



## IV-147 - APLICAÇÃO DO NOVO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA PROTEÇÃO DA VIDA AQUÁTICA COMO INDICADOR DE POLUIÇÃO NO RIO DOCE EM LINHARES-ES

**João Manoel da Silva Pereira**<sup>(1)</sup>

Aluno de IC, bolsista do programa Pibic/Pivic – CEFETES, do curso Tecnologia em Saneamento Ambiental do Ifes, Vitória-ES.

**Maria de Fátima Fontes Lelis**

Doutora em Ciências – Físico Química pelo DQ-Icex-UFMG. Professora Adjunta do DQ-CCE-UFES, Vitória-ES. Colaboradora.

**Mauro Cesar Dias**

Doutor em Ciências – Química Inorgânica pelo DQ-Icex-UFMG. Professor do Ensino Básico Técnico Tecnológico da CCSLQ-Ifes, Vitória-ES. Orientador.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: CCSLQ-Ifes, Av. Vitória, Nº 1729, Jucutuquara – Vitória – ES – CEP: 29040-780 – Brasil - Tel: +55 (27) 3331-2228 - Fax: +55 (27) 3331-2200 - e-mail: [jaomanel@gmail.com](mailto:jaomanel@gmail.com) .

### RESUMO

A foz do Rio Doce encontra-se na vila de Regência, distrito do município de Linhares-ES, após sofrer assoreamento, despejo de esgoto doméstico e industrial ao longo de toda a bacia. A carência de estudos na Bacia do Rio Doce, nas regiões noroeste e norte do Estado do Espírito Santo, determina a necessidade de estudos sistemáticos da qualidade da água do Rio Doce uma vez que é fonte de irrigação e abastecimento da população, além de ser importante habitat de diversas espécies de organismos aquáticos. Este trabalho pretende avaliar as condições para manutenção da vida aquática do Rio Doce na região da cidade de Linhares, aplicando-se o Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (IQA-PVA) descrito por Silva e Jardim (2006), em amostras coletadas no período de setembro/2007 e abril/2008. Este estudo avalia as condições das águas do rio no aspecto de suas funções ecológicas de não causar efeito tóxico aos organismos aquáticos, já que normalmente os corpos aquáticos são encarados como meros fornecedores de água para suprir as inúmeras demandas criadas pela sociedade, sendo que os critérios de qualidade comumente adotados raramente levam em consideração a manutenção da vida aquática nestes corpos, mas sim a qualidade desta água para fins de potabilidade. O índice é de fácil aplicação uma vez que somente duas variáveis são consideradas, concentração de amônia e oxigênio dissolvido (OD), evitando o chamado efeito eclipse. Este efeito resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, como no IQA, o que pode produzir o impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento estável das demais. No IQA-PVA são levados em consideração os valores normalizados das concentrações de amônia total e oxigênio dissolvido obtidos da curva de Coneza. A qualidade variou entre “Boa” e “Ruim” sendo que na maioria das campanhas os pontos de amostragem apresentaram uma qualidade “Regular”, principalmente devido às concentrações de OD abaixo de 5 mg/L, o que caracteriza um ambiente inadequado para algumas espécies de peixes. Os valores encontrados para os parâmetros analisados são ocasionados principalmente por despejo de esgoto doméstico *in natura* e utilização de fertilizantes nas plantações que margeiam o rio. Os resultados obtidos nesse estudo comprovam, durante o período de estudo, que através desse índice é possível demonstrar que o Rio Doce vem recebendo grande quantidade de efluentes, principalmente de origem doméstica, o que compromete a vida aquática do rio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água, Rio Doce, IQA-PVA, amônia, OD.

### INTRODUÇÃO

O objetivo de um Índice de Qualidade das Águas (IQA) é comunicar a qualidade de um determinado corpo hídrico aos atores responsáveis, direta ou indiretamente, sobre o estado que uma bacia hidrográfica apresenta, sejam eles a sociedade civil, os órgãos gestores de controle ambiental, os agentes poluentes, os comitês de bacias hidrográficas, as organizações não-governamentais, dentre outros. O uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo, colaborando na construção de um sistema de suporte à tomada de



decisões sobre a mesma [1]. No entanto, uma dificuldade na elaboração de um índice de qualidade é justamente sintetizar em um único número (que pode estar relacionado a um estado de qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima) uma realidade complexa, onde inúmeras variáveis ambientais têm influência. Daí o grau de subjetividade que um índice pode representar, visto que a qualidade da água é função direta de seu uso proposto. Por outro lado, a elaboração de um índice de qualidade das águas pode ser simplificada ao levar em consideração somente as variáveis ambientais críticas que afetam determinado corpo hídrico em um determinado momento. Essa redução do número de variáveis ambientais, graças à escolha daquelas que realmente afetam a qualidade, facilita a elaboração de um índice de qualidade, tornando também sua aplicação mais econômica aumentando sua possibilidade de uso em diversas bacias hidrográficas do país. Outra vantagem ao se trabalhar com um índice que utiliza poucas variáveis ambientais é a minimização de um clássico e indesejável efeito na elaboração de índices de qualidade das águas, conhecido como efeito eclipse. O efeito eclipse resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir uma atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento estável das demais [2].

A bacia do Rio Doce é de grande interesse nos estudos ambientais uma vez que banha 202 municípios nos Estado de Minas Gerais e 28 no Espírito Santo, sofrendo a ação de uma população de mais de 3 milhões de pessoas. Também é afetada por atividades como o maior complexo siderúrgico da América Latina, da maior mineradora a céu aberto do mundo, indústrias, hidrelétricas e, ainda, agricultura e pecuária ao longo de seus 897 km até o Oceano Atlântico. O maior desenvolvimento das atividades econômicas aconteceu somente em algumas áreas como no Vale do Aço e na região de influência dos municípios de Governador Valadares e Caratinga em Minas Gerais, Colatina e Linhares no noroeste e norte do Espírito Santo. A foz do rio encontra-se na vila de Regência, distrito de Linhares, município que se destaca por sua indústria moveleira, pela produção de álcool, pela produção de cacau, pela exportação de mamão papaya, pela produção de confecções e pela produção de petróleo e gás natural. Nos últimos anos, através de incentivos fiscais, o município passou por um forte desenvolvimento na área industrial, principalmente com a implantação de agroindústrias nas áreas de beneficiamento da fruticultura, e por estar na foz recebe influência de todos os descartes ao longo da bacia. Recentemente as Assembleias Legislativas de Minas Gerais e Espírito Santo e outras instituições estaduais e nacionais vêm trabalhando em conjunto para consolidação do Plano de Esgotos Sanitários para a Despoluição da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Com isso diversos eventos vêm sendo promovidos para discutir os problemas desse importante rio brasileiro.

A carência de estudos ao longo da Bacia do Rio Doce, em particular nas regiões noroeste e norte do Estado do Espírito Santo, determina a necessidade de estudos sistemáticos da qualidade da água do Rio Doce. Neste trabalho foi aplicado o Índice IQA-PVA (Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática) [1] para avaliação da qualidade da água do Rio Doce na Região de Linhares - ES, abrangendo as estações seca e chuvosa da região entre setembro/2007 e abril/2008. Este estudo é necessário para avaliar as condições das águas do rio no aspecto de suas funções ecológicas de não causar efeito tóxico aos organismos aquáticos - já que normalmente, os corpos aquáticos são encarados como meros fornecedores de água para suprir as inúmeras demandas criadas pela sociedade, sendo que os critérios de qualidade comumente adotados quase nunca levam em consideração a manutenção da vida aquática nestes corpos, mas sim a qualidade desta água para fins de potabilidade.

## METODOLOGIA

Os pontos de coleta foram escolhidos de acordo com suas características locais, como descritos a seguir (Figura 1):

- Ponto 1 - 19°24'55.77" S e 40°04'30.58" O, identificado como "INCAPER" se encontra dentro da fazenda do instituto e tem atividades agrícolas e algumas criações.
- Ponto 2 - 19°24'23.79" S e 40°04'02.91" O, identificado como "MERCAU" está à montante de despejos de uma rede pluvial, próximo ao encontro com Rio Pequeno, elo de ligação entre o Rio Doce e a lagoa Juparanã e responsável pelo abastecimento da cidade juntamente com o Rio Doce, segundo a SAEE [3].
- Ponto 3 - 19°24'30.76" S e 40°03'44.11" O, identificado como "TORRE" muito próximo a residências.
- Ponto 4 - 19°24'26.45" S e 40°03'19.81" O, identificado como "PEDRAMIX" localizado na área de uma empresa que retira areia da calha do rio.



As campanhas foram feitas nas seguintes datas com os respectivos índices de chuva acumulada nas últimas 24 h, conforme registros do INMET [4]: Coleta 1 - em 28/09/2007 (0,0 mm); Coleta 2 - em 20/10/2007 (0,6 mm); Coleta 3 - em 30/11/2007 (0,0 mm), Coleta 4 - em 04/04/2008 (5,3 mm); Coleta 5 - em 25/04/2008 (49,0 mm).



**Figura 1 – Pontos de coletas P1, P2, P3 e P4 no Rio Doce na região de Linhares – ES.**

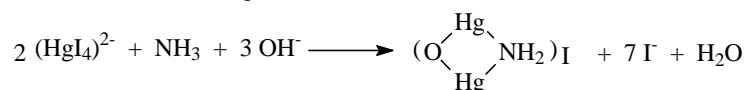
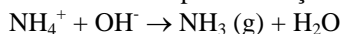
As medidas de temperatura da água foram feitas no local da amostragem com termômetro digital e os valores de pH obtidos em pHmetro, PoliControl, devidamente calibrado.

O IQA-PVA, novo Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática, foi desenvolvido de modo a representar, dentre as características principais, a qualidade da água em termos de proteção da vida aquática, evitar o chamado efeito eclipse e focar as variáveis ambientais críticas que comprometem a qualidade da água, amônia total e oxigênio dissolvido [2]. Sua representação matemática é dada por:

$$\text{IQA-PVA} = \text{Min} (\text{Amônia Total-N}, \text{OD-N}),$$

em que IQA-PVA é o novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática, Amônia Total-N e OD-N são as concentrações normalizadas de amônia e oxigênio dissolvido. Os valores normalizados (entre 0 e 100) são obtidos dos valores da concentração de amônia total, expressa em termos de  $\text{N-NH}_3 / \text{mg L}^{-1}$  e da concentração de OD /  $\text{mg L}^{-1}$  aplicados na curva de Coneza [2], ilustrado conforme Figura 2. O menor valor normalizado é selecionado como operador mínimo (OM) que define o IQA-PVA indicando a qualidade da água como Ótima, Boa, Regular, Ruim ou Péssima.

O método de determinação de amônia foi baseado em metodologia descrita na literatura [5], [6] utilizando reagente de Nessler, sendo o íon amônio presente,  $\text{NH}_4^+$ , convertido em amônia, resultando na determinação de amônia total pela formação do complexo amarelo conforme reações abaixo:



Uma curva de calibração foi obtida pela relação linear da absorbância, medida em comprimento de onda ( $\lambda$ ) de 420 nm, em função da concentração de  $\text{N-NH}_3 / \text{mg L}^{-1}$ , a partir de diluições sucessivas de uma solução padrão estoque de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , previamente seco em estufa a 100 °C, contendo 10,1  $\text{mg L}^{-1}$  em termos de  $\text{N-NH}_3$ . Para obtenção da curva de calibração foram adicionados em seis erlenmeyers 50,0 mL de água deionizada, 1,0 mL de reagente de Nessler e volumes progressivos entre 0,0 e 2,5 mL da solução padrão de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . A leitura de absorbância é feita após 10 min de reação. O método utilizado para determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) é o método de Winkler, baseado na determinação iodométrica, segundo Standard Methods, 1988 [7].

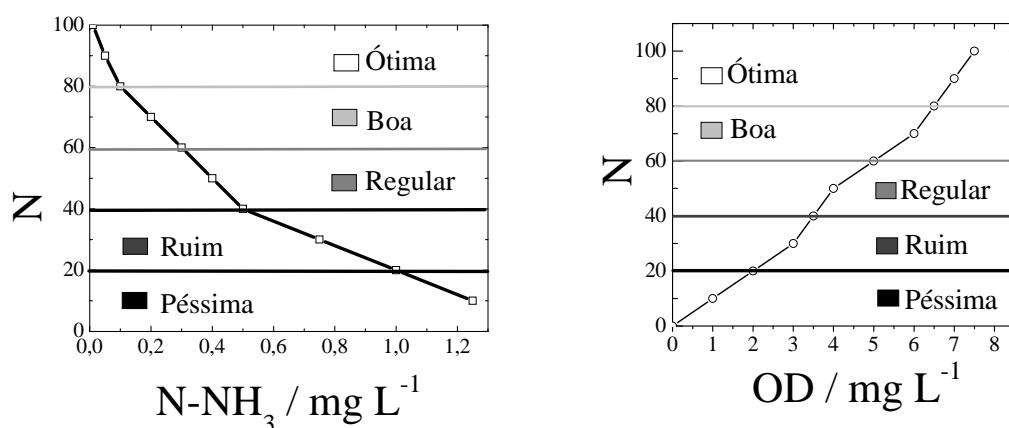


Figura 2 – Curvas de normalização para amônia total e oxigênio dissolvido, com os respectivos fatores de normalização (N) e estados de qualidade (N).

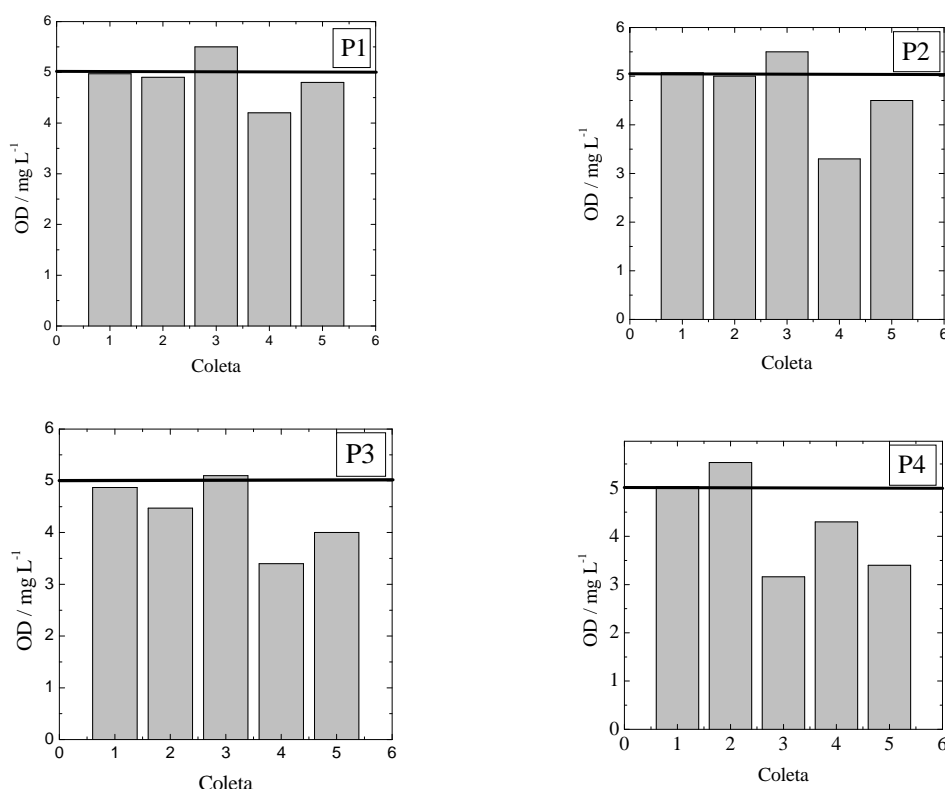
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores de temperatura e pH das campanhas feitas de acordo com os pontos de coleta. Nos pontos P1 e P2 verifica-se uma média de temperatura de 26,1 e 26,8 °C, respectivamente, cerca de 1,6 °C inferior a média apresentada para os pontos P3 e P4, de 28,0 e 28,2 °C. Os valores médios de pH não apresentaram discrepância entre si, com médias entre 7,01 (P4) e 7,28 (P2), que estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, cujos valores estabelecidos de pH são entre 6,0 e 9,0. No entanto, foram preocupantes os baixos valores de pH na Coleta 2, em 20/10/2007, sendo que no ponto P4 atingiu o limite mínimo, com pH = 6,0. Esta elevada acidez pode estar relacionada a algum despejo de origem industrial no período avaliado, sendo ainda verificado o efeito de uma ligeira acidez quarenta dias depois na coleta seguinte, Coleta 3, em 30/11/2007, em todos os pontos de amostragem.

A Figura 3 compara os valores de OD / mg L<sup>-1</sup> determinados dos respectivos pontos de coleta com o valor estabelecido na Resolução CONAMA 357/05. Verifica-se que os valores de OD / mg L<sup>-1</sup> ficaram por muitas vezes abaixo do limite permitido pela Resolução, que é de 5 mg/L de OD, para corpos d'água classe 2, classe em que o Rio Doce se enquadra. O ponto P4, apresentou uma média nos valores de OD um pouco menor comparado aos demais pontos, mas nada tão significativo, provavelmente devido ao funcionamento de uma draga posicionada no local, que ao extrair a areia, suspende a água do fundo do rio, que naturalmente apresenta menor quantidade de OD.

Tabela 1 – Valores de temperatura e pH das campanhas de acordo com os pontos de coleta.

		1	2	3	4	5
P1	T / °C	24,0	25,4	28,0	26,0	27,0
	pH	7,36	6,50	6,95	8,16	7,40
P2	T / °C	23,6	27,8	28,0	27,5	27,0
	pH	7,42	7,00	6,88	7,80	7,32
P3	T / °C	28,3	29,4	28,0	27,5	27,0
	pH	7,44	6,50	6,92	7,57	7,45
P4	T / °C	28,7	29,3	28,0	28,0	27,0
	pH	7,42	6,00	6,92	7,37	7,36



**Figura 3 – Comparação das concentrações de OD nos pontos 1, 2, 3 e 4 com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (linha em negrito).**

Para todas as campanhas os valores de nitrogênio amoniacal total (Tabela 2), de acordo com o seu pH (Tabela 1), estavam dentro dos limites permitidos pela Resolução CONAMA 357/05. Isto é observado comparando esses dados com os valores máximos para nitrogênio amoniacal total permitido, em função do pH, segundo Resolução CONAMA 357/05:

**3,7mg/L N ( $\text{pH} \leq 7,5$ ); 2,0 mg/L N ( $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ); 1,0 mg/L N ( $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ); 0,5 mg/L N ( $\text{pH} > 8,5$ ).**

Os valores normalizados de OD e  $\text{N-NH}_3$  são apresentados na Tabela 2, onde é possível verificar que o OD, na grande maioria, é o parâmetro determinante do operador mínimo, ou seja, apresenta geralmente o menor valor normalizado.

A partir dos dados obtidos apresentados na Tabela 2, pode-se notar que a qualidade da água do Rio Doce na região de Linhares, para os pontos de amostragem selecionados, oscila com o IQA-PVA entre “Péssima” e “Boa”, sendo que a média encontrada é “Regular”. A Figura 4 ilustra este comportamento com os índices numéricos em função das campanhas. A comparação mais aproximada a ser feita, de acordo com a literatura pesquisada, é com o IQA avaliado na Bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, no ano de 2007, segundo Relatório do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) [8]. Neste Relatório verifica-se que a média “Regular” foi observada no 2º e 3º trimestre de 2007, na média dos pontos de coleta em Minas Gerais, sendo que alguns se aproximam da divisa com o Espírito Santo. Nas duas últimas campanhas, Coleta 4 (04/04/2008) e Coleta 5 (25/04/2008), foram apresentados os piores resultados, Regular e Péssima para todos os pontos coletados. Deste modo, observa-se que a chuva acumulada de 24 h de 5,3 mm (Coleta 4) e 49,0 mm (Coleta 5) não resultaram na melhora na qualidade da água conforme o esperado aumento de OD em época de chuva [9]. O índice IQA “Ruim” foi observado no 1º trimestre de 2007, ou seja, até 03/2007, segundo o Relatório do IGAM, em Minas Gerais. Deste modo, apesar de anos diferentes avaliados, 2007 (pelo IGAM) e 2008 neste trabalho, de índices de avaliação e localizações diferentes, IQA (MG) e IQA-PVA (Linhares-ES), pode-se supor uma certa tendência da qualidade da água do Rio Doce entre os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.



**Tabela 2 - Valores de N-NH<sub>3</sub> total e Oxigênio Dissolvido com os respectivos valores normalizados e IQA-PVA para amostras coletadas em Linhares.**

		1	2	3	4	5
<b>P1</b>	Amônia total					
	(N-NH <sub>3</sub> /mg L <sup>-1</sup> )	0,53	0,08	0,36	1,01	1,91
	Amônia total-N	30	80	50	10	0
	OD/ mg L <sup>-1</sup>	5,0	4,9	5,5	4,2	4,8
	OD-N	50	50	60	50	50
	OM	30	50	50	10	0
	<b>IQA-PVA</b>	<b>Ruim</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Péssima</b>	<b>Péssima</b>
<b>P2</b>	Amônia total					
	(N-NH <sub>3</sub> /mg L <sup>-1</sup> )	0,28	0,06	0,38	0,18	0,05
	Amônia total-N	60	80	50	70	80
	OD/ mg L <sup>-1</sup>	5,1	5,0	5,5	3,3	4,5
	OD-N	60	50	60	30	50
	OM	60	50	50	30	50
	<b>IQA-PVA</b>	<b>Boa</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>	<b>Regular</b>
<b>P3</b>	Amônia total					
	(N-NH <sub>3</sub> /mg L <sup>-1</sup> )	0,31	0,06	0,31	0,46	0,22
	Amônia total-N	50	80	50	40	60
	OD/ mg L <sup>-1</sup>	4,9	4,5	5,1	3,4	4,0
	OD-N	50	50	60	30	40
	OM	50	50	50	30	40
	<b>IQA-PVA</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>	<b>Regular</b>
<b>P4</b>	Amônia total					
	(N-NH <sub>3</sub> /mg L <sup>-1</sup> )	0,15	0,07	0,31	0,63	0,86
	Amônia total-N	70	80	50	30	20
	OD/ mg L <sup>-1</sup>	5,0	5,5	3,2	4,3	3,4
	OD-N	60	60	30	50	30
	OM	60	60	30	30	20
	<b>IQA-PVA</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Ruim</b>	<b>Ruim</b>	<b>Ruim</b>

Os resíduos gerados neste trabalho, por conterem mercúrio na forma de Hg<sup>2+</sup>, que é muito lesivo ao meio ambiente, estão em fase de tratamento, sob orientação de aluna de TCC no Ifes-Vitória. O tratamento está sendo feito com sulfeto em meio alcalino e se encontra na fase de determinação dos teores de mercúrio pós-tratamento para descarte final, conforme recomendações do CONAMA (0,01 mg L<sup>-1</sup> em uma vazão máxima de 1,5 vezes a média do período de atividade diária do agente lançador).



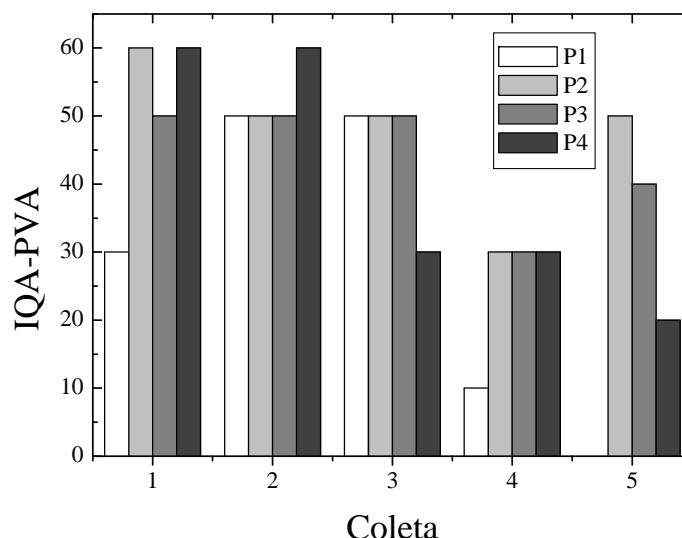


Figura 4 – Variação do Operador Mínimo de cada ponto de amostragem em função das campanhas.

## CONCLUSÕES

O IQA-PVA é um índice de baixo custo e simples aplicação, capaz de comunicar a qualidade da água no que se refere à proteção da biota aquática, a partir da análise de apenas dois parâmetros, oxigênio dissolvido e amônia total. Quando aplicado ao Rio Doce, na região da cidade de Linhares-ES, este revelou que as condições para proteção da vida aquática são preocupantes. A qualidade variou entre “Boa” e “Péssima”, sendo que na maioria das campanhas os pontos de amostragem apresentaram uma qualidade “Regular”. Isso é devido, principalmente, às concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L, o que caracteriza um ambiente inapropriado para algumas espécies de peixes. Esses valores encontrados para os parâmetros analisados são ocasionados principalmente pelo despejo de esgoto doméstico *in natura* e utilização de fertilizantes nas plantações que margeiam o rio. Além da presença de águas residuárias, o Rio Doce vem sofrendo nos últimos anos com um forte assoreamento, devido a retirada da mata ciliar para ocupação de casas, que geralmente não possuem coleta de esgoto, e plantações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. *Scientia Agrícola*, **2002**, 59 (1), 181.
2. SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. *Quim. Nova*, **2006**, 29 (4), 689.
3. SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto, <[http://www.saelinhares.com.br/pg\\_captacao\\_linhares.htm](http://www.saelinhares.com.br/pg_captacao_linhares.htm)>, acessado em 15/07/2008.
4. <http://www.inmet.gov.br/>, acessado em 15/05/2008.
5. MENDHAM, J; DENNEY, R.C; BARNES, J.D, THOMAS, M. J. K. *Análise Química Quantitativa - Vogel*, Editora LTC: Rio de Janeiro, 6ª ed., 2002, 369 p.
6. Leonard, R. H. *Clinical Chemistry*, **1963**, 9 (4), 417.
7. Standard Methods for the Examination of Wastewater, 14 th edition, 443, method 422 B (1975).
8. Relatório Anual - Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Rio Doce em 2007. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2008.
9. Carvalho, C. F.; Ferreira, A. L.; Stapelfeldt, F. *Geociências*, **2004**, 57(3), 165.