universidade Federal do Paraíba, 2008. 118p. Dissertação de Mestrado.

KEMERICH, P. D. C; SILVÉRIO da S, J. L; BARROS, G; BORBA, W. F; UCKER, F. E; FOLETTTO, C. V. **Qualidade da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF).** Revista Ambiente & Água, v. 7, p. 167-182, 2012.

KLECKA, W. R. **Discriminant Analysis**. SAGE Publications, Inc., Beverly Hills, California, 71 p., 1980.

MA, Z.; REDMOND, R. Tau Coefficients for Accuracy Assessment of Classification of Remote Sensing Data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 4, p. 435-439, 1995.

MACÊDO, S. L et al. **Rede Compartilhada de Monitoramento de Qualidade de Água: Programa água azul**. Natal, julho/2009. Disponível em: <<http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indices.php>> Acesso em> 18 jan. 2016.

MACHADO, T. T. V. 2003. **Investigação da presença de chumbo (Plumbum) na bacia do rio gramame e suas Possíveis implicações na saúde pública da região**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Prodeima, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

MACIEL FILHO, C, A, NUMMER, A. **Introdução à Geologia de Engenharia**, 4 ed. UFSM/ Santa Maria, 2011.

MADRUGA, V. L. et al. **Avaliação de influência do córrego dos macacos na qualidade da água do rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu-SP**, 2008.

MAGALHÃES, Y. A.; BATISTA, A. S. M.; FONTENELLE, R. O. S.; JULIAO, M. S. S.; LOIOLA, P. M. G.; MESQUITA, R. M.; AGUIAR, F. L. L.; OLIVEIRA, A. R. Qualidade microbiológica e físico-química da água dos açudes urbanos utilizados na dessedentação animal em Sobral, Ceará. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, p. 141-148, 2014.

MALIK, R.N.; NADEEM, M.; Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 33, 525–541, 2011.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. Tradução: Felix Nonnenmacher; Revisão Técnica: Wilson de Figueredo Jardim, ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 944p.

MANOEL FILHO, J. (2000). Contaminação das águas subterrâneas. In: **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Feitosa F. A.C. CPRM/REFO, LABHID UFPE, Fortaleza, CE, Brasil 109-132.

MANSOR, M.T.C. **Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pinhal - Limeira SP**. 2005. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MARIANI, C. F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento**. (Dissertação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MENDONÇA, F (org); MONTEIRO, C.A.F [et al.]. **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004, 328 p.

MENDONÇA, F. A. Geografia Sócio-Ambiental. In: **Associação dos Geógrafos Brasileiros (AGB)**. Paradigmas da geografia. São Paulo. Terra livre, n.16. 113-132p. 2001.

MENESCAL, R. A, VIANA, F. L., FIGUEIREDO, N. N., GONDIM FILHO, J. G. C. (2004). Gestão dos Recursos Hídricos e a Garantia do Abastecimento Humano de Grandes

Aglomerados Urbanos no Semi-árido O caso de Fortaleza. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 1, p.217. jan./mar.

MENESES, P. R., & ALMEIDA, T. d. (2012). **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. BRASÍLIA.

MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Ed. UnB, 2001.

MERTEN, G.H, MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, p.33-38, 2002.

MIRANDA, R.G. PEREIRA, S.F.P.; ALVES, D.T.V.; OLIVEIRA, G.R.F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físicoquímicos. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, n. 2, p. 75-92, 2009. 9.

MOLLE, F E CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife, SUDENE – PRN-DPP-APR, 1992.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MORAES, E. C. de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. INPE-8984-PUD/62. São José dos Campos. 2002.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003.

MORETTI, R. de S. Transformações em curso nas cidades brasileiras e seus impactos na qualidade da água no meio urbano. In: MENDONÇA, F. (org). **Impactos Sócioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004, 328 p.

MOTA, S. **Gestão dos recursos hídricos** – 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Biomas – **Caatinga**. Portal do Ministério do Meio Ambiente. [www.mma.gov.br] Último acesso em: Março/2014.

Nacional Aeronautics and Space Administration (NASA). **Landsat Data Continuity Mission: Continuously Observing Your World**. 2015. Disponível em: <http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html>. Acesso em: 20 dez 2015.

NAESSET, E. Conditional Tau coefficient for assessment of producer's accuracy of classified remotely sensed data. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 51, p. 91-98, 1996

NASCIMENTO, L. V. **Análise dos padrões de efluentes das águas e de lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pela resolução CONAMA Nº 020/1986**: uma abordagem para águas doces. 1998 Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

NIELSEN, A.; et al. Assessing ways to combat eutrophication in a Chinese drinking water reservoir using SWAT. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, 475 – 492, 2013.

NOERNBERG, M. A. et. al. Relação entre profundidade Secchi e fator de reflectância da água de ambientes aquáticos lênticos em Cachoeira Paulista, SP. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador: INPE, 1996. **Anais...** p. 933-940. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/rep/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.15?languagebutton=pt-BR>>. Acesso: 10 dez. 2014.

PAIVA, M. P. **Grandes Represas do Brasil**. Brasília, DF, Editerra, 1982, 304p.

PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; CHAVES, L. C. G. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.395-402. 2011.

PAOLIELLO M.M; DE CAPITANI E.M. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. **Environ Res.** 2007;103(2):288-97

PAOLIELLO, M. M. B.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. Salvador: CRA, 2001. (Cadernos de Referência Ambiental, v. 3).

PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Tchê-Química**, v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006.

PAULA, M.M. **Análise da água e das condições ambientais da Bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras: Quirinópolis-GO**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2011. 123 p.

PEREIRA, C. D. QUINÁIA, S. P. Estudo do coeficiente de distribuição do Cr em águas naturais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 1, p. 27-37, 2007.

PEREIRA, E.R.R.; et al Análise da pluviometria e dias chuvosos da região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.15, nº 2, 131-138, Campina Grande, 2011.

PHILIPPI, A.JR; ROMERO M. A.; BRUNA, G.C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

PINTO, C. A. **Estudo da estabilização por solidificação de resíduos contendo metais pesados**. 2005. 229f. Tese (Doutorado na Área de Concentração Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PINTO, D.B.F.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; COELHO, C. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1145-1152, 2009.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005. 285p.

POLIDORIO, A. M. et al. Detecção e discriminação de sombras, nuvens e corpos d' água em imagens de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 03, p.223-232, 2006.

PONTIERI, M. H.; RODRIGUES JUNIOR, P. C.; COVAS, V. D. S.; PELIZER, L. H. Avaliação Preliminar da Qualidade da água do Córrego Capão do Embirá – Franca (SP). **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 9, n. 2, dez.08.

RAMALHO, C. I.; ANDRADE, A. P. de; FÉLIX, L. P.; LACERDA, A. V. de; MARACAJÁ, P. B. Flora arbóreo-arbustiva em áreas de Caatinga no Semi-Árido baiano, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 182-190, 2009.

RAMALHO, J.F.G.P, AMARAL SOBRINHO N.M.B, VELLOSO A.C.X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Paty do Alferes. 2000, 35:1289-1303.

REBOUÇAS, A. C. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. C. BRAGA, B & TUNDISI, J. G. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 01-35 p.

RICHARDS J.A. Classifier performance and map accuracy. **Remote Sensing of Environment** 1996; 57:161-166. [http:// dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(96\)00038-7](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(96)00038-7)

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. de. **Tratamento de Água: Tecnologia atualizada**. 7 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 332 p., 2007.

RUAS, A.L. **Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais decorrentes da instalação de barramentos para fins de geração de energia elétrica – Estudo de caso do rio Pomba**. 2006. 287 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

S.O.S RIOS DO BRASIL. **Rede de açudes do Nordeste a maior do planeta Terra**. Disponível em: <<http://sosriosdobrasil.blogspot.com.br/2010/03/maior-rede-de-acudes-doplaneta-esta-no.html>> Acesso em: 15. jan. 2016.

SANTOS, J.S dos. et al. Distribuição de Zn, Ni, Cu, Me e Fe nas frações do sedimento superficial do Rio Cachoeira na Região Sul da Bahia, Brasil. **Química Nova**, vol. 36, nº. 2, p. 230-236, 2013.

SANTOS, L. T. S. O.; JESUS, T. B.; NOLASCO, M. C. Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade das Águas Superficiais do Rio Subaé, Bahia. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v.1, n. 1, p. 68-79, jan./jun. 2014. DOI: 10.5327/Z01029800201400020003.

SANTOS, M. T. M. **Estudo Hidrogeológico para Implantação do Posto de Combustível Pedras II, Município de Teofilândia, Bahia**. 2015. 29 p. Teofilândia, Bahia, 2015.

SANTOS, V.O. Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n. 1, p. 99-115, 2010.

SAUNDERS, W. Preparation of DEMs for use in environmental modeling analysis. In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE. **Proceedings...** San Diego: 1999. CD-ROM.

SEGURA-MUÑOZ, S. I.; TREVILATO, T. M. M.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; HERING, S. E.; CUPO, P. Metales pesados en agua de bebedores de presión. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 53, n. 1, p. 59-64, 2003.

SEI, **Superintendencia dos Estudos Economicos do Estado da Bahia-SEI**. (2007). Geologia Estado da Bahia.

SEPLAN-Secretaria do Planejamento. (s.d.). **Secretaria do Planejamento**. Disponível em <http://www.seplan.ba.gov.br/>. Acesso em: 19 nov. 2014.

SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin. **Hydrological Processes**, v. 17, p. 1345–1361, 2003.

SIEGUEL, F. **Environmental geochemistry of potentially toxic metals**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2002.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, B. B.; Lopes, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, 243-252, 2005.

SILVA, M. G. **Caracterização da qualidade da água na Barragem do Perímetro Irrigado de Jacarecica I, Itabaiana-Sergipe**. Universidade Federal de Sergipe, 2006. 74p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, M. R. C. **Estudos de sedimentos da bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2002.

SILVA, M.L.P. da; SILVA, M.C.B.C. da, NETO, J.D. Avaliação Preliminar da Presença de Metais Traço, nas Águas do Riacho Mussuré e o Córrego de Mumbaba – João Pessoa – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n. 04, 2014, 668-677.

SILVEIRA, A. et al. **Desafios do Saneamento Ambiental**. Curso de Capacitação. Cuiabá: Gráfica Print Indústria e Editora Ltda, 2009. 102 p.

SIMEDO, M. B.L et. al. Monitoramento das Características Físico-químicas da Água sob Implantação de Sistema Agroflorestal em Áreas de Preservação Permanente no Polo Regional Centro Norte- APTA, Pindorama/SP. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – Vol 9, No. 4, Nov 2014.

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semi-árido nordestino: Uso da água na produção de alimentos**. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=756&Itemid=376>. Acesso em: 15.jan. 2015.

TAVARES, R.S de L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TIEYU, W., BO, P., BING, T., ZHAOYUN, Z., LIYU, D., YONGLONG, L. Benzene homologues in environmental matrixes from a pesticide chemical region in China: occurrence, health risk and management. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 104, p. 357-364, 2014.

TORTORA, G. J. **Microbiologia**. 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TUCCI, C.E.M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, vol. 5. nº 2, p. 71-81, jul./dez. 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. **Geol. Soc. America Bull.**, 72: 175-192.

United States Geological Survey (USGS). Landsat Project Description. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em: 20 dez. 2015.

VIEIRA, P. F.; PEREIRA, L. A.; BRITO, L. T. de L.; MELO, R. F. de. Qualidade da água de dois açudes públicos do Município de Petrolina, PE. In: **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO**, 6., 2011, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 49-55.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed., Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005a. V. 1. (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias)

_____. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005b. V. 7. (Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

_____. **Estudos e Metodologia da Qualidade da Água de Rios – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Volume 7. Editora UFMG. 2007

WHO. **Boron in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality**. 2003. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/boron.pdf. Acesso em: 20 out.2015.

ZAVOUDAKIS, E.; *et.al*. Classificação hidroquímica e avaliação da salinidade da água freática em áreas do Município de Vitória, ES. In: **I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste**, 2007. Disponível em <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22169>>. Acesso: 15 dez. 2016.

ZHANG, Y., MERATNIA, N., and HAVINGA, P. (2010). Outlier detection techniques for wireless sensor networks: A survey. **Communications Surveys Tutorials, IEEE**, 12(2):159 – 170.

ZILLMER, T. A.; VARELLA, R. F.; ROSSETE, A. A. Avaliação de algumas características físico-químicas da água do ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina-MT. In: **Holos Environment**, v.7, n.2, 2007. 125 p.