



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

AVALIAÇÃO DO USO E QUALIDADE DA ÁGUA NO EIXO NORTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Joelma Ferreira Silva¹, Felipe Alves Ferreira¹, Hidaiane Fayga M. Caldas¹, Davi Tadeu Borges Marwell², André Luiz Nunes Ferreira³, Maria do Carmo M. Sobral¹, ¹Universidade Federal de Pernambuco, ²Ministério do Desenvolvimento Regional, ³Instituto Federal de Pernambuco, joelma.ferreirasilva@ufpe.br

Resumo

O Nordeste brasileiro, principalmente na região do Semiárido, torna o monitoramento dos recursos hídricos importante devido à sua escassez. O presente estudo teve como objetivo avaliar de forma integrada o uso da água e sua qualidade no Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco. A área estudada abrange 04 reservatórios projetados (Tucutu, Terra Nova, Serra do Livramento e Mangueira) e o reservatório Nilo Coelho, já existente. Em relação aos parâmetros estudados, foram considerados os necessários para calcular o do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e do Índice de Estado Trófico (IET), de acordo com a metodologia da Companhia Estadual do Estado de São Paulo - CETESB. Pelos resultados do IQA, observa-se que a água do ponto de captação geralmente sai para os canais com qualidade boa para abastecimento público, seguindo com a qualidade predominantemente boa, chegando à ótima na última campanha analisada. Os resultados do IET mostram que os pontos apresentam alta tendência ao estado de trofia. Foi possível concluir por meio do cálculo do IQA que as águas do Eixo Norte possuem classificações aceitáveis dentro do estabelecido pela CETESB. Porém, o estado de eutrofização que esses corpos hídricos se encontram, deve ser um alerta as autoridades responsáveis.

Palavras-chave: Gestão de Recurso Hídricos, Saneamento, Transposição de bacias.

1. Introdução

O constante crescimento populacional vem demandando aumento significativo na distribuição e consumo da água. A projeção mundial prevista para 2025 é de 9 bilhões de pessoas, com o crescimento mais presente em pequenas e médias cidades de países em desenvolvimento que já enfrentam conflitos que afetam cerca de 800 milhões de pessoas e estão causando uma escalada contínua na frequência e intensidade de crises humanitárias e migratórias. Nos países em desenvolvimento, as pessoas são quatro vezes mais propensas a não ter acesso à água potável, e duas vezes mais provável de não ter acesso ao saneamento básico, com repercussões óbvias sobre a saúde pública. Ao todo, mais de 180 milhões de pessoas não têm acesso à água potável, requisito básico em tais contextos humanitários. (WORLD WATER COUNCIL, 2018).

No Nordeste brasileiro, principalmente na região do Semiárido, o monitoramento dos recursos hídricos torna-se importante devido à sua escassez. As constantes mudanças climáticas são características desta região e afetam a economia, agricultura, qualidade de vida e faz com que a



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

população sofra com as secas severas e extremas que ocorrem em períodos curtos no decorrer dos anos (CARMO; LIMA, 2020).

As temperaturas médias ficam entre 22° e 25° C atualmente, com previsão de chegar a 27° e 28° C até 2050 em algumas partes desta região, e um índice hídrico médio que indica o aumento da escassez hídrica neste mesmo período, junto com tipos climáticos subúmido, seco subúmido e semiárido na situação climática atual (SANTOS, 2010).

Com o intuito de reverter os problemas de abastecimento de água desta região, o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) desenvolveu o Projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF), que vem sendo implantado desde 2005. A população contemplada está avaliada em cerca de 12 milhões de habitantes espalhadas nos 390 municípios, localizados nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. O projeto possui 477 km de extensão, divididos entre 2 eixos, o Eixo Norte que parte inicialmente de Cabrobó, em Pernambuco com 260 km no total, e o Eixo Leste, partindo do município de Floresta, também em Pernambuco, com 217 km (MDR, 2020).

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) deste projeto, os impactos previsto do PISF são, entre outros: aumento da oferta e da garantia hídrica, geração de emprego e renda, dinamização da economia regional e da atividade agrícola, oferta de água para abastecimento urbano e rurais, redução da exposição a situações emergenciais de seca, melhoria da qualidade da água nas bacias receptoras, diminuição do êxodo rural e da emigração da região, redução da exposição da população à doenças e óbitos, e redução da pressão sobre a infraestrutura de saúde (RIMA, 2004). O presente trabalho tem como objetivo avaliar de forma integrada o uso da água e sua qualidade, no Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, de forma a propor medidas de gestão de uso sustentável da água.

2. Metodologia

2.1. Descrição da área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido em um trecho do Eixo Norte do PISF, escolhido por apresentar poucos estudos na temática abordada e por ser uma área de relevância para o desenvolvimento do semiárido nordestino, sendo uma importante alternativa para o fornecimento adequado de água.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o eixo Norte tem início dos seus 260 km de extensão no município de Cabrobó, no estado de Pernambuco (PE), passando pelos reservatórios do Tucutu, Terra Nova, Serra do Livramento, Mangueira, Negreiros e Milagre no mesmo estado, seguindo até o reservatório de Jati, depois Atalho, Porcos, Cana Brava, Cipó, Boi I e finalizando no Boi II, localizados no estado do Ceará (CE) e por último no estado da Paraíba, seguindo pelo reservatório de Morros, Boa Vista, Salgado, finalizando no Açude Engenheiro Ávidos em Cajazeiras na Paraíba, sendo esta a rede principal de distribuição do projeto de integração (ANA, 2020).

Há também a presença dos ramais associados de distribuição que transportam as águas diretamente do eixo para outros corpos, como por exemplo, do reservatório Mangueira para o Açude Entremontes no PE, do Jati para o Cinturão das Águas do CE, do Boi I para o Rio Piancó, do

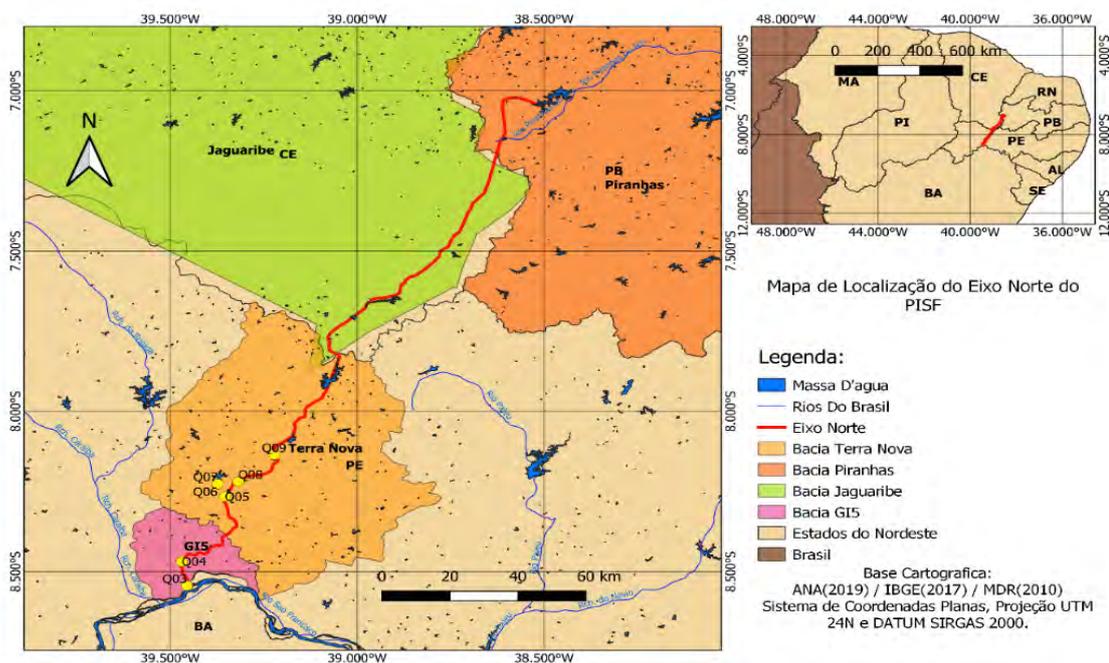


III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Salgado para a Bacia do rio Jaguaribe e para o rio Apodi/Mossoró que banha os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, simultaneamente. (ANA, 2020).

O Eixo Norte está inserido dentro de 04 bacias a partir da captação que é na Bacia do rio São Francisco. Sendo que a área estudada se encontra localizada apenas em duas bacias, são elas: GI5 e Terra Nova. A Figura 1 apresenta a localização do eixo norte do PISF, a disposição das bacias hidrográficas e os respectivos reservatórios estudados do eixo.

Figura 1: Mapa do Eixo Norte e a localização dos reservatórios de amostragem.



Fonte: O autor (2021).

O Eixo Norte passa pelos municípios de Cabrobó, Salgueiro, Terra Nova e Verdejante em Pernambuco, Penaforte, Jati, Brejo Santo, Mauriti e Barro, no Ceará, e em São José de Piranhas, Monte Horebe e Cajazeiras, na Paraíba. O eixo é composto de reservatórios novos em seu trajeto, mas também conta com a presença de reservatórios antigos, como é o caso do reservatório de Atalho no Ceará e o reservatório final do trecho, que é o Engenheiro Ávidos na Paraíba.

2.2. Dados e parâmetros físicos e químicos

Os dados físico-químicos e biológicos para estudo da qualidade da água utilizados para esta pesquisa foram disponibilizados pelo Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia do PISF, no qual o Grupo de Gestão Ambiental – UFPE atua em parceria com Ministério de Desenvolvimento Regional (antigo Ministério da Integração). A empresa responsável pela coleta é a CMT – Engenharia Ambiental. Este programa é uma condicionante do IBAMA no processo de licenciamento ambiental do empreendimento. Este monitoramento teve início no ano de 2009, paralelamente às atividades de implantação do Projeto.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Os cálculos do IET e IQA, serão analisados de alguns pontos do Eixo Norte através desses dados disponibilizados. A escolha dos pontos foi baseada no trecho da captação até o último reservatório que havia recebido águas da transposição até a última campanha disponível. O estudo compreende 07 pontos (Tabela 1) e aborda uma total de 10 campanhas, sendo que da campanha 16 até a campanha 25, realizadas entre os anos 2014 a 2019. O Reservatório de Mangueira (Q09) foi o último do eixo a receber as águas da transposição na campanha 25.

Tabela 1: Identificação das estações de amostragem selecionadas, suas localizações e respectivos tipos de ambientes onde se encontram.

Ponto	Descrição	Estado	Cidade	Coordenadas*		Tipo de ambiente	Bacia hidrográfica
				X	Y		
Q03	Rio São Francisco (captação eixo norte)	PE	Cabrobó	449878	9055492	Lótico	São Francisco
Q04	Reservatório Tucutu	PE	Cabrobó	448344	9063827	Lêntico	GI 5
Q05	Reservatório Terra Nova (projetado)	PE	Cabrobó	461034	9086220	Lêntico	
Q06	Reservatório Terra Nova (existente)	PE	Cabrobó	458862	9090348	Lêntico	
Q07	Reservatório Terra Nova (existente – jusante)	PE	Cabrobó	458901	9090632	Lêntico	Terra Nova
Q08	Reservatório Serra do livramento	PE	Cabrobó	464964	9091402	Lêntico	
Q09	Reservatório Mangueira	PE	Salgueiro	475533	9100635	Lêntico	

*Sistema de projeção UTM, Datum SAD-69.

Fonte: Ministério da Integração Nacional (2005).

Cabe destacar que os pontos Q06 e Q07(jusante da barragem) refere-se ao reservatório Nilo Coelho, que é de responsabilidade do governo estadual do Pernambuco. E que pela proximidade com os cursos do Eixo Norte do PISF, foram inseridos no programa de monitoramento, com vistas a observar uma possível interferência dele na qualidade da água do eixo Norte.O período das campanhas, bem como o clima no período das coletas podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Campanhas de monitoramento da qualidade da água do Eixo Norte do PISF analisadas na pesquisa, incluindo as datas e o clima no período das coletas.

Campanhas	Data	Ano	Período
16	fevereiro	2014	Chuvoso
17	Outubro	2014	Seco
18	março a abril	2015	Chuvoso
19	setembro a outubro	2015	Seco
20	abril a maio	2016	Chuvoso
21	setembro a outubro	2016	Seco
22	março a maio	2017	Chuvoso
23	Setembro	2017	Seco
24	outubro a novembro	2018	Seco
25	abril a maio	2019	Chuvoso

Fonte: Adaptado de Ferreira, 2016.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Em relação aos parâmetros estudados, foram considerados os necessários para realizar o cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e do Índice de Estado Trófico (IET). Foram utilizados 11 (onze) parâmetros de qualidade da água: temperatura, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio total, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, coliformes termotolerantes, clorofila-a.

2.3. Cálculo dos índices para avaliação da qualidade da água

2.3.1. CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA

O IQA foi desenvolvido a partir de um estudo desenvolvido nos Estados Unidos em 1970, e adaptado pela CETESB, incorporando variáveis consideradas importantes para a determinação da qualidade da água destinada ao abastecimento público. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice (Equação 1).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i w_i \quad (1)$$

Onde: IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade; n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A classificação do índice de qualidade da água se divide em: (i) Ótimo: $79 < IQA \leq 100$; (ii) Bom $51 < IQA \leq 79$; (iii) Regular/Médio: $36 < IQA \leq 51$; (iv) Ruim: $19 < IQA \leq 36$; (v) Péssimo: $IQA \leq 19$ (CETESB, 2019).

2.3.2. CÁLCULO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO – IET

O Índice do Estado Trófico classifica os corpos d’água em diferentes graus de trofia relacionados ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito no crescimento excessivo das algas e cianobactérias.

As variáveis necessárias para a realização do cálculo deste índice são apenas duas, o fósforo total, IET(PT), sendo entendido como o agente causador do processo de eutrofização, e a clorofila-a, IET(CL), que por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. O índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo.

O Índice do Estado Trófico apresentado e utilizado será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), segundo as equações 2, 3, 4, 5:

Rios (Ambientes Lóticos):



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

$$ET (CL) = 10x(6-((-0,7-0,6x(\ln CL))/\ln 2))-20 \quad (2)$$

$$IET (PT) = 10x(6-((0,42-0,36x(\ln PT))/\ln 2))-20 \quad (3)$$

Reservatórios (Ambientes Lênticos):

$$IET (CL) = 10x(6-((0,92-0,34x(\ln CL))/\ln 2)) \quad (4)$$

$$IET (PT) = 10x(6-(1,77-0,42x(\ln PT))/\ln 2)) \quad (5)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

O valor final no IET é resultante de uma média aritmética simples dos índices obtidos para o fósforo total e a clorofila-a, aplicando a equação 6:

$$IET = [IET(PT) + IET(CL)]/2 \quad (6)$$

A classificação do índice de qualidade da água se divide em: (i) ultraoligotrófico: $IET \leq 47$; (ii) oligotrófico: $47 < IET \leq 52$; (iii) mesotrófico $52 < IET \leq 59$; (iv) eutrófico $59 < IET \leq 63$; (v) supereutrófico $63 < IET \leq 67$ e (vi) hipereutrófico: $IET > 67$ (CETESB, 2019).

3. Resultados

O Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia (PBA 22) foi responsável pelas análises dos dados coletados nos pontos de monitoramento no Eixo Norte do PISF. O estudo abrange os pontos Q03 a Q09 do eixo, sendo um ponto de coleta na captação do Eixo Norte (Q03), na Bacia do Rio São Francisco, um no reservatório do Tucucu (Q04) na Bacia do GI5, cinco pontos de coletas em reservatórios da Bacia Terra Nova (Q05 até Q09).

Os dados são das campanhas 16 a 25, compreendidas entre os anos de 2014 a 2019, considerando os períodos secos e chuvosos, como também a influência gerada pela chegada das águas da operação dos PISF. A ausência de dados em algumas campanhas impossibilitou a análise de todos os períodos descritos. A campanha 17 não possui dados das variáveis relevantes para as análises. Já os pontos Q08 e Q09 não apresentaram dados das campanhas 16 a 23, pois as águas da transposição só chegaram aos reservatórios no período posteriormente à campanha 23. Como é o caso dos demais pontos, que foram recebendo águas no decorrer das campanhas.

Os resultados das análises de IQA e IET ao longo das campanhas estudadas são apresentados nas Tabelas 7 e 8. Estes foram calculados de acordo com a CETESB. Os pontos analisados que não tiveram seu IQA e IET descritos, são os pontos que não haviam dados suficientes para a execução dos cálculos.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Tabela 7: Resultados de IQA dos pontos amostrais do Eixo Norte, nas campanhas 16 a 25 dos anos de 2014 a 2019.

Campanha	Bacia	São Francisco	GI5	Terra Nova				
	Ponto	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
	Ambiente	Lótico	Lêntico	Lêntico				
16 (2014/Chuvoso)		56 Boa	**	**	53 Boa	39 Regular	**	**
18 (2015/Chuvoso)		69 Boa	**	**	45 Regular	22 Ruim	**	**
19 (2015/Seco)		78 Boa	79 Boa	**	* Lêntico	31 Ruim	**	**
20 (2016/Chuvoso)		47 Regular	67 Boa	**	42 Regular	30 Ruim	**	**
21 (2016/Seco)		67 Boa	65 Boa	75 Boa	39 Regular	20 Ruim	**	**
22 (2017/Chuvoso)		79 Boa	78 Boa	63 Boa	42 Regular	28 Ruim	**	**
23 (2017/Seco)		58 Boa	66 Boa	37 Regular	* Lêntico	20 Ruim	**	**
24 (2018/Seco)		* Lêntico	* Lêntico	65 Boa	39 Regular	40 Regular	73 Boa	61 Boa
25 (2019/Chuvoso)		63 Boa	82 Ótima	82 Ótima	69 Boa	38 Regular	89 Ótima	85 Ótima

* Dados ausentes

* Ponto de monitoramento sem água no momento da coleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos resultados do IQA, observa-se que a água do ponto de captação (Q03) geralmente sai para os canais da transposição com qualidade boa para abastecimento público. A partir deste ponto, é esperado um decréscimo na qualidade da mesma ao passar pelos reservatórios que ficam próximos da zona urbana (PERES, 2012), pois na maioria das vezes os municípios não apresentam serviços adequados de saneamento básico e acabam contaminando os cursos de água. Entretanto, a qualidade mante-se predominantemente boa nos pontos Q04, Q05, Q08 e Q09, chegando à ótima na última campanha analisada.

Tal fato não significa que não há problemas de poluição, já que este curso está diluindo e o que recebe, considerando a enorme vazão do São Francisco ao longo do eixo. O ideal é que o lançamento de esgotos seja tratado e que se tenha um monitoramento satisfatório para que não haja impactos significativos nos reservatórios, com vistas à proteção da fauna e flora nestes pontos (PERES, 2012).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

A classificação encontra-se regular apenas na campanha 20 do ponto Q03, e na campanha 23 do Q05, isso porque os valores de DBO, Turbidez e Nitrogênio Total, tiveram valores bem acima do permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Os pontos Q06 e Q07 que não fazem parte do Eixo Norte da transposição, são os que possuem as piores classificações de IQA. O Q06 por exemplo, na maioria das campanhas analisadas teve sua água classificada como regular, devido ao fato dos valores altos de DBO, Turbidez, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Clorofila-a e Coliformes Termotolerantes, que no total são 6 dos 11 parâmetros para o cálculo do IQA. Já o Q07 encontra-se em estado de alerta, possui resultados em grande parte, de classificação Ruim, obtendo apenas Regular na campanha 16, em 2014, e campanha 25, em 2019. Dos parâmetros que compõem o cálculo do IQA, apenas Temperatura e pH, não excederam o limite permitido nas campanhas, os outros parâmetros, em sua maioria, se encontravam acima do permitido. Sendo assim, é possível observar que alguma contaminação possa estar sendo acometida entre o reservatório Nilo Coelho e a jusante da barragem (Q07), já que a qualidade do ponto a jusante apresenta-se em menor qualidade que a obtida no próprio reservatório.

Para Almeida et al. (2017), a região da Bacia Terra Nossa que abrange esses pontos em estado de alerta, apresenta vegetação estressada e área degradada pela ação antrópica. Além disso, Ferreira et al. (2012) observaram que a área possui vegetação seca, solo exposto e forte influência de atividades poluidoras de áreas urbanas.

Os resultados do IET conforme dispostos na Tabela 8, mostra que os pontos apresentam alta tendência ao estado de trofia, com as classificações em sua maioria de Hipereutrófica, Supertrófica, Eutrófica, e em alguns casos, uma certa melhora com classificação Mesotrófica nos reservatórios considerados novos na transposição. As consequências futuras, são o excesso de algas e cianobactérias, comprometendo o abastecimento público, caso não haja monitoramento necessário.

Esta situação não é por acaso, uma vez que nos relatórios da coleta em campo, observou-se que nos arredores dos reservatórios, havia atividades irregulares com potencial prejudicial à qualidade da água para abastecimento público. Para Calado (2020), a ineficiência do controle do uso do solo nos pontos de coleta do PISF, ocasiona conflitos entre os moradores e a gestão, comprometendo a qualidade da água e aumentando o custo do tratamento da água, além de prejudicar a biota aquática. Para reverter isto, é recomendável um planejamento detalhado e adaptado a longo prazo em escala local e regional com participação dos interessados.

A eutrofização em corpos hídricos é um processo gradual, devido ao contínuo aumento de nutrientes que é encontrado e frequentemente apresentam alterações na qualidade de suas águas, podendo comprometer o abastecimento público. As modificações frequentemente encontradas são: no sabor, odor, elevação da turbidez e cor da água, diminuição do oxigênio dissolvido da coluna d'água, crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, floração de algas tóxicas e o comprometimento do uso da água (Smith e Schindler, 2009).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Tabela 8: Resultados de IET dos pontos amostrais do Eixo Norte, nas campanhas 16 a 25 dos anos de 2014 a 2019.

Campanha	Bacia	São Francisco		GI5	Terra Nova				
	Ponto	Q3		Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
	Amb.	Lótico	Lêntico		Lêntico				
16 2014/ Chuvoso		67 Supereutrófico	**	**	**	65 Supereutrófico	69 Hipereutrófico	**	**
18 2015/ Chuvoso		63 Eutrófico	**	**	**	63 Eutrófico	72 Hipereutrófico	**	**
19 2015/ Seco		63 Eutrófico	56 Mesotrófico	**	**	**	81 Hipereutrófico	**	**
20 2016/ Chuvoso		66 Supereutrófico	68 Hipereutrófico	**	**	66 Supereutrófico	73 Hipereutrófico	**	**
21 2016/ Seco		63 Eutrófico	60 Eutrófico	59 Mesotrófico	**	69 Hipereutrófico	84 Hipereutrófico	**	**
22 2017/ Chuvoso		63 Eutrófico	59 Mesotrófico	59 Mesotrófico	**	65 Supereutrófico	79 Hipereutrófico	**	**
23 2017/ Seco		61 Eutrófico	68 Hipereutrófico	80 Hipereutrófico	**	**	83 Hipereutrófico	**	**
24 2018/ Seco		*	*	59 Mesotrófico	**	80 Hipereutrófico	82 Hipereutrófico	59 Mesotrófico	59 Mesotrófico
25 2019/ Chuvoso		79 Hipereutrófico	59 Mesotrófico	59 Mesotrófico	**	59 Mesotrófico	85 Hipereutrófico	59 Mesotrófico	59 Mesotrófico

* Dados ausentes

* Ponto de monitoramento sem água no momento da coleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo do valor médio dos resultados de IQA e IET de todas as campanhas analisadas estão dispostos na Tabela 9, o que possibilita uma análise geral das classificações ao longo do Eixo Norte do PISF.

Tabela 9: Valores médios dos Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET) para os pontos amostrais das bacias hidrográficas do rio São Francisco, GI5 e do rio Terra Nova durante o período de estudo.

Bacia	Ponto	Tipo	IQA médio	Classificação	IET médio	Classificação
Rio São Francisco	Q03	Lótico	64,63	Boa	65,63	Supereutrófico
GI5	Q04	Lêntico	72,83	Boa	61,67	Eutrófico
	Q05	Lêntico	64,40	Boa	63,20	Eutrófico
	Q06	Lêntico	58,14	Boa	66,71	Supereutrófico
Terra Nova	Q07	Lêntico	29,78	Ruim	78,67	Hipereutrófico
	Q08	Lêntico	81,00	Ótima	59,00	Mesotrófico
	Q09	Lêntico	73,00	Boa	59,00	Mesotrófico

Fonte: Elaborado pelo autor.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

O IQA como já visto, é predominantemente de qualidade Boa, chegando à Ótima no ponto Q08. O ponto Q07 apresenta classificação Ruim, ocasionado pelos valores dos parâmetros físico-químicos acima do permitido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, e alta influência de atividades antrópicas.

Apesar dos resultados analisados serem satisfatórios de IQA, a CETESB (2008), afirma que a avaliação da qualidade das águas de um manancial por este método possui limitações, não considerando outros parâmetros importantes, como metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico ou número de células de cianobactérias por exemplo, fundamentais na determinação da qualidade para o abastecimento público.

Os resultados do IET médio indicam como esperado, que os reservatórios em sua maioria se encontram já eutrófizados, com exceção dos pontos Q08 e Q09, com classificação Mesotrófica, que são novos e possivelmente receberam menos influência de atividades poluentes.

Para Figueirêdo et al. (2006), esses níveis altos de eutrofização são preocupantes. Os valores de nutrientes nos reservatórios são aumentados oriundos das atividades degradadoras do homem pelo processo de urbanização, agropecuária ou desmatamentos, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas com consequente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lênticos.

4. Conclusões

A análise dos parâmetros físico-químicos por meio do cálculo do IQA e IET, possibilitou evidenciar que as águas da transposição do Rio São Francisco no Eixo Norte, possuem classificações aceitáveis dentro do estabelecido pela CETESB, com exceção dos reservatórios que não fazem parte deste trecho, mas influenciam diretamente na qualidade para abastecimento público. Além disso, o estado de eutrofização que esses corpos hídricos se encontram, deve ser um alerta as autoridades responsáveis pelo PISF e para a população que contribuiu para este processo.

Uma parcela dos problemas relacionados à degradação da qualidade da água e o processo de eutrofização que os corpos hídricos se encontram, se dá por uma série de fatores relacionados com o crescimento desordenado das cidades, descaso com o meio ambiente, disposição inadequada dos resíduos, ausência de sistemas adequados de esgotamento sanitário e a falta de planejamento. É preciso que metas mitigadoras sejam estabelecidas pelos órgãos governamentais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos para a garantia de uma água de boa qualidade para as gerações atual e futura, visto que é importante para que o desenvolvimento seja garantido, atribuindo valor para as atividades econômicas, sociais e culturais.

Ao MDR, é relevante manter o monitoramento da qualidade da água na transposição ao longo dos anos, como vem sendo feito em parceria conjunta com o grupo de Gestão Ambiental da UFPE. Os órgãos estaduais APAC, AESA e SHR-CE, que são responsáveis pela gestão dos recursos hídricos em Pernambuco, Paraíba e Ceará, respectivamente, em conjunto com as secretarias de cada município próximo, devem verificar e intervir, nas ações da sociedade nos arredores dos reservatórios. As instituições de ensino podem fazer estudos contínuos da influên-



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

cia da chegada destas águas nas populações locais, verificando sua distribuição e uso, preservando a qualidade para utilização no abastecimento humano. Por fim, a população deve ficar atenta na fiscalização deste recurso natural com o intuito de preservação e recuperação destes corpos hídricos, uma vez que a água captada no Rio São Francisco tem como objetivo a melhoria de qualidade de suas vidas, garantindo o abastecimento de água com qualidade para a população abrangida.

5. Agradecimentos

Agradeço ao CNPq que propiciou uma bolsa de iniciação para este projeto. A professora Maria do Carmo M. Sobral pela confiança e orientação. Ao grupo de gestão ambiental da UFPE pela parceria.

6. Referências bibliográficas

ALMEIDA, D. N. O., OLIVEIRA, L. M. M., SILVA, C. B., BEZERRA, U. A., FARIAS, M.O., CANDEIAS, A.L.B. Análise das Bacias Hidrográficas do Rio Brígida, Rio Terra Nova e Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 9 (Gi9) de Pernambuco Usando Índices de Vegetação e de Umidade. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro – RJ: INPE, 2017.

CALADO, T. de O.. Análise da relação do uso do solo com a qualidade da água do açude Epitácio Pessoa no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

CARMO, M. V. N. S.; LIMA, C. H. R.. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, p. 233-242, 2020.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas do estado de São Paulo. São Paulo: Cetesb, 2008.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Apêndice D: Índices de Qualidade das Águas. In: CETESB. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2018. São Paulo: CETESB, 2019. p. 1-32.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. Diário Oficial da União. Brasília, 18 mar. 2005. n. 053, p. 58-63.

FERREIRA, A. L. N. Análise integrada da qualidade de água dos corpos hídricos do projeto de integração do Rio São Francisco no nordeste do Brasil. 2016. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. dos S.; SILVA, H. A. da; SANTOS, A. M. dos; GALVÍNCIO, J. D., 2012. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação da Caatinga no Município de Petrolina- PE. Revista Brasileira de Geografia Física, pp. 904-922.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de Reservatórios à eutrofização. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

MI - MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. RIMA - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Brasília: MIN, 2004, 102p.

PERES, J. M.. Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco nos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

SANTOS, D. N. et al. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 492-500, 2010.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here?. *Trends in ecology & evolution*, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

World Water Council. Strategy: Water Security, Sustainability and Resilience. London: Earthscan publications Ltd, 2018.