

04/03

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SALVADOR/BAHIA/BRASIL
26 a 29 de agosto de 1986

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (I.Q.A.) NO
CONTROLE DE UMA REDE HIDROLÓGICA

ELIANE DRUMMOND ABDALA
Engenheira Química; Mestre em Engenharia Sanitária

QUALIDADE DAS ÁGUAS

ABES - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq
Posto de Representação do CNPq/MG
SECT/ Rua da Bahia, nº 916
BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS - BRASIL

R E S U M O

O Índice de Qualidade das Águas "I.Q.A.", proposto e desenvolvido inicialmente no exterior, foi pesquisado no Brasil para uso e controle da qualidade das águas na rede hidrológica do Estado de Minas Gerais, sob jurisdição do 5º Distrito do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia). A metodologia desenvolvida para a estação modelo baseou-se no levantamento do inventário dos dados existentes.

INTRODUÇÃO

O Rio Paraopeba pertence à bacia do Rio São Francisco e nasce nas proximidades de Cana do Reino, no município de Cristiano Ottoni, no Estado de Minas Gerais. São seus afluentes principais na margem esquerda: Camapuã, Brejaúba, Brumado, Manso, Samambaia, Macaúbas, Vermelho, Farofas e Serra Azul; e na margem direita: Água Limpa, Maranhão, Piedade do Paraopeba, Casa Branca, Ferro e Carvão, Feijão, Sarzedo e Ribeirão das Pedras. O comprimento aproximado do Rio Paraopeba é de 400 Km e a área de sua bacia hidrográfica de 13.643 Km². O Rio São Francisco possui 2.780 Km de comprimento desde a sua nascente na Serra do Canastra até o seu desagüe no Oceano Atlântico, e a área de sua bacia hidrográfica é de 610.700 Km², dos quais 261.470 Km² estão dentro do Estado de Minas Gerais. (Fonte: Boletim Fluviométrico S4-01 do DNAEE - 1983). A sub-bacia do Rio Paraopeba representa 5,2% da área de drenagem do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais. Depois de efetuar o percurso pelos municípios das regiões do Alto, Médio e Baixo Paraopeba o rio vai desaguar na represa de Três Marias, nos municípios de Pompéu e Felixlândia-MG. Compreendem a região: o Alto Paraopeba com 12 Municípios e um Distrito; o Médio Paraopeba com 10 Municípios e um Distrito e o Baixo Paraopeba com 22 Municípios e 3 Distritos. Na rede hidrológica operada pelo DNAEE, até 1983, 23 (vinte e três) estações foram implantadas na Bacia do Rio São Francisco, sendo 07 (sete) Sedimentométricas, 07 (sete) de Qualidade das Águas e 09 (nove) de Sedimentometria e Qualidade das Águas. Três Estações foram localizadas na sub-bacia do Rio Paraopeba, operando, como Sedimentométricas e Qualidade das Águas, as estações de Belo Vale e de Ponte Nova do Paraopeba e como de Qualidade das Águas a de Ponte da Taquara.

SELEÇÃO DA ESTAÇÃO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

A Estação escolhida, como sistema em observação, possui uma série de vantagens entre as quais a de ser: estabelecida desde 1937, Pluviométrica e Qualidade das Águas desde 1973, Sedimentométrica desde 1975 e Fluviométrica desde 1976, sendo de fácil acesso por rodovia asfaltada e próxima a um dos principais sistemas de abastecimento de água do município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais. Esse Sistema entrou em operação em 1983.

CONSISTÊNCIA DOS DADOS

Foram utilizados os dados de qualidade das águas (parâmetros físicos, físico-químicos e químicos) e sedimentométricos (sedimento em suspensão) no período de 10/ julho/73 a 16/maio/79, em amostras de água coletadas e analisadas pela CPRM para o DNAEE-5º Distrito.

QUADRO 1

Período de amostragem	Frequência
julho/73, novembro/74, julho/76 e maio/77	2 coletas/mês
de outubro/73 a outubro/74 e de dezembro/74 a julho/75	3 coletas/mês
de agosto/73 a setembro/73, de agosto/75 a junho/76, de agosto/76 a março/77 e de junho/77 a maio/79	1 coleta/mês

QUADRO 2

Coletas diárias de sedimento em suspensão pelo Observador

Período

de 24 de agosto de 1976 a 30 de outubro de 1979

Obs.: não houve coleta nos períodos abaixo relacionados

de agosto de 1977 a outubro de 1977

maio de 1979

As amostras foram coletadas pelo método I.V.C. (Integração Vertical Contínua) em 03 verticais da seção transversal molhada a $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{5}{6}$, desde a superfície até 10 cm do fundo, de acordo com as normas do USGS (United States Geological Survey), utilizando-se os amostradores de integração por profundidade, com exceção para as determinações de constituintes voláteis e aquelas prejudicadas pela aeração. O volume de água recolhido foi misturado e homogeneizado. Os valores de temperatura, pH e condutividade elétrica foram medidos "in loco", para a maioria das amostras. Para os demais parâmetros foram utilizadas as técnicas de preservação estabelecidas pelo Standard Methods (Standard Methods, 1980) e pelo Geological Survey (Brown, E., 1970) (Goerlitz, D.F., 1972).

Após a listagem preliminar dos dados existentes, eliminando-se os parâmetros com menos de 20 (vinte) determinações para o período de julho/73 a maio/79, procedeu-se então a uma verificação dos dados relacionados, observando-se possíveis correlações e valores improváveis, de acordo com: presença de matéria orgânica e teor de O.D.; teor de matéria orgânica e valores da série nitrogenada e da D.B.O.; variação média do pH e relação pH/alcalinidades; turbidez, sólidos em suspensão e matéria orgânica; teor de sólidos em suspensão e teor de sólidos totais; diferença entre sólidos totais e sólidos em suspensão e teor de alcalinidade; te

or de O.D. > 8 mg/ℓ (vizinhanças do O.D. de saturação) e temperatura da água e temperatura do ar. A correção de análises, conforme previsto no Standard Methods, não foi aplicada pelos seguintes motivos: as amostras, somente a partir de 1977, foram filtradas na membrana de 0,45 μm, invalidando a verificação da condutividade elétrica que multiplicada pelo fator na faixa de 0,55 a 0,70, seria aproximadamente igual ao resíduo total filtrável em mg/ℓ, durante o período de 1973 a 1976 não foram determinados quantitativamente diversos ânions e diversos cátions, para que se obtivesse a igualdade da soma de ambos (em meq/ℓ). Na prática, essas somas não são sempre iguais por causa das variações indesejáveis na análise e essa desigualdade aumenta à medida que a concentração iônica aumenta (Standard Methods, 1975). Eliminando-se os valores duvidosos, procedeu-se a um estudo estatístico dos dados confiáveis pela aplicação do Programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), para determinação do valor médio e medidas da tendência central (mediana e moda), distribuição de frequência relativa acumulada, o desvio padrão e outras medidas de dispersão (variância), assimetria, curtose e correlação de Pearson (Dixon, 1969).

A fig. 1 representa a variação da Turbidez.

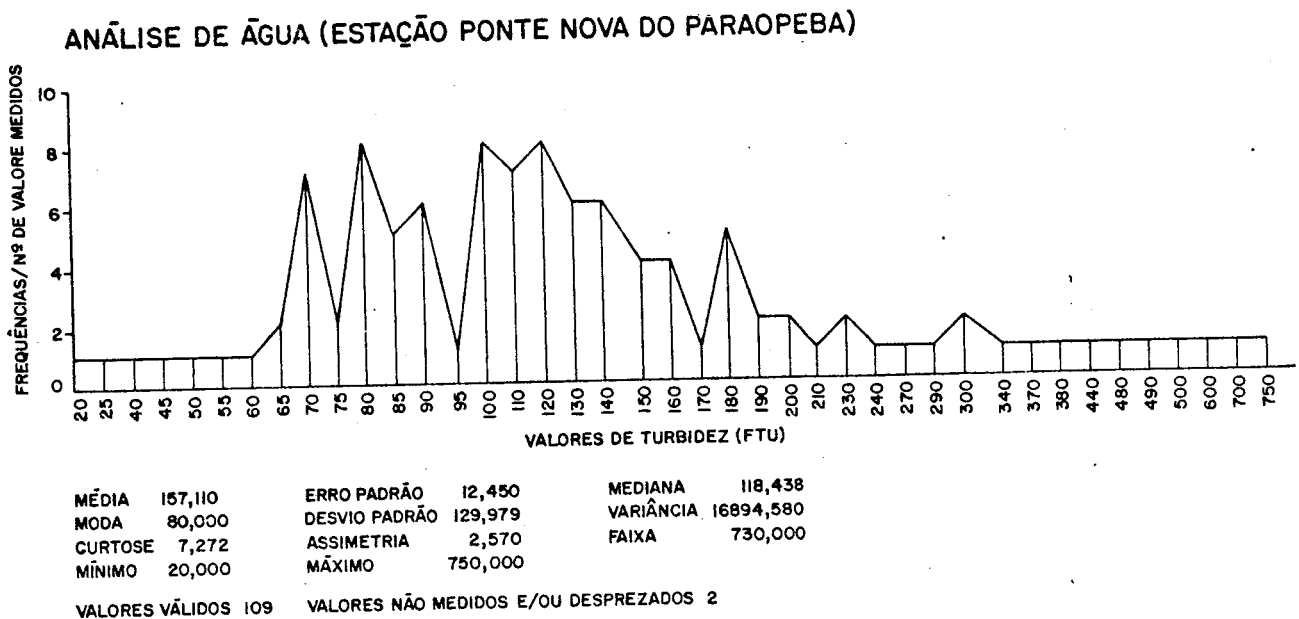


Fig. 1

Dos parâmetros estudados estatisticamente pode-se observar que: os valores dos desvios padrões estão acima dos valores médios para os metais dissolvidos indicando alta dispersão dos dados. Essa dispersão poderia ser explicada em função da variação desse parâmetro ao longo do período ou do limite de detecção do método analítico adotado. Levando em consideração o limite de detecção dos métodos utilizados pode-se concluir que os valores obtidos na análise estatística se ex-

plicou pela inadequação desses métodos usados (colorimetria e espectrofotometria por absorção atômica), o que impossibilitou a verificação da 2ª hipótese referente à variação do parâmetro ao longo do tempo. Desse modo, os resultados não foram considerados confiáveis não sendo portanto passíveis de interpretação. Para sólidos em suspensão (em mg/ℓ) e cor (APHA) o valor do desvio padrão foi superior ao valor médio indicando a ocorrência de alta dispersão dos dados, que para essas 02(duas) determinações correspondendo realmente à variação do parâmetro ao longo do período de 06(seis) anos. A amplitude para sólidos em suspensão foi de 1338 mg/ℓ e para a cor de 348 APHA. Dos parâmetros estudados e medidos no período de 74 a 79, seis são componentes do I.Q.A. (Índice de Qualidade das Águas). Em dezembro de 1979 foram efetuadas 40 coletas diárias em Ponte Nova do Paraopeba, com a finalidade de se obter o valor para os parâmetros componentes do "I.Q.A."

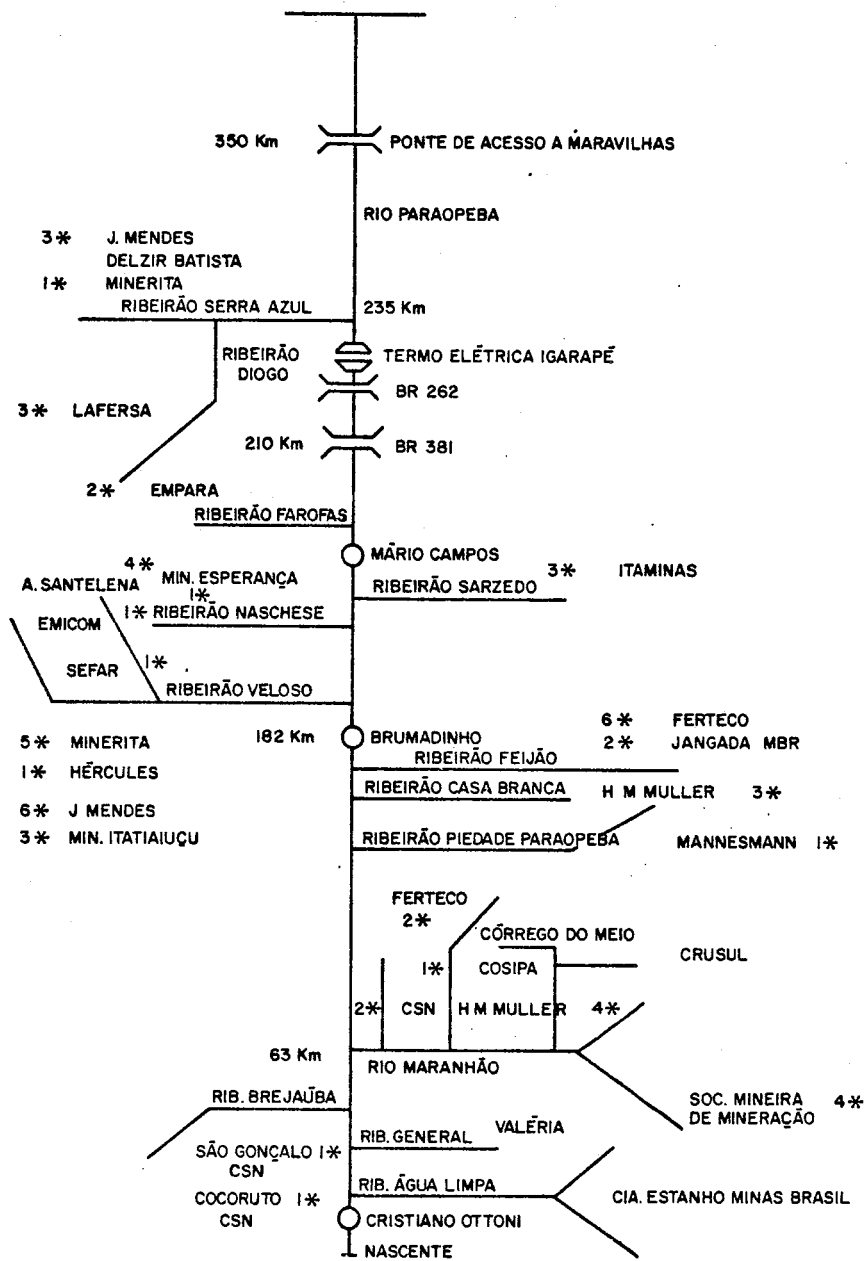
ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS - I.Q.A.

Para aplicação do I.Q.A. aos parâmetros da Estação de Ponte Nova do Paraopeba foi solicitada a opinião de diversos especialistas nacionais sobre a ordem de importância e os pesos numéricos relativos aos parâmetros: OD, Coliforme Fecais, pH, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais, considerando o uso da água para abastecimento, após tratamento convencional (coagulação, sedimentação, filtração rápida e desinfecção com cloro). Não foi mencionado na pesquisa que esses parâmetros eram coincidentes com o "I.Q.A." desenvolvido e já aplicado em outros países (especificamente os EEUU). Numa 2ª etapa foi solicitada a opinião dos especialistas considerando a qualidade da água sem uso específico, sob o aspecto global. Nessa 2ª pesquisa os especialistas brasileiros atribuíram a DBO₅ importância maior refletindo a necessidade de maior ênfase aos programas de tratamento de esgotos. Como a Estação em estudo está localizada numa região onde existe uma concentração grande de atividades de mineração pode-se concluir que os valores elevados obtidos para Turbidez, Sólidos em Suspensão e Cor nos períodos de estudo efetuados estão diretamente relacionados com a poluição causada por essas atividades. A região se destaca principalmente pela produção de ferro, do manganês e de outras 15 substâncias de valor econômico para o Estado e o País.

A fig. 2 representa o diagrama das minerações no vale do Paraopeba.

Das pesquisas efetuadas, pode-se concluir que os resultados são praticamente equivalentes.

DIAGRAMA DAS MINERAÇÕES NO VALE DO RIO PARAÓPEBA



LEGENDA

* Nº DE BARRAGENS CONSTRUÍDAS

≡ PONTES

FONTE: DNPM/COPAM

Fig. 2

ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS MULTIPLICATIVO - I.Q.A.M.

O I.Q.A.M. foi utilizado por ser de construção simples e permitir a influência dos parâmetros de baixa qualidade. É a forma verdadeira da média geométrica, sendo a qualidade uma função do produto de todos os níveis de qualidade dos parâmetros individuais. Deste modo, o I.Q.A.M. automaticamente assume o valor zero quando qualquer parâmetro tiver um nível de qualidade nulo. Os pesos são aplicados exponencialmente, por esse fator e também pelo produto das classificações individuais da qualidade. Os parâmetros de qualidade com valores extremos exercem uma influência maior no I.Q.A.M.. Sua fórmula é a seguinte:

$$\text{I.Q.A.M.} = \prod_{i=1}^9 (T_i (p_i)^{a_i}) = \prod_{i=1}^9 q_i^{a_i}$$

$$\text{onde : } q_i = T_i (p_i), \quad \sum_{i=1}^9 a_i = 1$$

p_i = é a concentração medida do parâmetro i na amostra de água

T_i = é a classificação da curva de qualidade (função de transformação) do parâmetro i , que expressa a qualidade q_i , como função da concentração do parâmetro p_i .

q_i = é a contribuição para a qualidade da água para o parâmetro i .

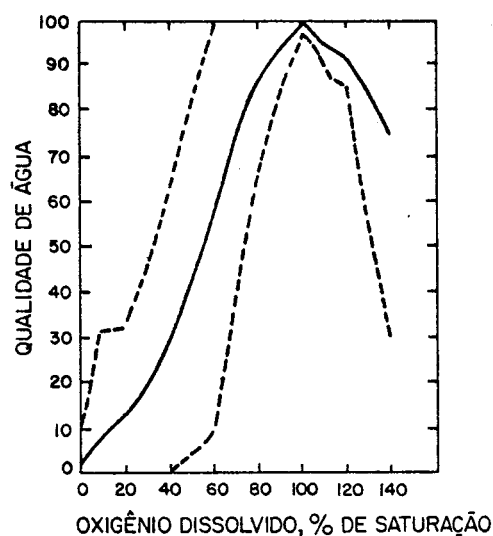
$$i = 1, 2, \dots, 9$$

a_i = é o peso aritmético do parâmetro i .

$$a_i = \frac{t_i}{\sum_{i=1}^9 t_i}, \text{ onde } t_i \text{ são os pesos transitórios assumidos pelos } i\text{ésimos parâmetros.}$$

Para cada um dos parâmetros do I.Q.A. foi construída uma curva de classificação (Landwehr, 1974) da qualidade da água, a partir de uma sequência de valores da concentração medida. Essas curvas foram desenvolvidas considerando os valores de concentração média do parâmetro, em abscissa e os níveis de qualidade da água variando de 0 a 100, em ordenada. Isto é, dado um nível de qualidade particular para o parâmetro específico, determinou-se o nível médio de concentração para o qual aquela classificação da qualidade da água foi expresso, através de uma consulta feita estatisticamente a um painel de especialistas em qualidade das águas (Brown, 1970). Um exemplo dessa Curva está representado na fig. 3, para o oxigênio dissolvido (Landwehr, 1974).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO



— Valor médio
- - - ± 2 desvios-padrão da média

Fig. 3

METODOLOGIA DESENVOLVIDA PARA PONTE NOVA DO PARAPEBA

A Análise estatística dos dados coletados no período de 6 anos fornecidos pelo DNAEE mostrou que os parâmetros apresentavam usualmente variabilidade diferentes, inferindo-se que os parâmetros iriam se comportar de uma forma diversa para diferentes estações. A frequência de amostragem em Ponte Nova do Paraopeba foi calculada pelo método prático utilizando-se a formulação para determinação de frequência de amostragem anual ou sazonal (Abreu, et al, 1979) (Ellis, et al 1980) (Chalmers, 1982). A distribuição dos valores para um parâmetro em um estação particular tende a ser normal e os desvios dessa distribuição, quando ocorrem, não são usualmente suficientes para invalidar os cálculos feitos para essa hipótese. Para o trabalho de pesquisa na Estação em estudo (Abdala, 1983), com os parâmetros coletados no período de 40 dias obteve-se um I.Q.A.M. médio de 60,60 com um desvio padrão de 8,69. Esse valor médio poderá ser comparado futuramente com um valor referente a um período similar em ano diverso e verificada a sua inclusão na faixa de $\pm \frac{2s}{\sqrt{n}}$, onde s = desvio padrão e n = nº de amostras, considerando

uma aproximação do nível de confiança de 95%. Médias fixas e móveis poderão ser utilizadas nessa fase. Se a comparação for feita individualmente para cada I.Q.A., por exemplo no caso de valores mensais a faixa deverá ser de $\pm 2s$, onde s é o desvio padrão dos valores mensais do I.Q.A. obtidos nos anos base. A fig. 4 apresenta o I.Q.A.M. em Ponte Nova do Paraopeba para o período de 40 dias.

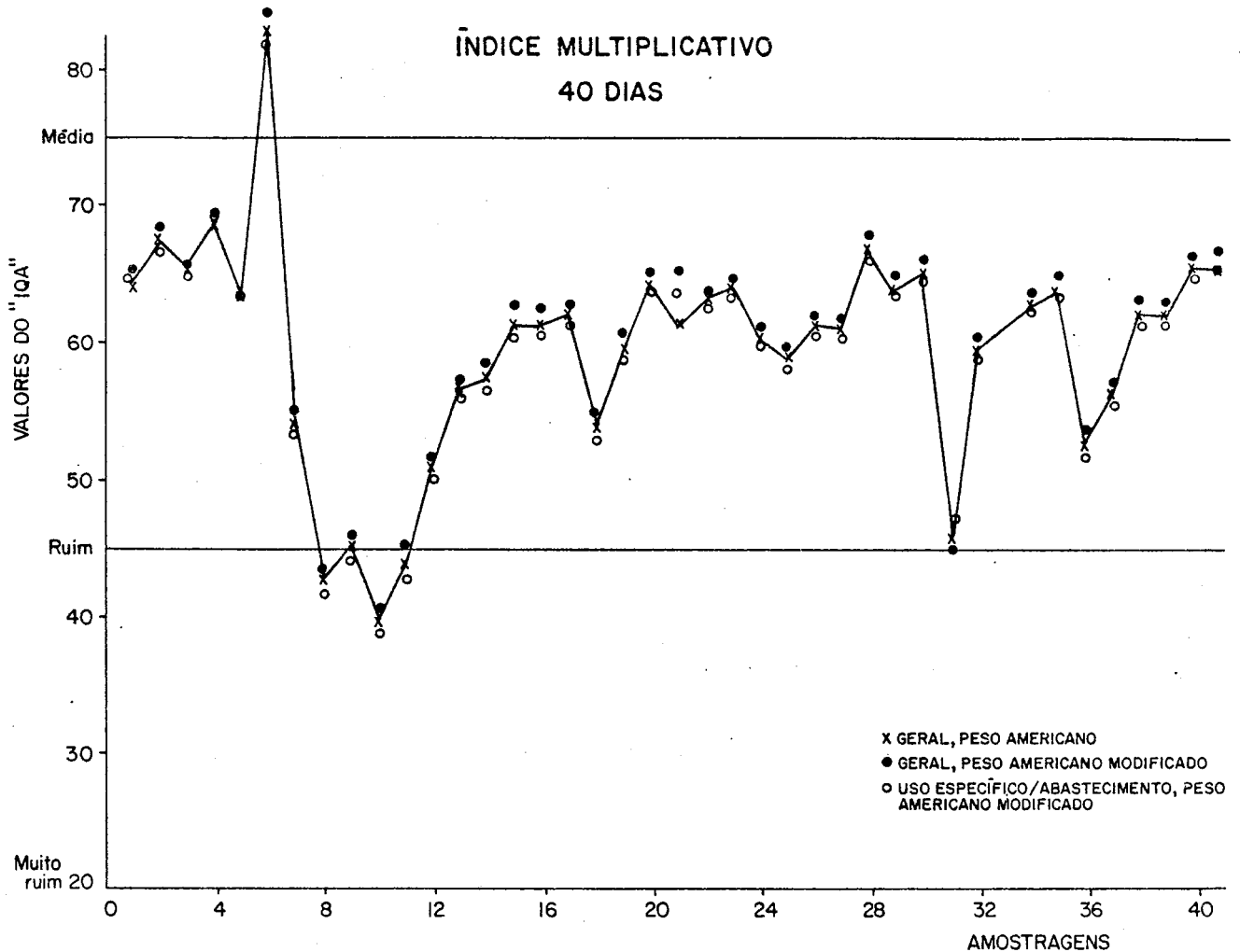


Fig. 4

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Estação de Ponte Nova do Paraopeba deverá ser amostrada 16 (dezesesseis) vezes por ano para determinação dos 9 (nove) parâmetros do I.Q.A. nos meses de janeiro a dezembro: com 6 (seis) coletas no período dos meses chuvosos, 6 (seis) nos 4 meses de estiagem e 4 (quatro) nos meses intermediários.

O conjunto de suas amostragens poderá ser distribuído sazonalmente nos períodos característicos mencionados acima e os resultados utilizados para comparação com outros a serem obtidas para os mesmos períodos em anos diferentes. Além dos parâmetros do I.Q.A., deverão ser amostrados e analisados alguns parâmetros específicos

cos no período chuvoso, que nos estudos efetuados excederam os limites permitidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

É necessária uma avaliação no final do 1º ano para atualização das informações e verificação da necessidade de acréscimo ou supressão de parâmetros, bem como da frequência de amostragem. Se acrescentados, os novos parâmetros entrarão como elementos de informação, independentes da manutenção dos parâmetros que compõem o I.Q.A..

A metodologia aplicada em Ponte Nova do Paraopeba deverá ser utilizada na revisão do monitoramento da qualidade das águas do Estado. Cada estação deverá ser objeto de estudo específico e complementar, para determinação da necessidade ou não da inclusão de informações adicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ABDALA, E.D. Qualidade das Águas na Estação de Ponte Nova do Paraopeba e Uso do Índice de Qualidade das Águas (Tese de Mestrado) Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária da EEUFMG, 1983.
- 2 - ABREU, Rubens Monteiro & GUAZZELLI, M.R. A experiência da CETESB no Monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 1979.
- 3 - BROWN, R.M.; McCLELLAND, N.I.; DEININGER, R.A.; TOZER, R. A water quality index - do we dare? In: PROCEEDINGS OF THE NATIONAL SYMPOSIUM ON DATA AND INSTRUMENTATION FOR WATER QUALITY MANAGEMENT. Madison, July 1970. (Reprinted in water and Sewage Works, oct. 1970).
- 4 - BROWN, E.; SKOUGSTAD, M.W.; FISHMAN, M.J. Methods for collection and analysis of water samples for dissolved minerals and gases. In: TECHNIQUES of water resources investigations of the United States Geological Survey, Washington, 1970, v.5, cap. 1.
- 5 - CHALMERS, Robert K. Terminal report United Nations Development Programme. Brasil, 20, oct. 1982.
- 6 - DIXON, Wilfred J. & Massey, F.J. Jr. Introduction to statistical analysis. 3rd ed. Tokyo, McGraw Hill, 1969. (International Student Edition).
- 7 - ELLIS, J.C. & LACEY, R.F. Sampling: defining the tasks and planning the scheme. s.1., Water Research Centre, 1980.
- 8 - GOERLITZ, D.F. & BROWN, E. Methods for analysis of organic substances in water. In: TECHNIQUES of water resources investigations of the United

States Geological Survey, Washington, 1972. v.5, cap. 3.

- 9 - LANDWHER, Jurate Maciunas. Water quality indexes - construction and analysis. Ann Arbor, Environmental Sciences - xerox University Microfilms, 1975. (The University of Michigan Ph. D. Thesis), 1974.
- 10 - STANDARD methods for examination of water and wastewater. 14th ed. APHA-AWWA-WPCF. 1975.
- 11 - STANDARD methods for examination of water and wastewater. 15th ed. APHA-AWWA-WPCF, 1980.