

O USO DE GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA - PENTECOSTE-CE

Francisco Lucas da Silva Gomes (*), Eduarda Bezerra Lima de Almeida

* Universidade Federal do Ceará, lucasgomes@alu.ufc.br.

RESUMO

A compreensão de realidades complexas ligadas à análise de impactos ambientais urbanos em um reservatório hídrico exige um profundo conhecimento da dinâmica local, a forma como se dá o uso e ocupação do solo, as atividades econômicas exploratórias e os seus usos múltiplos. A partir de uma metodologia fundamentada em um instrumental de cunho sistêmico, pesquisa bibliográfica e estudo de caso, o presente trabalho se propõe utilizar ferramentas de geoprocessamento para analisar e diagnosticar os impactos ambientais causados pelo bairro São Francisco no açude Pereira de Miranda, bem como na sua Área de Preservação Permanente, no município de Pentecoste-CE. Este estudo permitiu conhecer uma das fontes geradoras de poluição no corpo hídrico, que se dá devido à ocupação irregular da APP do açude por um bairro extremamente deficiente de infraestruturas de saneamento básico, especificamente em relação à ausência de rede de coleta e sistema de tratamento de esgoto, contribuindo para a eutrofização do corpo hídrico. O bairro apresenta predominantemente fossas sépticas e despejo de efluentes a céu aberto, que são drenados diretamente para o corpo hídrico por gravidade através de valas naturais. As análises da qualidade da água do açude realizadas pela COGERH mostram a presença de nitrogênio, fósforo, Escherichia coli e cianobactérias em quantidades consideráveis de poluição. Foram elaborados mapas de delimitação do açude, da sua APP, da ocupação irregular do bairro às margens do açude e dos locais de escoamento de esgotos para um melhor embasamento de projetos futuros de intervenção social e ambiental no bairro São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos ambientais, ocupação irregular, açude Pereira de Miranda.

INTRODUÇÃO

Cobrindo em torno de 71% da superfície do planeta Terra, a água pode ser considerada o recurso natural mais valioso para a manutenção da vida (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). De toda água do mundo, segundo Brasil (2009), menos de 3% é doce. Dessa quantidade, aproximadamente 2,5% está congelada. Apenas 0,5%, disponível nos rios, lagos, lençóis freáticos superficiais e atmosfera, é acessível aos serviços ecossistêmicos, incluindo os seres humanos.

Diante da poluição em níveis elevados e da escassez hídrica em diversas regiões, observa-se uma maior ocorrência de eutrofização dos recursos hídricos ao longo dos anos e, ainda, uma insensibilidade da população e do poder público para com a gestão adequada dos mesmos. Apesar de ambos serem responsabilizados, tanto o poder público como a sociedade, faz-se necessário ressaltar que a comunidade está sujeita à falta de informação e, portanto, caracterizando-se como vítima da falta de gestão pública ambiental.

Dessa forma, os ecossistemas aquáticos têm sido degradados por modificações antrópicas, por formas inadequadas de uso e ocupação do solo, assim como fontes poluidoras com a disposição ambientalmente irregular de resíduos e efluentes (VON SPERLING, 2014; SOUZA, SANTOS & OLIVEIRA, 2012). Além disso, a problemática envolvendo aspectos da qualidade e da disponibilidade de água é intensificada, como previam vários modelos climáticos, em especial para a região semiárida do Brasil (BRAGA et al., 2015).

Na sede municipal de Pentecoste, existem pelo menos 9 bairros e 3 assentamentos de movimento sem-terra em processo de regularização. Um desses bairros, denominado São Francisco, está inserido em um território de domínio da União e, ainda, ocupa parte da Área de Proteção Permanente do açude Pereira de Miranda. Essa ocupação irregular, que vem se estendendo há pelo menos 40 anos, vem causando diversos impactos ambientais no seu mais importante reservatório hídrico, sobretudo devido à impermeabilização do solo, desmatamento da APP e disposição irregular de esgoto doméstico bruto. Esses impactos têm sido observados através de análises microbiológicas e físico-químicas da água, que demonstram a presença de poluição do corpo hídrico.

OBJETIVOS

De maneira propositiva, o presente trabalho objetiva aplicar ferramentas de Sistema de Informação Geográfica para delimitar a área ocupada pelo bairro São Francisco, bem como o trecho de ocupação irregular da APP do açude e, georreferenciar os locais pelos quais os esgotos são despejados na barragem. Ademais, objetiva-se realizar as caracterizações sociais e ambientais do bairro e do açude, respectivamente, com o intuito de designar e indicar os

principais impactos advindos da ação antrópica na área de estudo. Ainda, faz-se o levantamento das infraestruturas de saneamento básico presentes na comunidade com a finalidade de conjecturar a respeito das principais medidas a serem tomadas pelo poder público. Além disso, é objetivo do presente trabalho realizar um levantamento de como se deu o processo de ocupação da área em estudo, com o propósito de avaliar a conjuntura histórica do estabelecimento da comunidade.

METODOLOGIA

Para que seja possível compreender melhor os impactos ambientais advindos da ocupação irregular do bairro São Francisco às margens do açude municipal Pereira de Miranda, foi realizada uma breve caracterização social e ambiental do bairro, estritamente levantadas a partir de informações coletadas *in situ*, através de diálogo com moradores antigos da região, bem como com profissionais do Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS) do município de Pentecoste, devido à ausência de informações da área de estudo. Além disso, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre eutrofização de corpos hídricos por influência do uso e ocupação do solo, tratando-se, portanto, de uma metodologia do tipo exploratória.

Ademais, fez-se uso de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica com o intuito de georreferenciar e tratar os diferentes tipos de dados obtidos. Um dos principais instrumentos utilizados foi o software *Q-Gis*, o qual permitiu sobrepor diferentes camadas. Ainda, utilizou-se o software *Google Earth Pro* para obter as coordenadas referentes aos pontos de despejo de efluentes nas margens do açude Pereira de Miranda, para, então, facilitar a sua visualização. Além disso, fez-se o traçado do açude, através da ferramenta “Polígono” disponibilizada pelo *Google Earth Pro*, e, com isso, foi possível exportar em formato “.kml” para, então, conseguir-se a transferência ao *Q-Gis*. Tal procedimento foi realizado com o intuito de unificar a camada referente ao município e, portanto, obter uma melhor visualização geográfica.

RESULTADOS

- CARACTERIZAÇÃO SOCIAL DO BAIRRO SÃO FRANCISCO

O bairro de São Francisco, popularmente conhecido no município por XV de Novembro, segundo informações coletadas com as pessoas mais velhas do bairro e da cidade, tem sua origem a aproximadamente 30 a 40 atrás, com a gradual ocupação de alguns moradores de um território de domínio da união, sob a tutela do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), às margens do açude Pereira de Miranda.

Essas primeiras ocupações às margens do açude Pereira de Miranda, segundo o diretor local do DNOCS, Dr. Pedro Eymard, se deram por pescadores que se deslocavam de diversas cidades do interior do Estado e da capital para pescar os peixes abundantes do reservatório. Em certas temporadas de pescaria, a quantidade de peixes era tão grande, que já chegaram a ir mais de 1.000 (mil) pescadores para Pentecoste. Alguns deles, ao longo do tempo, foram se instalando na região onde atualmente está situado o bairro.

Aos poucos, com o crescimento do município advindo da construção do açude e, especialmente nos últimos 15 anos, com a instalação de uma filial da empresa de produção de calçados *Paquetá The Shoe Company Ltda*, a qual emprega centenas de pessoas, o bairro São Francisco experimentou um aumento explosivo de casas sendo construídas de maneira irregular às margens do açude. Segundo relatos de alguns vereadores da cidade, aproximadamente 3.000 pessoas residem nesse bairro.

Porém, a maioria dessas pessoas fazem parte de famílias que se encontram em situação de vulnerabilidade social, o que o caracteriza como um bairro de periferia com diversos problemas sociais, dentre os quais podemos citar famílias em situação de miséria, tráfico de drogas, criminalidade razoavelmente elevada e, ausência de infraestruturas sociais e de saneamento básico, de acordo com informações cedidas pelo Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) do bairro. A Figura 1 mostra a situação atual de ocupação irregular do bairro São Francisco, com destaque para a ocupação na Área de Proteção Permanente (APP) do açude.

A APP do açude Pereira de Miranda, de acordo com o seu projeto de construção e com a Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), vigente à época, tem uma largura de 100 metros.



Figura 1: Ocupação irregular da APP do açude Pereira de Miranda pelo bairro São Francisco.
Fonte: Autor (2019).

A área ocupada pelo bairro, em destaque pelo polígono vermelho, é de aproximadamente 670.313 m² ou 67 hectares. Por sua vez, a área do bairro que está localizada no perímetro da APP do açude (polígono amarelo) é de aproximadamente 74.038 m² ou 7,4 hectares. Ou seja, isso demonstra que cerca de 11% da área do bairro São Francisco está ocupando irregularmente a Área de Proteção Permanente do açude Pereira de Miranda.

- **CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA**

O município de Pentecoste localiza-se no Estado do Ceará e faz parte da Mesorregião Norte, Macrorregião de Planejamento Litoral Oeste, Microrregião Médio Curu, a 3°47'34" de Latitude Sul e 39°16'13" de Longitude Oeste. Conforme relatório do Ipece (2017), a área do município compreende 1.378,30 km², correspondendo a 0,93% da área do Estado, com um contingente populacional de 37.326 habitantes e densidade demográfica média de 27,1 hab./km² (IBGE, 2019).

A barragem Pereira de Miranda está situada no contexto do semiárido brasileiro, no Nordeste do país, apresentando, assim, um domínio morfoclimático definido como Caatinga. O solo e a vegetação predominante são do tipo luvissole e caatinga arbustiva aberta. Ele barra o rio Canindé, que compõe o sistema do rio Curu. A sua bacia hidrográfica cobre uma área de 2.840 km², como está ilustrado na Figura 3.

Segundo Araújo (1990), a barragem do açude Pereira de Miranda tem como finalidades: o controle das cheias do rio Canindé, a regularização do rio Curu, a irrigação das terras de jusante, coadjuvada pelas águas armazenadas no Açude General Sampaio, a geração de energia elétrica (atualmente a estação de geração de energia elétrica se encontra desativada por problemas técnicos na turbina), a piscicultura e o aproveitamento para culturas nas áreas de montante. Foi projetada e construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS entre os anos de 1950 e 1957.

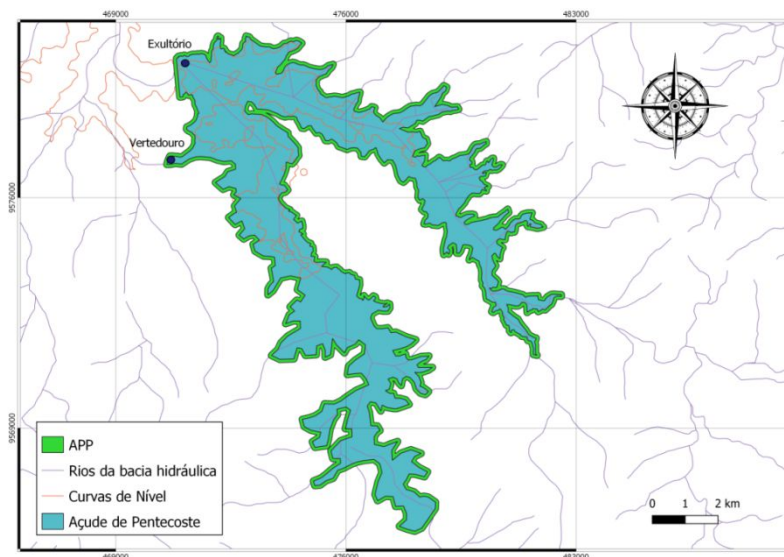


Figura 3: Delimitação da bacia hidráulica do açude na cota de cheia. Fonte: Autor (2019).

Devido à incisiva presença antrópica nas margens do açude Pereira de Miranda, muitos problemas ambientais surgiram nesse corpo hídrico. Ao longo dos seus mais de 60 anos de existência, o açude foi utilizado para diversos fins, como inclusive já previa o seu projeto inicial. Atualmente, atividades como abastecimento público, pescaria artesanal, piscicultura, transporte hidroviário, agricultura, pecuária e diluição de esgoto doméstico bruto, contribuem consideravelmente para a poluição desse importante manancial da região do Vale do Curu.

A partir do acompanhamento realizado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) nos últimos 10 anos (2008 a 2018), através de análises de amostras de água coletadas no açude em diferentes profundidades, como observado na Tabela 2, tem-se os valores de parâmetros como nutrientes limitante (Nitrogênio e Fósforo), contagem de cianobactérias, demanda biológica de oxigênio (DBO), clorofila-*a* e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). Deve-se ressaltar, ademais, que todas as amostras foram coletadas em um único ponto, onde suas coordenadas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1: Ponto de coleta de amostras e suas coordenadas. Fonte: Adaptado COGERH (2019).

CÓDIGO DO PONTO	UF	Latitude	Longitude	Altitude	ENTIDADE RESPONSÁVEL	CORPO D'ÁGUA
PT-01	CE	-3,800747871	-39,26073074	48	COGERH	Pentecoste

Tabela 2: Parâmetros da qualidade da água do açude de Pentecoste de 2010 a 2018 a partir de diferentes profundidades. Fonte: Adaptado COGERH (2019).

DATA	PONTO	PROF	Clorofila -a	Coliformes Termo-tolerantes	Contagem Ciano-bactérias	DBO	Escherichia coli	Fósforo Total	Nitrato	Nitrito	N Total	N Amoniacal
		m	µg/L	NMP/100mL	Células/mL	mg/L O ₂	NMP/100mL	mg/L P	mg N-NO ₃ ⁻ /L	mg/L NO ₂	mg/L	mg/L NH ₃ ,4
02/03/2010	PT-01	0,3	15,5	900	-	5	-	0,135	0,1	0,01	1,09	0,145
06/04/2010	PT-01	0,3	23,72	500	-	3	-	0,026	0,166	0,01	2,016	0,108
19/05/2010	PT-01	0,3	25,53	-	132063,3	-	-	0,079	0,1	0,01	0,025	0,1
02/02/2011	PT-01	14,0	-	-	-	-	-	0,449	-	-	1,354	-
05/05/2011	PT-01	0,3	9,52	-	3491,3	-	-	0,181	-	-	1,065	-
29/11/2011	PT-01	0,3	-	-	408807,6	-	-	-	-	-	-	-
05/05/2011	PT-01	0,3	9,52	-	3491,3	-	-	0,181	-	-	1,065	-
23/07/2012	PT-01	0,3	15,54	-	101851,7	-	-	0,027	0,283	0,01	0,954	0,1
17/09/2012	PT-01	9,4	29,37	-	-	-	-	0,104	0,18	0,01	1,654	0,132
10/12/2012	PT-01	0,3	-	-	293301,1	-	-	0,121	0,189	0,01	1,672	0,1
04/02/2013	PT-01	10,5	65,59	-	-	-	-	0,115	-	-	1,052	-
11/03/2013	PT-01	0,3	56,69	2	200818	5,36	-	0,102	-	-	1,986	-
07/05/2013	PT-01	0,3	22,07	1	117143	2,97	-	0,104	-	-	2,313	-

29/07/2014	PT-01	3,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	9,72	-
29/07/2014	PT-01	0,3	113,85	-	69464	-	1	0,125	-	-	9,6	-
23/10/2014	PT-01	0,3	126,94	-	465430	-	1000	0,161	-	-	7,58	-
15/01/2015	PT-01	0,3	135,28	-	242085	-	1	0,218	-	-	5,37	-
21/05/2015	PT-01	0,3	47,09	-	500108	4,08	1	0,192	-	-	2,02	-
21/07/2015	PT-01	0,3	47,57	-	433888	6,52	4,1	0,105	-	-	0,72	-
21/01/2016	PT-01	0,3	67,13	-	230680	3,31	27,1	0,15	-	-	2,988	-
07/04/2016	PT-01	0,3	84,46	-	770408	7,81	14,6	0,123	-	-	3,75	-
13/10/2016	PT-01	0,3	186,39	-	112230	13,29	8,6	0,343	-	-	5,875	-
31/01/2017	PT-01	0,3	160,31	-	30294	10,07	5,2	0,799	-	-	11,3	-
02/05/2017	PT-01	0,3	44,01	-	55208	4,46	17,5	0,081	-	-	2,238	-
07/11/2017	PT-01	0,3	20,39	-	45880	2,01	41,6	0,081	-	-	1,637	-
25/01/2018	PT-01	0,3	20,48	-	28748	4,33	28,8	0,08	-	-	2,088	0,1
18/04/2018	PT-01	0,3	13,33	-	17400	2	128,1	0,161	-	-	0,788	-
25/10/2018	PT-01	0,3	20,25	-	10794	2	1	0,064	0,1	0,01	1,4	0,58

Esses parâmetros sugerem a existência de fontes poluidoras no corpo hídrico, como despejo de efluentes domésticos, o que foi constatado em visitas ao açude e, a partir do software *Google Earth Pro*, pôde-se obter as coordenadas referentes a esses pontos, as quais estão apresentadas na Tabela 3 e, georreferenciados na Figura 5.

Tabela 3: Coordenadas dos pontos de despejo irregular de efluentes. Fonte: Autor (2019).

PONTO	LONGITUDE OESTE (m)	LATITUDE SUL (m)
1	471.091,40	9.580.328,40
2	471.344,30	9.580.359,17
3	471.544,71	9.580.564,95

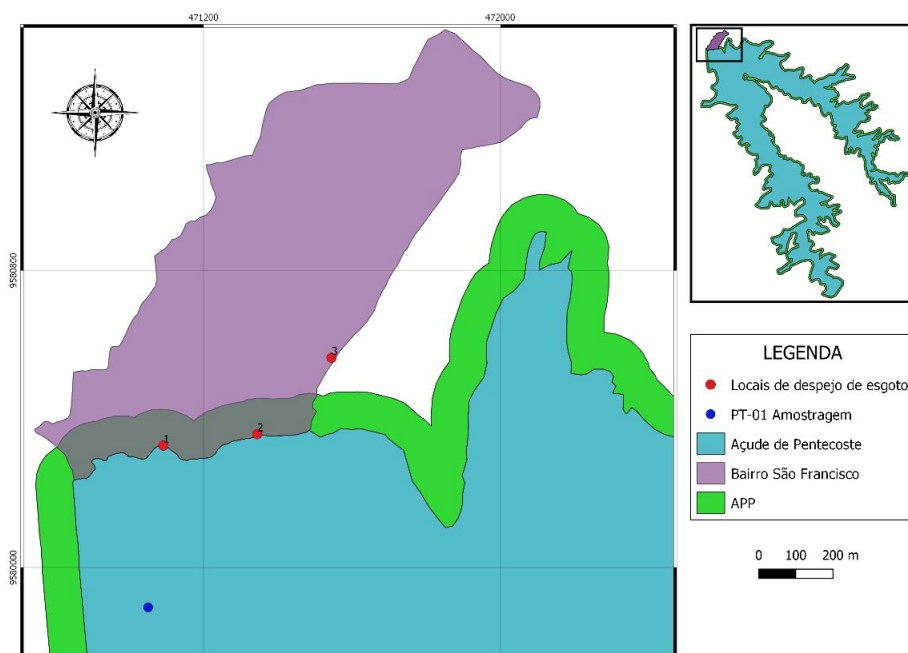


Figura 4: Locais de escoamento de esgotos domésticos. Fonte: Autor (2019).

A existência de fontes de despejo de efluentes de esgoto doméstico, ainda que de maneira pontual, contribui para a degradação parcial da qualidade da água na área de interferência e ocupação urbana, acelerando o processo de eutrofização. Segundo Thomann e Mueller (1987), a eutrofização é o crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas (que podem ser fitoplâncton microscópico, plantas flutuantes e certas algas cianofíceas) quanto aderidas ou fixadas (plantas enraizadas no solo e plantas microscópicas aderidas), a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo hídrico. Segundo Von Sperling (1996), o processo de eutrofização pode se dar, em um nível baixo, pela ocupação por matas e florestas e, em níveis elevados, por ocupação por agricultura e urbana. Entretanto, de acordo com Von Sperling (1996), os impactos causados pela ocupação urbana são muito mais significativos e são sentidos em uma taxa bem mais rápida. Os movimentos de terra para construções e a impermeabilização do solo por meio de asfaltos e residências faz com que o processo de assoreamento do corpo hídrico

aconteça de maneira mais acelerada. Isso contribui para o surgimento de meio de suporte para o crescimento de vegetais fixos (macrófitas), próximo às margens.

Ainda segundo o autor, outro fator de contribuição para a eutrofização do corpo hídrico é a drenagem pluvial urbana, uma vez que pode transportar elevada carga de nutriente para o reservatório. Porém, o que mais contribui para a deterioração da qualidade das águas é a emissão dos esgotos domésticos bruto diretamente ao corpo hídrico, aumentando a quantidade de nitrogênio e fósforo (presentes na urina, fezes, restos de alimentos e detergentes) e de matéria orgânica. Isso permite o crescimento de populações de algas e plantas aquáticas, em níveis extremamente altos. Os problemas advindos do processo de eutrofização, como relata Von Sperling (1996), são diversos, mas podem-se citar problemas estéticos e de recreação, condições anaeróbias no corpo d'água (ausência de oxigênio), eventuais mortandade de peixes, maior dificuldade e elevação nos custos do tratamento d'água, toxicidade das algas, redução da navegabilidade e capacidade de transporte e, por fim, desaparecimento gradual do reservatório.

A partir das análises realizadas pela COGERH, tem-se que a mesma disponibiliza o enquadramento do corpo hídrico de acordo com os diferentes estágios de eutrofização existentes, como pode ser observado na Figura 5, a qual está limitada ao mesmo período de amostragem citado anteriormente (2008 a 2018).

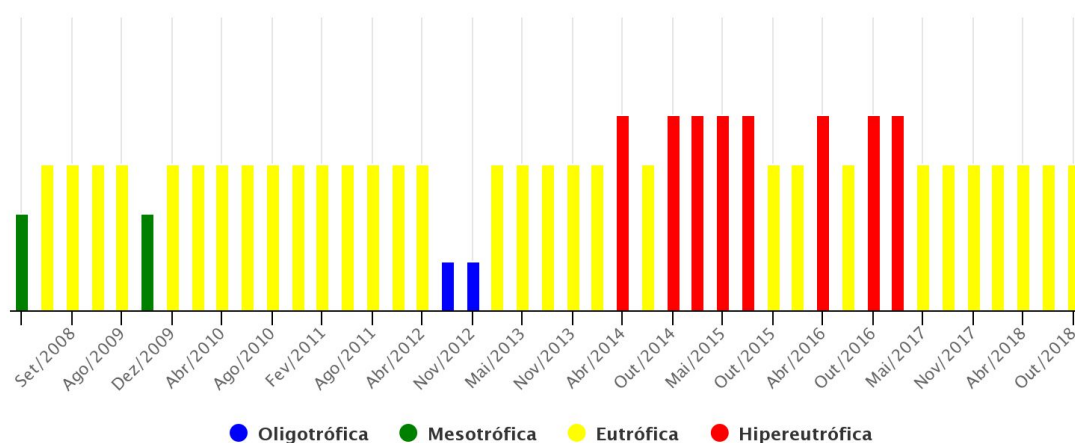


Figura 5: Estado trófico do açude Pereira de Miranda ao longo de 10 anos. Fonte: COGERH (2019).

A redução da qualidade da água do corpo hídrico também é agravada pela redução do volume de água ao longo dos anos. O açude Pereira de Miranda, de 2012 até 2018, vem sofrendo fortemente com precipitações irregulares na região, o que fez com que seu nível chegasse a ser menor que 1% em 2017, como se observa na Figura 6. A pouca quantidade de água no reservatório é preocupante, pois além de ter menor capacidade de diluição dos efluentes (o que prejudica o processo de autodepuração), dificulta o processo de tratamento da água para distribuição e abastecimento público. Portanto, pode-se constatar, ao comparar a Figura 5 com a Figura 6, uma relação estrita entre o nível do reservatório e seu grau de eutrofização.

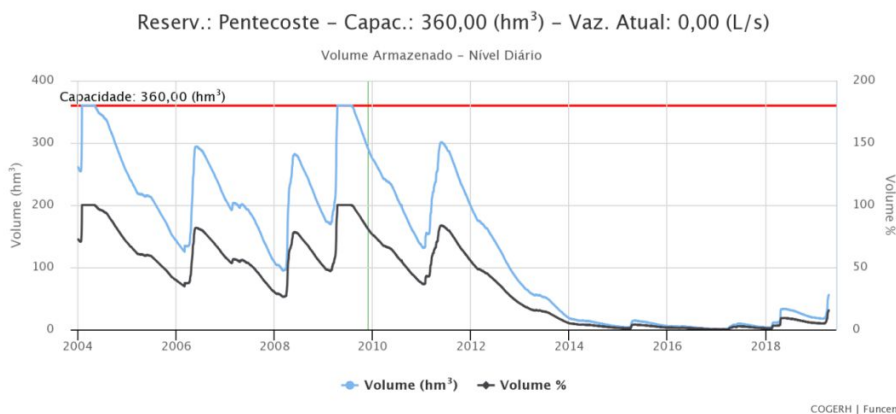


Figura 6: Evolução do nível do volume do reservatório ao longo de 15 anos. Fonte: COGERH (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas de geoprocessamento contribuiu decisivamente para a identificação e representação da ocupação irregular do bairro São Francisco, no município de Pentecoste, bem como dos impactos ambientais oriundos dessa ocupação.

Parâmetros como cianobactérias, DBO, clorofila-*a*, e fósforo total, em algumas análises de diferentes datas para um mesmo ponto, ultrapassaram os valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, o que revela que as concentrações e quantidades desses parâmetros estão acima do normal para o açude de Pentecoste. Essa situação, apesar de ser variada em diferentes pontos e datas de amostragem, mostra que o corpo hídrico apresenta uma água com qualidade de Classe 3, restringindo seus possíveis usos e aumentando os custos de tratamento para abastecimento público ou reduzindo a qualidade da água após o tratamento.

Ademais, apesar de quando o volume do açude se encontra elevado os impactos gerarem poucos transtornos ambientais, há a necessidade de intervenções de infraestrutura no bairro São Francisco para coleta e tratamento de esgotos domésticos, objetivando a redução ou eliminação dos esgotos dispostos no açude Pereira de Miranda. Além disso, sugestivamente, é possível realizar a regularização fundiária do bairro, devido a grande quantidade de residências instaladas e seu tempo de estabelecimento, realocando algumas casas que estão na cota de sangria do açude, para evitar problemas como alagamento das casas e até comprometimento de sua estrutura física, podendo trazer riscos aos moradores. É de suma importância, ainda, que o município de Pentecoste realize o reflorestamento da APP do açude que está desmatada, bem como incluir marcadores físicos de sua área e adotar medidas para restringir novas ocupações nas margens do açude ao longo de todo o seu perímetro.

Diante do cenário de precarização de informação por parte da comunidade, faz-se necessário ressaltar que a mesma não deve ser condenada quanto aos impactos observados, devido ao fato de que ela é apenas uma vítima das consequências advindas da má gestão pública. Portanto, é indispensável a implementação, por parte do poder público, de investimentos voltados também à educação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, J. A. de A. Barragens no Nordeste do Brasil: experiência do DNOCS em barragens da região semi-árida. Fortaleza: DNOCS, 1990. 328p. il.
2. BRAGA, G. G. et al. **Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 27, n. 1, p. 15–23, 2015.
3. BRASIL. ANA. (Org.). **Fatos e Tendências: Água**. Brasília, 2009. 36 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.
4. BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População de Pentecoste: 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pentecoste>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
5. BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 21 abr. 2019.
6. BRASIL. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 21 abr. 2019.
7. CEARÁ. Ipece. Secretaria do Planejamento e Gestão. **Perfil Municipal 2017: Pentecoste**. Fortaleza, 2017. 18 p. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2017/Pentecoste.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2018.
8. PAZ, V. P. D. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 3, p. 465–473, 2000.
9. SOUZA, M. J. N. DE; SANTOS, J. DE O.; OLIVEIRA, V. P. V. DE. **Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará**. Revista Continentes, v. 1, n. 1, p. 119–143, 2012.
10. THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. – **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper Collins Publishers, 1987.
11. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 2014.