

Artigo

Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil

Moura, V. M.;* Brito, S. M.O.; Silva, A. B.

Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (5), 869-890. Data de publicação na Web: 19 de setembro de 2013

<http://www.uff.br/rvq>

Evaluation of Water Quality Indicators to Check Dams of the Ipitanga River Condition, Salvador, Bahia, Brazil

Abstract: Ipitanga River is the main tributary of river bay Joanes, and used for various human purposes, such as public supply, industrial activity, irrigation, navigation, recreation, waste dilution, among others. However, despite the existing human activities, the behavior of the variables studied in this work did not exceed the values predicted by the CONAMA Resolution 357/05¹. There is evidence that they have been changed over the years, jeopardizing the future of the environmental balance spring. This fact is ratified due to the occurrence of some discrepancies in results of some variables, such as the good correlation between the BOD and turbidity, and ammonium ion with the total phosphorus. Presenting, signs of degradation in relation to the quality of its water by the volume of effluent released. The assumption considers the statistical evaluation of these variables in dams the of Ipitanga river as a possible tool to identify points for improvement and implementation of a plan for using and occupation of urban and environmental preservation. In order to assess and predict future scenarios of damaging the quality of dams the Ipitanga river, so that it will be possible to understand the changes of their water and anthropogenic influences.

Keywords: Human activities; environmental preservation; water quality.

Resumo

O Rio Ipitanga é o principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, e utilizado para diversos usos humanos, tais como: abastecimento público, atividade industrial, irrigação, navegação, lazer, diluição de efluentes, entre outros. Porém, apesar das atividades antropogênicas, o comportamento das variáveis estudadas neste trabalho não ultrapassou os valores preditos pela Resolução 357/05 do CONAMA. Todavia, há indícios de que elas estão sendo alteradas com o passar dos anos, colocando em risco o equilíbrio ambiental deste manancial. Este fato é ratificado por interações encontradas nos resultados de algumas variáveis estudadas, como a boa correlação entre a DBO e turbidez, e do íon amônio com o fósforo total. Contudo, os sinais de degradação no que diz respeito à qualidade de suas águas pelo volume de efluente lançado. O pressuposto considera a avaliação estatística destas variáveis estudadas na água das represas do rio Ipitanga, como um possível instrumento para identificar a necessidade de um monitoramento sistemático e implantação de um planejamento quanto ao uso e ocupação urbana e preservação ambiental. Visa, portanto, avaliar e antever cenários futuros prejudiciais à qualidade da água das represas do Rio Ipitanga, de tal forma que cada vez mais seja possível entender as alterações hídricas e suas influências antrópicas.

Palavras-chave: Atividades antropogênicas; preservação ambiental; qualidade da água.

* Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana-BA, Brasil.

✉ vm.moura@hotmail.com

DOI: [10.5935/1984-6835.20130063](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20130063)

Avaliação dos Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água para Verificar o Estado de Conservação das Represas do Rio Ipitanga, Salvador, BA, Brasil

Viviane Maria M. de Moura,* Suzana M. O. Brito, Ardemírio B. Silva

Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana-BA, Brasil.

vm.moura@hotmail.com

Recebido em 25 de outubro de 2012. Aceito para publicação em 22 de fevereiro de 2013

1. Introdução

2. Metodologia

2.1. Contextualização da Área em Estudo

2.2. Material e Métodos

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação Estatística dos Dados

3.2. Matriz de Correlação

3.3. Análise de Dados da DBO

3.4. Análise dos Dados de OD

3.5. Análise dos Dados do pH

3.6. Análise dos Dados do Íon Amônio (NH₄⁺)

3.7. Análise dos Dados do Fósforo Total

3.8. Análise dos Dados da Turbidez

4. Conclusões e Recomendações

1. Introdução

A preocupação com a qualidade dos recursos naturais e com a proteção da saúde humana tem papel central nas discussões do mundo contemporâneo. Assim, diante do comprometimento da qualidade de vida, a sociedade vem direcionando suas atenções para os impactos ambientais negativos potenciais de suas atividades, produtos ou serviços.

Conseqüentemente, a exigência da população em relação ao planejamento e gestão das cidades é cada vez mais intensificada.¹⁻³ Associado à ocupação irregular e ao aumento populacional, surgem muitos conflitos e problemas de ordem ambiental, como: aumento do risco de degradação das áreas de abastecimento de água e alimentos; enchentes; redução da biodiversidade e *habitats*, inserção de substâncias tóxicas na cadeia alimentar; poluição das águas por esgotos e pela disposição dos resíduos de forma

inadequada, tanto domésticos como industriais; entre outros.^{2,4}

O planejamento e ordenamento de um ambiente dependem de uma metodologia que possibilite aos gestores avaliarem os impactos inerentes ao uso e ocupação de um ambiente, de modo que seja possível atuar na prevenção ou mitigação de seus riscos. Nesta perspectiva, os modelos teóricos contribuem para a interpretação de dados, tornando possível o diagnóstico de determinada situação e a formulação de soluções apropriadas para a gestão dos recursos naturais.^{5,6} Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento ao longo do tempo de dados secundários relacionados aos indicadores DBO, turbidez, OD, pH, íon amônio e fósforo total obtidos da rede de monitoramento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA), utilizando critérios estatísticos de coeficiente de correlação linear de Pearson e de regressão linear, e tendo como referencial a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).⁷

2. Metodologia

2.1. Contextualização da Área em Estudo

A área de estudo está totalmente inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) Joanes-Ipitanga (Figura 1). A criação desta APA teve o objetivo de proteger as nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes, fauna e flora, típicos de um remanescente de Mata Atlântica. A área escolhida possui aproximadamente 64.463 ha e abrange parte dos municípios de Camaçari, Simões Filho, Lauro de Freitas, São Francisco do Conde, Candeias, São Sebastião do Passé, Salvador e Dias D'Ávila.⁸

Vale considerar que a APA Joanes-Ipitanga se localiza dentro de uma área basicamente urbana e de intensa produção industrial do Estado da Bahia. O correto planejamento de ocupação e uso do solo desta região

contribuiria para uma melhor gestão do recurso hídrico, levando-se em conta que ele é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 40% da população da região metropolitana de Salvador. Além disso, a bacia hidrográfica é usada para lazer e esportes náuticos, dessedentação de animais e a pesca em alguns trechos.^{9,10} O rio Ipitanga, por sua vez, é o principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, é fortemente impactado pela exploração imobiliária e pelo lançamento, sem qualquer tratamento, das águas de residências e indústrias, mineradoras, aterro sanitário,¹¹ hospitais, frigorífico, entre outros, ao longo de todo seu percurso. Este manancial possui três represas, a Ipitanga I, II e III, formando uma sub-bacia hidráulica de suma importância, com função de abastecer Salvador, Boca da Mata, Fazenda Grande I e II, Cajazeira XI, Loteamento Santo Antônio e Loteamento Jambeiro, Cações, Barragem e Fazenda Cassange.^{9,12-14}

A sub-bacia hidrográfica possui duas represas, Ipitanga I e II e um barramento, Ipitanga III, formando uma sub-bacia hidráulica com área aproximada de 118 km².^{13,14}

Os reservatórios Ipitanga I e II foram construídos pelo Governo do Estado, com objetivo de reforçar o abastecimento do Joanes para a Grande Salvador e para as empresas do Centro Industrial de Aratu – CIA. O reservatório Ipitanga III foi formado pela construção da Rodovia BA- 526 (CIA-Aeroporto).¹⁵ A entidade responsável pela operação dos reservatórios é a EMBASA.

No sentido montante para jusante ocorrem as três represas Ipitanga III, II e I, originando três bacias hidráulicas utilizadas para o abastecimento público e industrial. As três represas do Ipitanga juntas regularizam uma vazão de cerca de 1,0 m³/s.^{13,14}

A área do Ipitanga III situa-se entre os municípios de Simões Filho e Salvador, com uma pequena influencia da área oeste de Lauro de Freitas. A região é cortada pela via de ligação do CIA ao Aeroporto Internacional (BA-526).¹⁵

O reservatório Ipitanga II também se situa entre municípios de Salvador e Simões Filho, sendo a região marcada pela existência de vários sítios particulares no entorno da barragem.¹⁴

A represa Ipitanga I tem a função de regularizar as águas do Rio Ipitanga, além de complementar a produção de água para o abastecimento de Salvador. A represa Ipitanga II recebe o fluxo direto de Ipitanga III e é basicamente utilizada para fornecer água bruta à Gerdau, indústria localizada no CIA, e também para fornecimento à ETA Suburbana, sendo um reforço ao abastecimento do subúrbio de Salvador, mais precisamente no

bairro de Valéria, durante o verão. A represa Ipitanga III flui para Ipitanga II contribuindo para o seu abastecimento. No entanto, ela atualmente não está sendo utilizada para nenhum fim específico.¹⁵

O reservatório de Ipitanga I está totalmente inserido no município de Salvador, envolvendo alguns sítios particulares, área industrial, com predomínio de pedreiras, conjuntos habitacionais, além de ocupações irregulares. Ressalta-se que a situação desse reservatório é mais crítica que a dos demais devido às pressões antrópicas e o alto grau de ocupação de seu entorno.^{14,15}

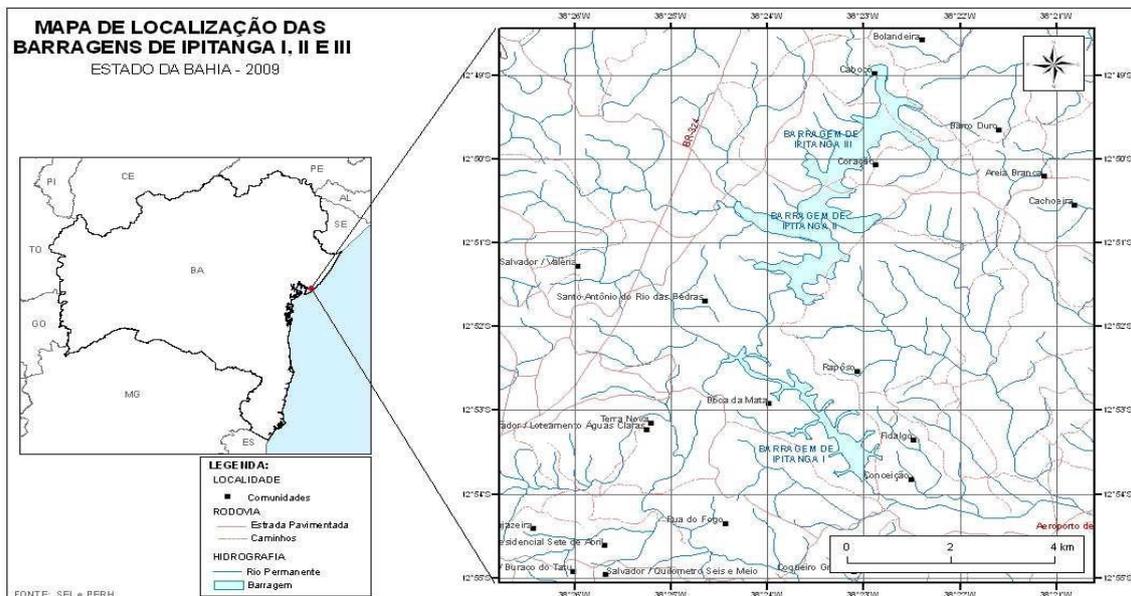


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga). Fonte: SEMA, 2010

Em alguns pontos do Rio Ipitanga observa-se a presença de grande quantidade de plantas aquáticas, indicando elevado nível de eutrofização, que pode ser causado pelo

lançamento de esgoto não tratado, evidenciando presença de matéria orgânica (Figura 2).^{11,14,15}



Figura 2. Presença de plantas aquáticas em um trecho do Rio Ipitanga, 2006. Fonte: Depto de Ações Ambientais/EMBASA

A disposição imprópria dos resíduos graxos (Figura 3a) e domésticos (Figura 3b) compromete seriamente a qualidade da água da represa. Isso é agravado com o lançamento, sem qualquer tratamento, das

águas servidas das residências (Figura 4a) e indústrias, hospitais, matadouros, entre outros, ao longo de todo seu curso (Figura 4b).



(a)



(b)

Figura 3. Disposição imprópria de (a) resíduos graxos e (b) lixo urbano Fonte: (EMBASA, 2008)



Figura 4. Lançamento das águas servidas das residências (a) e (b) efluentes industriais nas Represas de Ipitanga I, II e III. Fonte: EMBASA, 2008

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Coleta de dados

Metodologicamente, este trabalho compreendeu três etapas: na primeira etapa foi feito o levantamento dos dados secundários obtidos a partir dos relatórios da EMBASA e da fundamentação teórica, além da auditoria das variáveis. Na segunda etapa, através das inspeções de campo com equipe da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA) e da EMBASA se fez um registro fotográfico e o reconhecimento do ambiente, assim como ordenamento do banco de dados e o mapeamento das áreas sujeitas a risco ambiental. Na terceira etapa, constaram do tratamento, análise e auditoria dos dados obtidos e seleção do modelo, conforme equações de predição do ano em que a qualidade da água estará fora do especificado pela Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)⁷. Todas as coletas e análises foram feitas pela equipe técnica da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), durante o dia e na camada superficial d'água, no período de 2003 a 2008, exceto para o fósforo total que foi medido no período de 2005 a 2008.

Na tabela 1 são apresentados os pontos de amostragem das represas Ipitanga I, II e III.

Nas figuras 5 e 6 estão localizados esses pontos amostrais de cada represa.

A auditoria dos dados teve a finalidade de eliminar os valores repetidos, identificar *outliers*, avaliar a exatidão e a precisão dos dados e realizar controle do erro de digitação.^{16, 17, 18} Após essa inspeção inicial dos dados foi realizado tratamento e análise dos resultados obtidos utilizando modelos estatísticos. A avaliação de certas características da água das represas Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) e Ipitanga III (IP III) foi feita a partir da verificação do grau de alteração ao longo dos anos e uma tentativa de previsão do ritmo de degradação da água, tendo como valores de referência de qualidade os valores citados na Resolução 357/05 do CONAMA.⁷ Os parâmetros escolhidos foram a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), OD (Oxigênio Dissolvido), pH (Potencial Hidrogeniônico), NH_4^+ (íon amônio), turbidez, fósforo total (P), coliformes termotolerantes e temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Essa escolha dependeu da disponibilidade dos dados para análise e por serem indicativos de qualidade da água e usados como indicadores de uso e ocupação do solo.¹⁹⁻²¹ Estas variáveis foram

consideradas suficientes para avaliar a qualidade da água, além de serem boas indicadoras da contribuição de matéria orgânica proveniente das atividades antrópicas.^{19,20} Os dados secundários foram então auditados e tratados, separados por represa e ordenados por ano de coleta.

Tabela 1. Pontos de amostragem das represas Ipitanga I, II e III

IPITANGA I	
Ponto atual	Coordenadas
	UTM
IP I - 1	566 347 E 8 575 082 N
IP – I Represa	566 935 E 8 574 145 N
IPITANGA II	
IP II-1	566 905 E 8 581 516 N
IP II -2	563 199 E 8 580 264 N
IP II - 3	564 516 E 8 580 291 N
IP II – 4	564 439 E 580 188 N
IP II - 5	566 535 E 8 579 083 N
IP II - 6	566 234 E 8 578 627 N
IP II - 7	565 498 E 8 577 845 N
IP II - Represa	565 433 E 8 578 376 N
IPITANGA III	
IP III - 1	567 356 E 8 583 174 N
IP III - 2	568 470 E 8 581 324 N
IP III - Represa	566 966 E 8 581 731 N

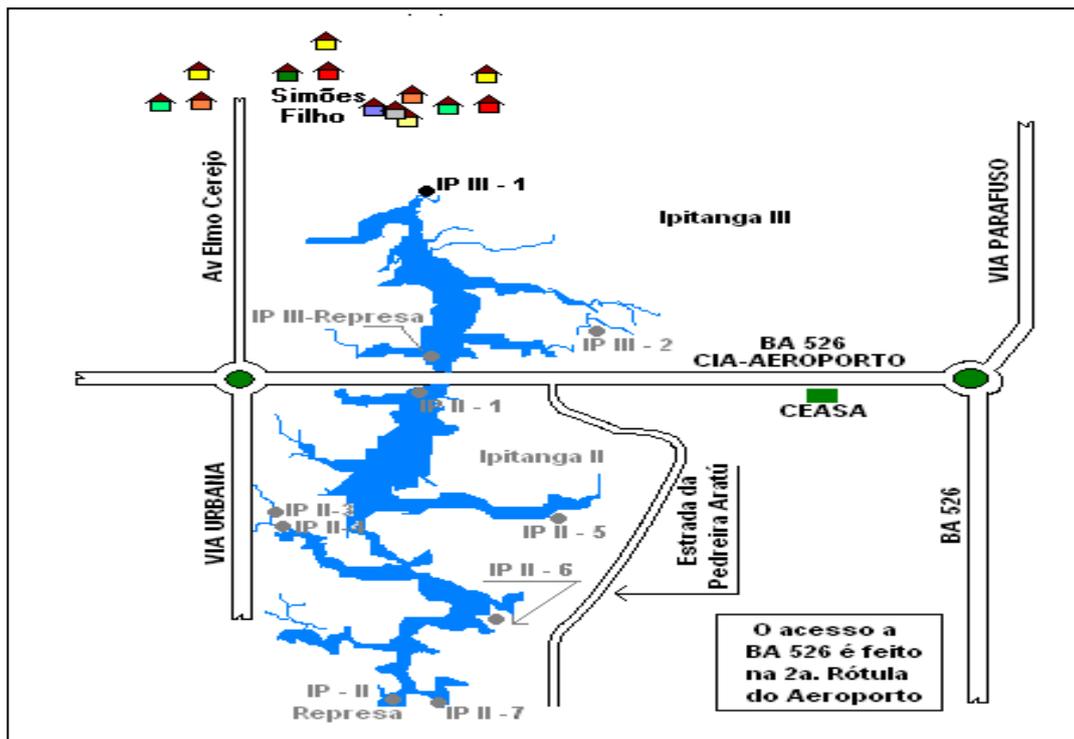


Figura 5. Localização dos pontos amostrais das Represas II e III

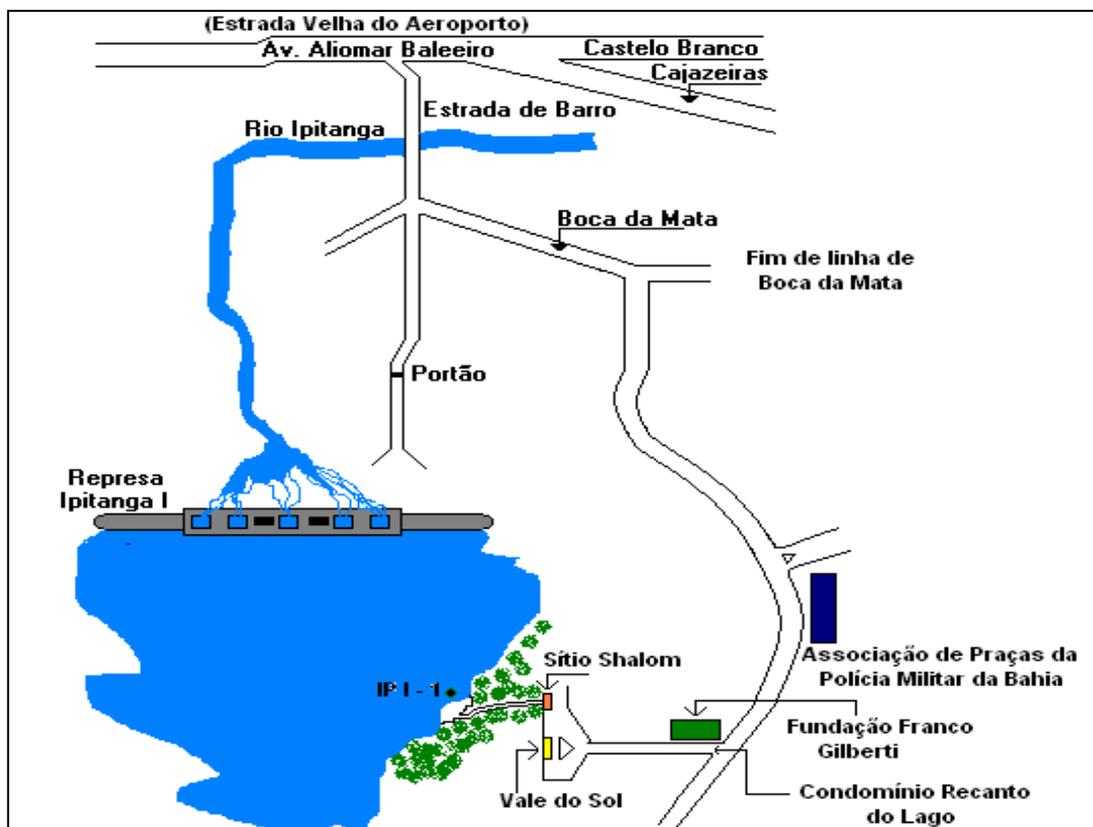


Figura 6. Localização dos pontos amostrais da Represa I

3. Resultados e discussão

3.1. Avaliação Estatística dos Dados

As Tabelas 2, 3 e 4 agrupam as medidas

descritivas que foram calculadas para as variáveis em estudo por represa, no período de 2003 a 2008. Considera-se a legenda para as tabelas 2, 3 e 4. As informações sobre coleta, medidas e frequência constam no item 2.2.1 – coleta de dados.

Tabela 2. Resumo das medidas das variáveis na represa IP I

Medidas	Variáveis							
	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P (mg/L)	Turbidez (UNT)	CT UFC/100mL	T (°C)
Mínimo	1	1,54	6,82	0,1	0,01	1,4	2,0	22,0
Mediana	1,5	7,27	7,7	0,19	0,05	2,9	17,0	27,0
Média	1,68	6,91	7,69	0,36	0,06	3,7	84,1	27,2
Máximo	4	9,28	9,28	1,6	0,17	12	1670,0	31,0
Desvio Padrão	0,72	1,65	0,5	0,37	0,04	2,33	245,2	2,25
N	46	58	58	35	23	58	52	60

Legenda (para as tabelas 2, 3 e 4): DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio. OD – Oxigênio Dissolvido pH – Potencial Hidrogeniônico NH₄⁺ – Íon Amônio P – Fósforo CT – Coliformes Termotolerantes T – Temperatura N – Número de observações amostrais

Tabela 3. Medidas resumo das variáveis na represa IP II

Medidas	Variáveis							
	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P (mg/L)	Turbidez (UNT)	CT UFC/100mL	T (°C)
Mínimo	1,00	0,86	4,62	0,10	0,00	0,50	2,0	22,00
Mediana	1,70	5,45	6,98	0,35	0,05	3,20	34,00	28,00
Média	2,07	5,30	7,99	1,19	0,14	7,20	286,61	27,24
Máximo	16,00	11,78	9,22	17,90	1,00	190,0	16600	32,00
Desvio Padrão	1,66	2,11	0,56	2,36	0,23	17,47	1477,1	2,36
N	123	153	153	130	79	153	137	145

Tabela 4. Medidas resumo das variáveis na represa IP III

Medidas	Variáveis							
	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	P (mg/L)	Turbidez (UNT)	CT UFC/100mL	T (°C)
Mínimo	1	0,86	6,54	0,1	0,03	1,4	6	22
Mediana	1,78	5,82	7,26	0,32	0,08	4,6	98	28
Média	2,08	5,68	7,28	0,45	0,08	5,95	887,42	27,7
Máximo	6	10,34	8,76	1,7	0,24	29	40000	32
Desvio Padrão	1,02	1,92	0,39	0,36	0,04	4,1	4828,9	2,25
N	64	69	69	64	31	69	69	70

Os resultados mostram que a média da DBO cresce de 1,68 mg/L na represa IP I para 2,07 mg/L na represa IP II, e 2,08 mg/L na represa IP III, indicando que nas represas IP II e IP III ocorre maior decomposição microbiana do que na represa IP I. Considerando que, quanto maior demanda bioquímica de oxigênio, há indícios de presença de nutrientes no meio, o que estimula o metabolismo das bactérias e, conseqüentemente, maior consumo e menor disponibilidade de oxigênio.

A DBO retrata, de forma indireta, o teor de MO nos esgotos ou corpos d'água pelo decréscimo de OD, sendo, portanto, um parâmetro associado ao potencial de consumo do OD.²²

A variável OD apresenta uma variabilidade maior na represa IP II, e a média dessa variável foi maior na represa IP I (6,91 mg/L), enquanto que nas represas IP II e IP III, as médias foram 5,30 mg/L e 5,68mg/L, respectivamente. As medianas foram razoavelmente maiores do que a média nas três represas, indicando que a média pode estar sendo influenciada por valores pequenos para o OD.

O pH teve médias próximas nas três represas, e as medianas também não se distanciaram muito das médias, indicando que não parece haver problemas com valores discrepantes. A variável NH₄⁺ teve média de 1,19 mg/L e desvio padrão de 2,36 mg/L na represa IP II, enquanto que nas outras represas, as médias e desvios padrão foram, respectivamente, 0,36 mg/L e 0,37 mg/L em IP I e 0,45 mg/L e 0,36 mg/L em IP III. A

mediana do NH₄⁺ na represa IP II foi bem menor do que a média, indicando que há maior faixa de variação no conjunto de dados que podem estar influenciando a média.

O Fósforo total (P total) teve médias bastante próximas das medianas para as três represas, mas a variabilidade das observações em relação à média é maior na represa IP II.

Quanto à turbidez, na represa IP II, a mediana (3,20 UNT) é bem menor que a média (7,20 UNT) e apresenta amplo intervalo de valores (0,5 a 190 UNT), O valor máximo de 190 UNT excedeu o limite de especificação da Resolução 357/05 (40UNT). No caso das outras barragens (IP I e IP III), também ocorreram valores elevados (10,0 e 30,0), respectivamente, que podem ter influenciado nas médias de turbidez, apesar desses valores estarem abaixo do limite máximo (40 UNT) estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA.⁷

Segundo Esteves,²² a turbidez é um parâmetro importante no metabolismo dos organismos produtores de oxigênio no meio, por ser responsável pela redução da penetração da luz nos diversos compartimentos (região litorânea, região limnética ou pelágica e região profunda) de um ecossistema aquático.

A variável coliformes termotolerantes (CT) apresenta valores médios elevados para as represas IP II e IP III, valores estes acima do limite especificado pela Resolução CONAMA⁷ 357/05 (200 UFC/100mL). Além disso, as respectivas medianas para estas represas são

muito diferentes das médias, provavelmente devido aos valores elevados para esta variável. Na represa IP I a média também é muito maior que a mediana, mas não tanto quanto nas outras represas. Como era esperado, as médias e medianas da temperatura nas três represas foram muito próximas. Além disso, a faixa de variação dos valores de temperatura em todas as represas foi praticamente à mesma.

3.2. Matriz de Correlação

A Tabela 5 mostra os coeficientes de correlação linear de *Pearson* para as variáveis em estudo da sub-bacia do rio Ipitanga.

O coeficiente de correlação linear de *Pearson* (r) é uma medida estatística que mede o grau de associação entre duas variáveis, sendo sua variação entre -1 e 1. Quanto mais próximo dos extremos do intervalo de variação, mais correlacionadas estão as variáveis em questão.¹⁸

Antes de fazer o cálculo de r , é necessário avaliar graficamente se a correlação entre as

variáveis é linear. Isto pode ser feito através do diagrama de dispersão. Em um dos eixos se coloca os valores de uma das variáveis e, no outro, o da outra variável com a qual se quer avaliar a correlação. É esperado que os pontos traçados estejam próximos de uma reta, pois se isso acontece, diz-se que existe uma relação linear entre as variáveis e o coeficiente de correlação pode então ser calculado, para quantificar a magnitude desta associação.^{16,18,23}

Diz-se que existe correlação perfeita entre as variáveis se $|r| = 1$, reafirmando que quanto mais próximo r estiver de 1 ou -1, mais forte será a correlação. Quanto mais próximo de zero, mais fraca será a correlação.^{16,18,23}

Se $r < 0$ tem-se que a correlação entre as variáveis é linear negativa, logo, à medida que cresce uma das variáveis, a outra decresce. Já se $r > 0$ a correlação entre as variáveis é linear positiva, assim, à medida que aumentam os valores de uma das variáveis os valores da outra também aumentam.^{16,18,23}

Tabela 5. Matriz de correlação de *Pearson* das variáveis estudadas

Variáveis	Ano	DBO	OD	pH	NH ₄ ⁺	P total	Turbidez	CT	T
Ano	1								
DBO	0,34	1							
OD	0,10	-0,05	1						
pH	0,30	0,23	0,60	1					
NH ₄ ⁺	0,05	0,24	-0,32	-0,17	1				
P total	-0,08	0,16	-0,34	-0,18	0,85	1			
Turbidez	0,16	0,57	0,15	0,21	-0,001	-0,02	1		
CT	0,02	0,12	-0,01	-0,04	-0,01	-0,02	0,07	1	
T	-0,11	0,02	-0,02	0,07	-0,01	-0,05	-0,14	-0,02	1

No geral as correlações foram não significativas, exceto a correlação entre o Fósforo total e o Íon Amônio que foi igual a 0,85, indicando uma correlação linear significativa e positiva entre essas duas variáveis, ou seja, nos dados observados, quanto maior for a concentração do Íon Amônio na água, será também maior a concentração do Fósforo total, e vice-versa.

Segundo Von Sperling e Esteves,^{19, 22} o fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos elementos importantes para o metabolismo de ecossistemas aquáticos, no entanto quando presente em altas concentrações possibilita um ambiente adequado ao crescimento de cianobactérias, promovendo

o processo de eutrofização do meio. Estes micro-organismos são capazes de produzir toxinas com efeitos adversos à saúde²⁴.

O pH e o Oxigênio Dissolvido mostram correlação positiva e moderada de 0,60. De acordo com este resultado, quanto maior é o OD na amostra, maior é o pH. O mesmo ocorre com as variáveis turbidez e DBO, que apresentaram correlação de 0,57, indicando que quanto maior for a DBO, maior será a turbidez.

As figuras 7, 8 e 9, apresentam gráficos de dispersão entre Íon Amônio (NH_4^+) e o P total, entre OD e pH, e entre DBO e Turbidez do Rio Ipitanga.

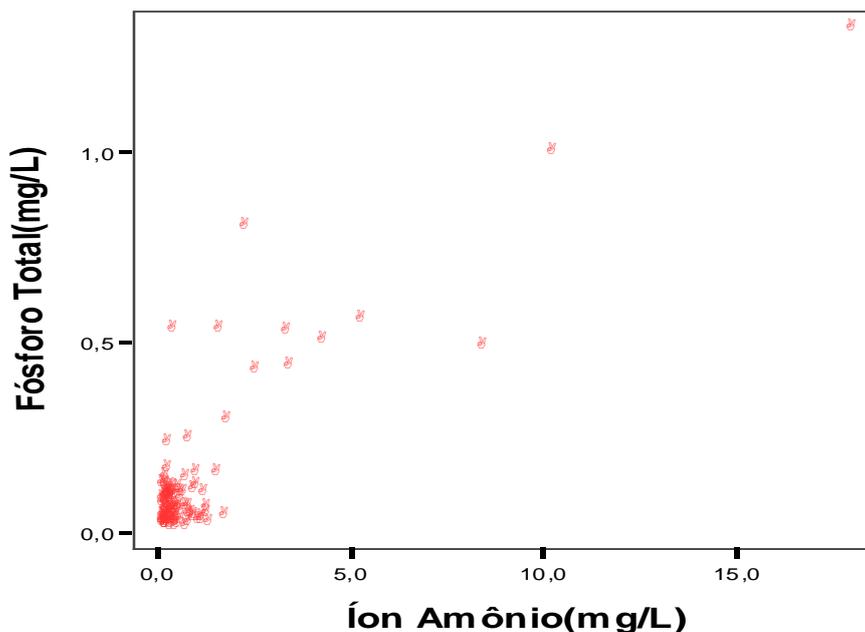


Figura 71. Diagrama de Dispersão entre Íon Amônio (NH_4^+) e o P total do Rio Ipitanga

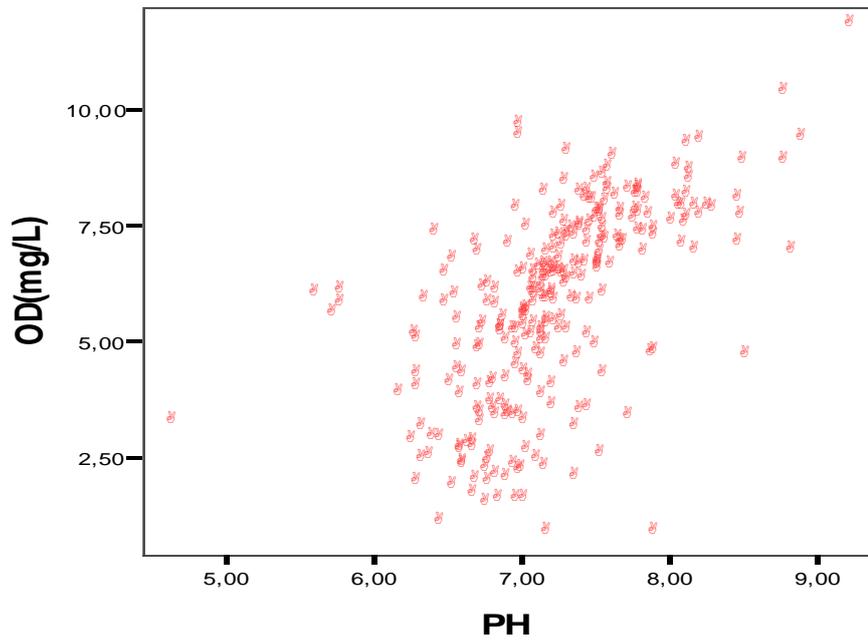


Figura 8. Diagrama de Dispersão entre OD e pH do Rio Ipitanga

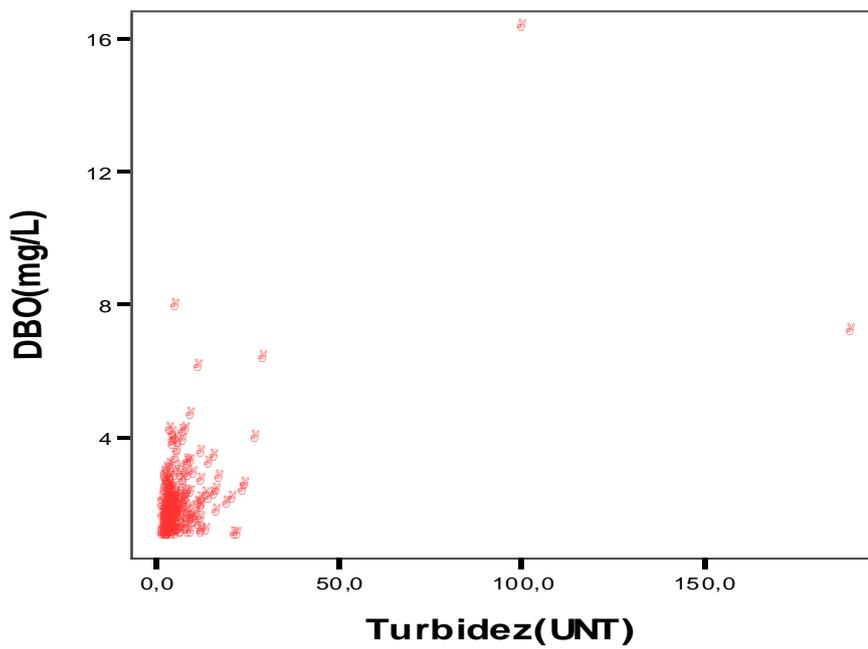


Figura 9 – Diagrama de Dispersão entre DBO e Turbidez do Rio Ipitanga

3.3. Análise de dados da DBO

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA⁷, 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, os valores de DBO para águas doces de classe I deve atender a um Valor de Referência (VR) da DBO em 5 dias a 20° C até 3 mg/L de O₂, para águas doces de classe II até 5 mg/L de O₂, para as de classe III de até 10 mg/L de O₂. Seguindo determinações do órgão gestor das águas do Estado da Bahia, o INGÁ, o rio Ipitanga foi enquadrado na categoria classe II, conforme estudos e avaliação realizada. Portanto, de acordo com a Res. 357/05 a DBO não deve

ser superior a 5mg/L, e se estiver acima deste valor indicará comprometimento da quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD) no meio.

Apesar do aparente crescimento nos valores de DBO ao longo dos anos, apenas duas observações foram superiores ao limite previsto na Res. 357/05 do CANAMA no ano de 2008, como verificado na figura 10.

A equação estimada da DBO, através de regressão linear, (não mostrado por não ser a finalidade dos autores), mostrou que no final do mês de março de 2013, o valor estimado para a DBO atingirá o limite máximo especificado pela Resolução 357/05 do CONAMA⁷ (<5mg/L) na represa IP III. Isso, considerando fixas as outras influências que agem sobre a DBO.

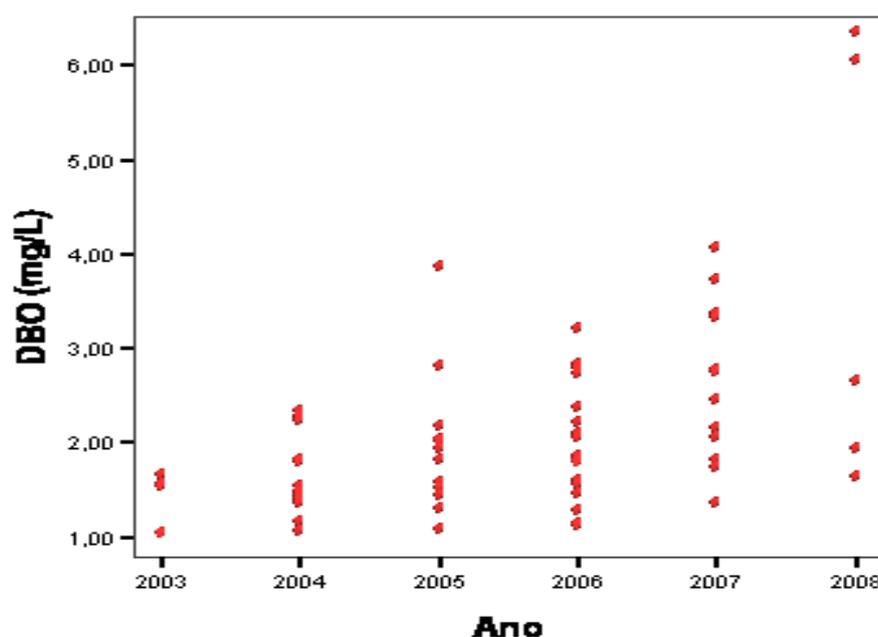


Figura 10. Diagrama de Dispersão de evolução da DBO na Represa IP III

3.4. Análise dos Dados de OD

Os valores de OD, segundo Von Sperling,^{20,21} têm sido utilizados como indicativos da determinação do grau de poluição por despejos orgânicos e autodepuração em corpos hídricos, no entanto, é uma medida de difícil

determinação, porque pode variar ao longo do dia.

De acordo com a Res. 357/05 do CONAMA⁷, os valores de OD, para águas doces de classe I, devem estar acima de 6 mg/L O₂; para as de classe II não inferior a 5 mg/L de O₂ e as de classe III não inferior a 4 mg/L de O₂. Neste caso, como o rio estudado

foi enquadrado como de classe II, o valor de referência deverá ser sempre igual ou superior a 5 mg/L de O₂.

Na represa IP I,(Figura 11) há alguns valores abaixo do limite estabelecido pela Res. 357/05 do CONAMA⁷ para o OD nos anos de 2004 e 2005. No entanto, há tendência na diminuição dos valores de

oxigênio com o passar dos anos, apesar da concentração

de valores amostrados está quase que uniformemente distribuída no intervalo de 5 a 10 mg/L de O₂. Neste caso, se não forem tomadas medidas preventivas visando à qualidade da água da represa ou permanecerem as mesmas condições atuais ocorrerá a redução de oxigênio.

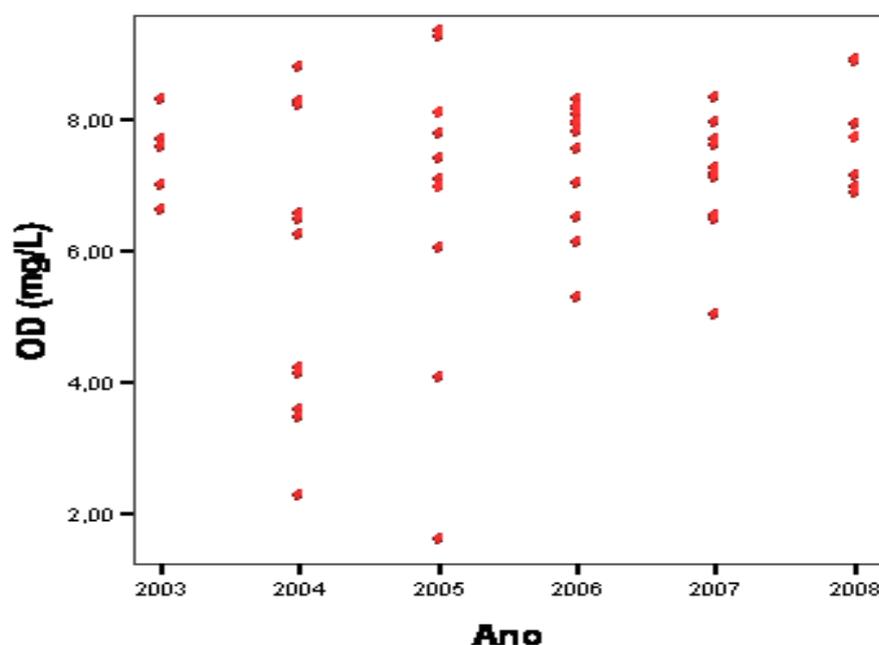


Figura 11. Diagrama de dispersão das concentrações de OD ao longo do período estudado na represa IP I

A falta de periodicidade dos dados amostrais é um fator importante a ser considerado na amostragem do OD para efeitos de um bom resultado no monitoramento. Isso porque o OD varia conforme o período do dia (manhã ou tarde) ou se o dia está ensolarado ou chuvoso.

No caso de sucessiva diminuição do OD para as espécies aquáticas, Von Sperling^{20,21} ressalta que pode comprometer a permanência das menos resistentes, e detectar a presença de matéria orgânica e poluição.

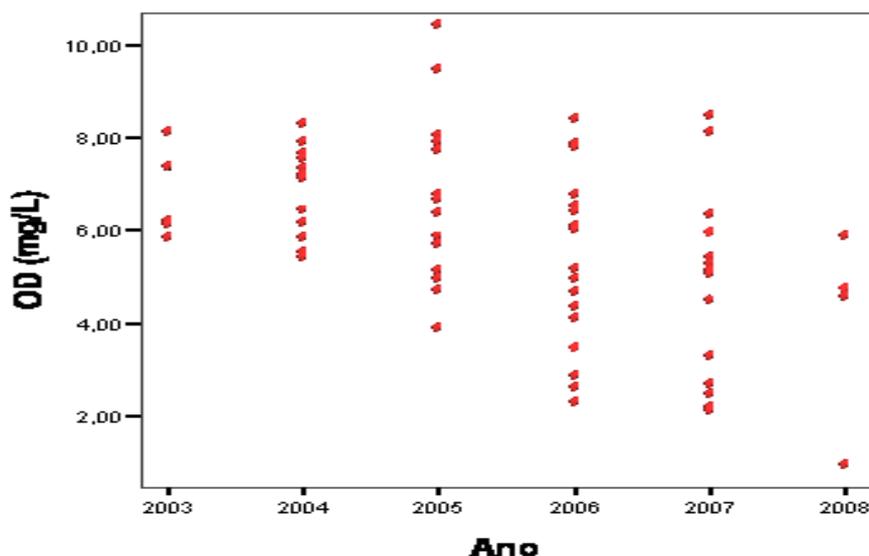


Figura 12. Diagrama de dispersão das concentrações de OD ao longo do período estudado na represa IP III

Desde 2006 as águas da barragem de IP III já apresentavam níveis de OD abaixo do que é estabelecido pela Res.357/05¹ (5 mg/L), e no ano de 2010, o valor estimado para o OD é de 2,74 mg/L.

É importante lembrar que a inexistência de OD na água, segundo Von Sperling,¹⁹⁻²¹ implica na presença de matéria orgânica e poluição e, conseqüentemente, na mortandade de espécies aquáticas.

3.5. Análise dos Dados do pH

Num ambiente adequado a vida aquática, o pH não deve ser inferior a 6, e nem superior a 9. Segundo Esteves,²² se esta faixa de valor não for atendida pode afetar a vida aquática e os micro-organismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Esteves²² menciona que os baixos valores de pH ocasionam perdas de íons sódio e cloreto

nos organismos dos peixes, e que mudanças bruscas de pH são comumente observadas em casos de poluição aquática.

Von Sperling¹⁹ ressalta que o pH baixo tem potencial corrosivo em tubulações e peças das redes de abastecimento de água e quando elevado possibilita as incrustações. Ressalta ainda que os valores menores que 6,0 do pH indicam a presença de efluentes industriais, e quando, acima de 9,0, está associado à proliferação de algas. Além de representar implicações em termos de saúde pública podendo causar irritação na pele e olhos, em comprometimento com as etapas de tratamento da água, na corrosão ou incrustação nas tubulações das águas de abastecimento e até afetar a vida aquática.

Pode ser visto na Figura 13 que para represa IP I ocorre aumento do pH ao longo do período estudado. Além disso, os valores estão todos na faixa especificada pela Res. 357/05 do CONAMA⁷ (6,0 a 9,0).

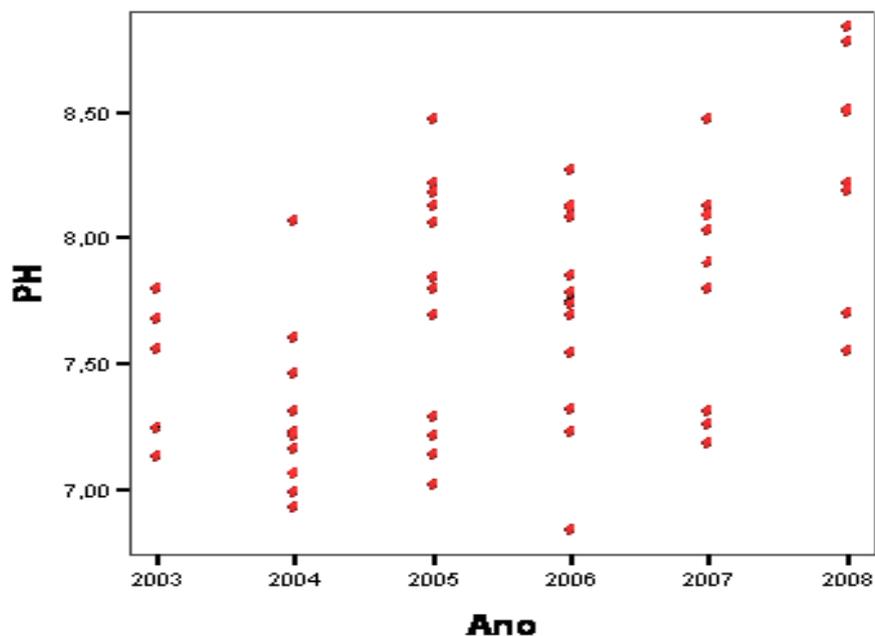


Figura 13. Diagrama de dispersão do pH ao longo do período estudado na represa IP I

O pH aumenta 0,171 a cada ano, uma vez que há efeito do Ano nesta variável ao nível de 5% de significância, haja vista que o valor de p foi aproximadamente zero. Considerando fixos outros possíveis fatores que influenciam o pH, em março de 2016 a água apresentará níveis de pH acima do limite superior (9,0) do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP I.

Observa-se que os dados de pH na represa IP II representado na figura 14, sugere aumento do pH com o passar dos anos,

encontrando valores fora do intervalo de especificação. Destes valores, no período entre 2003 a 2008, quatro estão abaixo do limite inferior (6,0) do intervalo e, um valor, em 2008, está acima do limite superior (9,0) do intervalo. Mantidas as condições ambientais atuais, em outubro de 2020 a água deverá apresentar níveis de pH acima do limite superior do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP II.

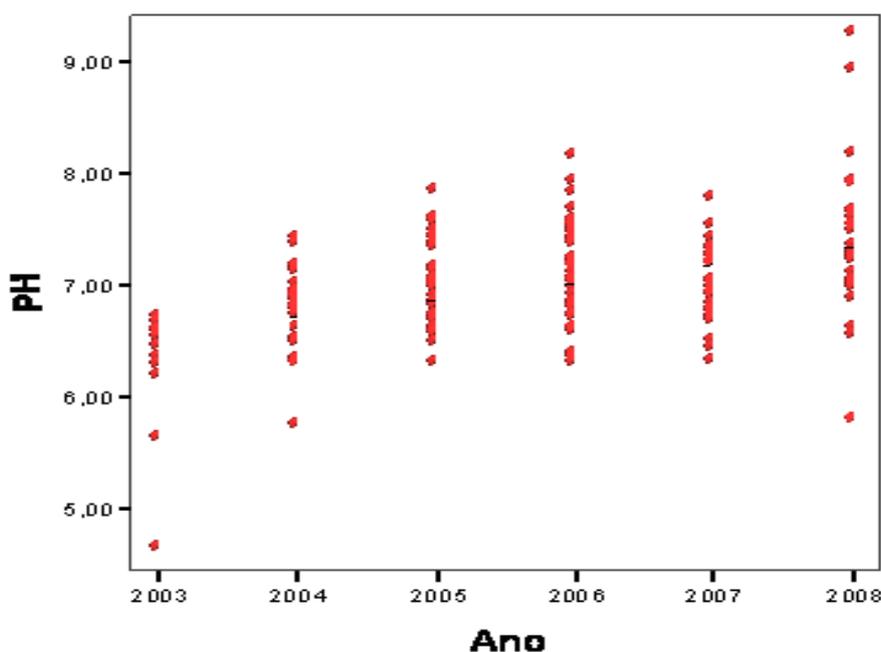


Figura 14. Diagrama de dispersão entre ano e pH na represa IP II

3.6. Análise dos Dados do Íon Amônio (NH_4^+)

Esteves²² cita que em limnologia, quando se encontra referências sobre a concentração de íon amônio, na maioria dos casos, estão relacionados com as concentrações de duas formas de nitrogênio amoniacal (NH_4^+ e NH_3). Assim, a Resolução 357/05 do CONAMA⁷ se refere ao nitrogênio amoniacal total com valores correspondentes a 3,7 mg/L N para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L N para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e 0,5 p/ $\text{pH} > 8,5$. Neste caso, considerou-se o nível de Íon Amônio inferior a 2 mg/L, e as análises serão baseadas neste limite estabelecido.

Esteves²² afirma, ainda, que no meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio livre (N_2), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido ou em suspensão, amônia livre (NH_3) e ionizado (NH_4^+), nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3^-). Ressalta, ainda que os processos bioquímicos de conversão do íon amônio em nitrito e este em nitrato implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio, podendo afetar a vida aquática. Von

Sperling¹⁹ indica que em um meio de pH básico, o íon amônio (NH_4^+) se transforma em amônia livre (NH_3) e a depender da sua concentração pode ser tóxica para os organismos aquáticos.

A partir dos dados da represa IP I, não existe evidência de alteração no comportamento do Íon Amônio em relação ao longo do tempo. Nenhum valor durante o período amostrado se encontra acima do limite pré-determinado (2,0 mg/L) pelo Res. 357/05 do CONAMA⁷.

Mesmo assim, é importante adotar medidas que reduzam estes níveis de tal forma que se obtenha água de boa qualidade. Os valores observados, que estão acima do limite, podem ter sido oriundos de lançamentos irregulares.

3.7. Análise dos Dados do Fósforo Total

Segundo Esteves²² o fósforo na água encontra-se na forma iônica e na forma complexada, sob a forma de fosfato. Sendo suas principais formas, o fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido; fosfato

inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo, fosfato total dissolvido e fosfato total.

O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos elementos importantes para o metabolismo de ecossistemas aquáticos. No entanto quando presente em altas concentrações possibilita um ambiente adequado ao crescimento de cianobactérias, levando ao processo de eutrofização. Estes micro-organismos são capazes de produzir toxinas com efeitos adversos à saúde.^{19,20-22,24}

A partir de 2005, foi iniciado o monitoramento do Fósforo total. E o limite máximo para o nível de Fósforo total é de 0,1 mg/L, conforme determinado pela Res. 357/05 do CONAMA⁷.

Na represa IP I, a maioria dos valores ficaram abaixo do nível máximo permitido (0,1 mg/L). No entanto, dois valores, 0,12 mg/L e 0,16 mg/L, ultrapassam o valor limite da Resolução. Como não se distancia muito do limite, as medidas para reduzir a poluição deste meio ficam mais viáveis economicamente do que num meio rico em fósforo total. A mesma situação ocorreu na represa IP II.

Na represa IP II alguns valores aparecem com certa frequência nas observações (valores obtidos na amostragem) acima do que especifica a Res. 357/05⁷, distanciando de 0,1 mg/L, chegando a estender-se a 1 mg/L. Destacando assim, necessidade de medidas de prevenção e controle de lançamentos de resíduos e efluentes domésticos e industriais que reduzam os níveis de Fósforo Total, já que nas outras represas, os poucos valores que ultrapassaram o limite, não o extrapolaram tanto.

No barramento de IP III existe certa frequência de observações de valores acima do que especifica a Resolução 357/05⁷, e, neste caso, os níveis de fósforo total se distanciam mais de 0,1 mg/L, ultrapassando 0,2 mg/L. Isso pode ser atribuído porque o poder de diluição em IP III é inferior ao em IP I e IP II.

As observações em campo mostraram a necessidade de controlar e até evitar o lançamento de resíduos e efluentes nas represas de IP I, II e III. Mesmo porque, o P total no meio aquático deve ser mantido sobre controle, pois este elemento é um dos principais responsáveis pela eutrofização do meio aquático.^{19,22}

3.8. Análise dos Dados da Turbidez

Segundo Esteves,²² a turbidez é um parâmetro importante no metabolismo dos organismos produtores de oxigênio, pois é responsável pela redução da penetração do feixe de luz nos diversos compartimentos (região litorânea, região limnética ou pelágica e região profunda) de um ecossistema aquático.

Para análise da qualidade da água das barragens I, II e III do rio Ipitanga, considerando a variável turbidez, a EMBASA tem como referência o valor limite de 40 UNT determinado pela Res. 357/05 do CONAMA⁷.

Com base no tratamento dos dados de monitoramento da EMBASA, os dados de turbidez não apresentam tendência de aumento ao longo do período estudando (2005 a 2008). Na represa IP I todos os valores observados estão abaixo do limite estabelecido pela Res.357/05 (40UNT). Apesar do comportamento da turbidez não atingir os padrões estabelecidos pela Resolução citada, foi observado em inspeção de campo, tanto na represa I como na II e III, o intenso lançamento de efluentes e emissão de particulados das pedreiras vizinhas e o assoreamento em que se encontra o manancial. Diante dessa realidade visual, o Órgão Ambiental do Estado da Bahia (IMA), condicionou proposta de melhoria no processo produtivo das pedreiras. Com isso, as mineradoras incorporaram decantadores e aspersores para reduzir a emissão de partículas e lançamento de efluentes acima do padrão estabelecido.

Em Ipitanga II, a relação linear da turbidez com o ano não foi significativa. Apesar de

duas ocorrências terem ultrapassado o valor limite da Res. 357/05 do CONAMA⁷ (40UNT), atingindo o valor de 100UN. Nas represas (I e III), apesar dos valores de turbidez não terem atingido o limite da Resolução citada, em inspeções de campo, se verificou, o intenso descarte de efluentes de natureza industrial e doméstica, e uma situação de descaso por parte dos órgãos ambientais competentes.

Na represa IP III, todos os valores observados estão abaixo de 40 UNT. No entanto, o cenário encontrado em campo e as constantes pressões sociais na represa requerem uma eminente gestão hídrica compatível com a sustentabilidade local.

4. Conclusões e Recomendações

O Rio Ipitanga é o principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, e utilizado para diversos usos humanos, como: abastecimento público, atividade industrial, irrigação, navegação, lazer, diluição de efluentes, entre outros.²⁵ Apesar das atividades antrópicas existentes, o comportamento das variáveis estudadas neste trabalho não ultrapassou os valores previstos pela Resolução 357/05 do CONAMA¹. Todavia, os dados deste trabalho mostram indícios de que elas estão sendo alteradas, colocando em risco o futuro equilíbrio ambiental deste manancial^{19, 22, 26}. A boa correlação entre a DBO e turbidez, e o íon amônio com o fósforo total indicam sinais de degradação no que diz respeito à qualidade de suas águas.

Neste sentido, foi possível observar impactos ambientais durante as expedições de campo realizadas. Portanto, para identificação dos fatores de exploração ambiental, são necessários estudos sistemáticos, como: mapeamento das principais áreas de risco para controle da degradação visual da paisagem urbana; requalificação urbana e ambiental através de ações fiscalizadoras efetivas para um desenvolvimento espacial adequado com o

ambiente e melhor distribuição racional dos recursos naturais para controle da ocupação e uso do solo em áreas de proteção dos mananciais. Para tanto, é importante promover a integração entre os órgãos ambientais a fim de sistematizar o processo de decisões públicas e privadas, intensificando a fiscalização em atividades industriais, para evitar a disposição final inadequada dos resíduos sólidos e líquidos. Além disso, também é fundamental a implementação e o fortalecimento das políticas públicas, voltadas a projetos de reflorestamento da mata ciliar, preservação dos remanescentes de vegetação e ordenamento do uso e ocupação do solo, e implantação de programas de preservação das áreas das bacias hidráulicas e de suas nascentes, coibindo a ocupação de áreas de preservação permanente.^{8,9,12,14}

Sugere-se, ainda, que seja feito o monitoramento constante dos parâmetros hidráulicos e de qualidade da água do Rio Ipitanga, de modo que seja possível estabelecer séries históricas referentes a esse corpo hídrico. Dessa forma, será possível alimentar os modelos matemáticos^{6, 16, 17} em simulações futuras com dados ainda mais consistentes, o que garantirá respostas cada vez mais confiáveis.

Propor concessões a empreendimentos e atividades que priorizem investimentos financeiros para conservação e preservação local é outra ferramenta importante para ações que definem um planejamento compatível com a demanda social, econômica e ambiental integrado ao equilíbrio entre o desenvolvimento da região.¹²

Importante, também, para que sejam minimizados os problemas de degradação ambiental ora detectados na bacia hidrográfica pesquisada, que se promovam estudos voltados para ações preventivas e corretivas de controle e tratamento das águas com a inclusão de processos mecânicos (aeração, remoção dos sedimentos, remoção de algas e remoção de macrófitas), químicos (uso de algicidas, oxidação do sedimento com

nitratos, neutralização) e biológicos (biomanipulação, uso de cianófagos e uso de peixes herbívoros).^{14,15,19}

Importante, ainda, é implantar sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e ambiental, com rede coletora e estação de tratamento de esgotos, bem como obras de drenagem pluvial a título de reduzir a carga de matéria orgânica no corpo hídrico, e o controle da qualidade da água.^{20,22} Sugere-se a continuidade do presente estudo, visando avaliar e antever cenários futuros prejudiciais à qualidade da água do Rio Ipitanga, de tal forma que seja possível entender as alterações hídricas e suas influências antrópicas. Eliminando, portanto, os prejuízos ambientais de maiores proporções.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Instituto de Gestão das Águas e Clima do Estado da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA.

Referências bibliográficas

- ¹ ANA – Agência Nacional das Águas; *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*. Cadernos de recursos hídricos. ANA: Brasília, 2005.
- ² MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva. Brasília: MMA, 2006.
- ³ World Watch Institute; *Relatório do World Watch Institute sobre o avanço em direção a uma Sociedade Sustentável. O Estado do Mundo 2004*. UMA: Salvador, 2004.
- ⁴ Silva, D. D.; Pruski, F. F.; *Gestão de Recursos Hídricos – Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Brasília, 2000.
- ⁵ Rennó, C. D.; Soares, J. V. *Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental. Relatório Técnico Parcial. Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas. Ação "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental"*. 2000.
- ⁶ Burrough, P.; *Dynamic Modelling and Geocomputation. Geocomputation: A Primer*. Wiley: London, 1998.
- ⁷ CONAMA, 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: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.
- ⁸ PLANARQ. Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas. Relatório Técnico Final do Estuário Joanes. SEPLANTUR. Julh0/97
- ⁹ Centro de Recursos Ambientais (CRA). *Diagnóstico ambiental da APA Joanes-Ipitanga. Relatório final. Qualidade ambiental atual*. Bahia, 2001a.
- ¹⁰ Centro de Recursos Ambientais (CRA). *Avaliação da qualidade das águas: Bacias hidrográficas. Relatório técnico*. Bahia, 2001b.
- ¹¹ Rebouças, J. R.; Motta, A. C.; *Relatório de Avaliação do Aterro Metropolitano Centro da Região Metropolitana de Salvador – Condições Geológicas e Geotécnicas da área da barragem Ipitanga*, Salvador, 1991.
- ¹² Reis, L. T. B.; *Projeto de Diagnóstico Sócio Ambiental Bacia do Rio Ipitanga*, Fundação Terra Mirim: Simões Filho, 2005.
- ¹³ Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). *Macro drenagem da Sub-bacia de São Cristóvão – Rio Ipitanga entre as rótulas do aeroporto – Salvador, Bahia*. Salvador, 1997.
- ¹⁴ Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). *Estudos básicos para a identificação de categorias de unidades de conservação nas*

áreas de influência das bacias hidráulicas do Joanes I e do Ipitanga III, II e I. Salvador, 1991.

¹⁵ Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). *Plano Piloto da Orla Marítima: Ipitanga, Jauá, Arembepe, Guarajuba, Tassimirim*. Salvador, 1985.

¹⁶ Montgomery, D. C.; Runger, G. C.; Hubele, N. F.; *Estatística Aplicada à Engenharia*, 2a. ed., LTC: Rio de Janeiro, 2004.

¹⁷ Tucci, C. E. M.; *Modelos hidrológicos*, UFRGS: Porto Alegre, 1998.

¹⁸ Triola, M. F.; *Introdução à Estatística*, 7a. Ed., LTC: Rio de Janeiro, 1999.

¹⁹ Von Sperling, M.; *Estudos e Metodologia da Qualidade da Água de Rios – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias*, UFMG: Belo Horizonte, 2007.

²⁰ Von Sperling, M.; *Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos*. UFMG: Belo Horizonte, 1996.

²¹ Von Sperling, M.; *Princípios Básicos de Tratamento de Esgoto*. UFMG: Belo Horizonte, 1996.

²² Esteves, F. A.; *Fundamentos de Limnologia*, 2a. Ed., Interciência: Rio de Janeiro, 1988.

²³ Vianna, L. F. N., Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para seleção de sítios em sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br>>. Acesso em: 15 Julho 2008.

²⁴ Silva, H. L. G. *Modelagem Bidimensional do Fósforo com Vistas a Gestão de Bacias Hidrográficas – Estudo de Caso: Reservatório de Fiú, Paraná*. Curitiba, 2006.

²⁵ Menezes, L. A.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Sergipe, Brasil, 2006.

²⁶ MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo. Publicada no DO nº 1. São Paulo. 2000.