

# ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE ANÁLISE FATORIAL NA ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA: COMPARAÇÃO ENTRE DOIS REGIMES HIDROLÓGICOS DIFERENTES, RS

HAASE, J.\*; POSSOLI, S.\*\*

\* Departamento do Meio Ambiente da SSMA-RS. - Av. J. Renner, 10  
90.250 - Porto Alegre, RS.

\*\* Departamento de Estatística da UFRGS. - Av. Bento Gonçalves, 9.500  
91.500 - Porto Alegre, RS.

**RESUMO:** Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. A técnica de análise fatorial foi utilizada na construção de um índice de qualidade da água. Foi discutida a viabilidade do uso deste índice como critério de avaliação da variação sazonal e espacial da composição química da água, através da comparação de seu comportamento em dois regimes hidrológicos diferentes sujeitos a influências antrópicas distintas. Os índices foram comparados com uma classificação segundo o déficit de oxigênio e com uma análise de similaridade baseada em critérios morfológicos, físico-químicos e biológicos, mostrando resultados compatíveis entre si.

**ABSTRACT:** Application of factorial analysis to create a water quality index used in comparing two hydrological areas. Factorial analysis was used to construct a water quality index. The viability of this index as a criterion for evaluation of seasonal and spatial variation in water chemical composition was discussed using as an example its behavior in two hydrological regimes subject to distinct human influences. The indices for these regimes were compared to a classification based on the oxygen deficit and to a similarity analysis based on morphological, physical, chemical, and biological criteria. The results of all analyses were compatible.

## INTRODUÇÃO

O objetivo da elaboração de um índice de qualidade da água (IQA) neste trabalho é condensar as informações de diversas variáveis, de forma a facilitar a visualização e interpretação das alterações espaciais e temporais dos corpos hídricos.

Ott (1978) e Ball & Church (1980) apresentam uma revisão dos tipos de IQAs encontrados. O mais largamente utilizado é o desenvolvido pela National Sanitation Foundation através de pesquisa de opinião entre especialistas, baseado na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada de parâmetros selecionados (Brown *et al.*, 1970). Índices deste tipo são aplicados em várias regiões dos Estados Unidos da América do Norte (Dunnette, 1979; Ott, 1978), na Escócia (Scottish Development Department, 1976), na Polônia (Stojda & Dojlido, 1983) e em vários estados do Brasil (Abdala, 1986; Costa *et al.*, 1984; Cetesb, 1984). A aplicação destes

índices é dificultada porque foram elaborados a partir de condições regionais do hemisfério norte e porque nem sempre todos os parâmetros integrantes do índice são disponíveis.

Outra forma mais objetiva de calcular IQAs é o uso de métodos não paramétricos como os desenvolvidos por Harkins (1974) e Schaeffer & Janardan (1977). Estes métodos são criticados porque consideram todos os parâmetros num mesmo grau de importância e porque utilizam vetores controle teóricos (Landwehr & Deininger, 1976).

A técnica de análise fatorial é outro método utilizado na formulação de IQAs (Shoji *et al.*, 1966; Lohani & Mustapha, 1982). Esta técnica foi escolhida para aplicação na Bacia Hidrográfica do Guaíba, demonstrando ser um instrumento útil na interpretação de dados de qualidade da água (Haase *et al.*, 1989).

Na Alemanha foi desenvolvido o índice de Liebmann com base no balanço de oxigênio, na análise da intensidade da decomposição bacteriana e no índice de saprobidade. A vantagem deste método é a possibilidade de aplicações parciais, mesmo não havendo todas as informações. Este índice foi adaptado por Pineda & Schäfer (1987) para o rio Gravataí, um rio de planície sujeito principalmente à poluição orgânica. Este mesmo índice foi aplicado por Haase (1988) ao arroio Velhaco, que percorre uma região montanhosa e recebe influência basicamente agrícola. Nestas condições, este método não foi suficientemente sensível para detectar as diferenças ao longo do arroio e entre as estações do ano. Este fato conduziu à procura de um outro índice que atingisse este objetivo.

Neste trabalho é discutida a possibilidade do uso da técnica de Análise Fatorial como um critério de avaliação limnológica do arroio Velhaco. Como este arroio é característico de região montanhosa, também foi aplicada a mesma técnica a um rio característico de planície, o Gravataí, para possibilitar a comparação dos resultados em regimes hidrológicos diferentes, sujeitos a distintos impactos ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Descrição da área e determinação dos locais de amostragem

As nascentes do arroio do Velhaco encontram-se na Serra do Sudeste, a aproximadamente 400m de altitude, e a desembocadura ocorre na Laguna dos Patos, a aproximadamente 3m do nível do mar. É um arroio com alta velocidade da água. Seu trecho superior percorre um região montanhosa e seu trecho inferior, uma região de várzea. A influência antrópica principal é decorrente do desenvolvimento intensivo de atividades agropecuárias, predominando culturas de fumo no curso superior e culturas de arroz alternadas com pecuária de corte no curso inferior. O uso preponderante da água é a irrigação e dessedentação de animais (Haase, 1988). Foram utilizados seis pontos de amostragem (fig. 1): V1 e V2 no afluente esquerdo e V3 no afluente direito, caracterizando a região de montanha, V4 na região de transição, V5 caracterizando a região de planície e V6 na foz do arroio.

O rio Gravataí nasce no Banhado Grande, desembocando no Delta do Jacuí e, finalmente, no estuário do Guaíba. É um rio de planície, com baixa velocidade da água. A influência antrópica principal é decorrente da atividade agrícola no Banhado Grande e do despejo de efluentes domésticos e industriais no curso do rio propriamente dito, causando sérios problemas de poluição. O uso principal da água é a irrigação no Banhado Grande e o abastecimento público no curso do rio (Pineda, 1983; Hausen, 1989). Foram utilizados cinco pontos de

amostragem (fig. 2): G1 no arroio Chico Lomã, afluente do Banhado Grande; G2, sem influência de cidades e inversão de correntes; G3, com influência de despejos domésticos e influência esporádica da inversão de correntes; G4, com influência de despejos domésticos e industriais e influência freqüente da inversão de correntes; G5, próximo à foz.



Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem do arroio Velhaco.

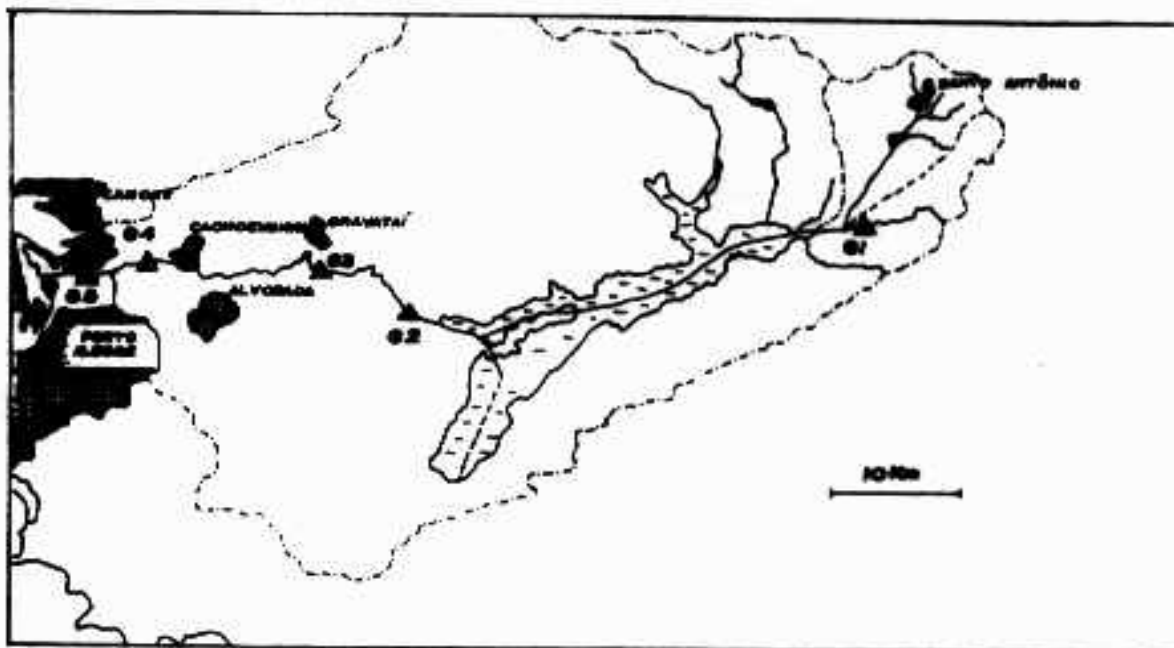


Figura 2 - Localização dos pontos de amostragem do rio Gravataí.



## 2. Análise Fatorial

Utilizou-se a técnica de Análise Fatorial para determinação de um Índice de Qualidade da água, através do subprograma "Factor" do SPSS (Nie *et al.*, 1986). Os dados da matriz básica referentes ao Arroio Velhaco foram obtidos da dissertação de mestrado "Avaliação ecológica do arroio Velhaco" (Haase, 1988), com coletas mensais no período de julho de 1984 a julho de 1985, totalizando 48 casos. Os resultados relativos ao rio Gravataí foram obtidos no Departamento do Meio Ambiente da Secretaria Estadual da Saúde e do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. Utilizaram-se dados de coletas mensais realizadas no período de setembro de 1984 a maio de 1986, totalizando 64 casos.

Foram utilizados seis variáveis relacionadas à qualidade da água: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade (Cond.), saturação de oxigênio (Sat. O<sub>2</sub>), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO) e alcalinidade (Alc.). As técnicas de análise química foram as mesmas nos dois casos estudados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise fatorial é definida como "uma técnica que trata das relações internas de um conjunto inicial de variáveis correlacionadas por um conjunto menor de fatores, ou variáveis hipotéticas, que explicam a maior parte da variância do conjunto original" (Fachel, 1976).

Existem três etapas básicas: a preparação da matriz de correlação, a extração dos fatores e a possível redução de dados e a rotação para uma solução final à procura de fatores simples e interpretáveis (Nie *et al.*, 1986).

A primeira etapa relaciona-se com a definição do universo relevante de variáveis, ou seja, a escolha das variáveis mais significativas para avaliar algum tema específico. Deve-se ter sempre em mente o significado ecológico de cada variável em função do problema que esteja sendo considerado. Esta relação é fundamental, uma vez que o método, inicialmente, lança todas as variáveis com um mesmo grau de importância. O significado relativo de cada variável será dado pelo seu grau de correlação com as demais, ou seja, a variável que mais correlaciona-se com todas as outras terá maior importância no índice final. Neste trabalho foram utilizadas todas as variáveis relacionadas à qualidade da água com dados disponíveis.

A tab. I mostra a média, o desvio padrão e coeficiente de variação encontrados no arroio Velhaco e no rio Gravataí. A média de saturação de oxigênio é mais alta no arroio Velhaco, em função das condições hidrológicas e do tipo de contribuição antropogênica. A grande influência de esgotos domésticos no rio Gravataí justifica que suas médias de alcalinidade, condutividade, DBO<sub>5</sub> e DQO sejam mais elevadas quando comparadas às do arroio Velhaco. O pH dos dois corpos de água foi próximo à neutralidade, apresentando baixos coeficientes de variação. A exceção do pH e da DQO, os coeficientes de variação do rio Gravataí sempre foram mais elevados do que os do arroio Velhaco, mostrando maior inconstância na qualidade da água.

A partir das médias e desvio padrão calculado, os valores são estandardizados, para o estabelecimento da matriz de correlação (tab. II). O teste Kaiser-Meyer-Olkin é um indicador da intensidade das relações entre as variáveis, servindo como critério para verificar se a matriz de correlação permite a aplicação do modelo fatorial. Kaiser (1974, cit. por Nie *et al.*, 1986) caracteriza o KMO encontrado na matriz de correlação obtida neste trabalho (0,66) como mediano.

Tabela I – Média, desvio padrão (D.P.) e coeficiente de variação (C. Var.) encontrados no arroio Velhaco e no rio Gravataí.

VARIÁVEIS	ARROIO VELHACO			RIO GRAVATAÍ		
	MÉDIA	D.P.	C.VAR.	MÉDIA	D.P.	C.VAR.
pH	6,89	0,31	0,04	6,72	0,30	0,04
COND. ( $\mu\text{S}25^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	65,24	15,35	0,23	103,42	61,26	0,59
SAT. O <sub>2</sub> (%)	91,47	10,21	0,11	48,95	23,84	0,49
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	1,82	1,27	0,70	4,86	6,32	1,30
DQO (mgO <sub>2</sub> /l)	18,36	9,13	0,50	47,53	14,12	0,30
ALC. (meq/l)	0,36	0,06	0,17	0,42	0,31	0,74

Tabela II – Matriz de correlação (Coeficiente de correlação de Pearson).

VARIÁVEIS	pH	COND.	SAT. O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub>	DQO	ALC.
pH	1,00					
COND.	0,17*	1,00				
SAT. O <sub>2</sub>	0,13	-0,52***	1,00			
DBO <sub>5</sub>	0,24**	0,77***	-0,39***	1,00		
DQO	-0,34***	0,32***	-0,62***	0,21*	1,00	
ALC.	0,47***	0,74***	-0,38***	0,80***	-0,03	1,00

Obs.: Nível de Significância: \*5% \*\*1% \*\*\*0,1%

Os três coeficientes de correlação mais significativos foram positivos e apareceram entre as variáveis DBO<sub>5</sub>, alcalinidade e condutividade. Os dois coeficientes seguintes mais significativos foram negativos e apareceram entre as variáveis saturação de oxigênio, DQO e condutividade. Além do valor absoluto, o número de correlações significativas entre as variáveis também determina sua importância relativa (Possoli, 1984). A Figura 3 representa as correlações significativas a um nível de 0,1%. As variáveis que mais se inter-relacionam umas com as outras são a condutividade e a saturação de oxigênio, seguidas pela DBO<sub>5</sub>, DQO e alcalinidade. A interpretação destas correlações é dificultada, uma vez que são obtidas através de dados que caracterizam dois corpos de água com comportamentos completamente distintos.

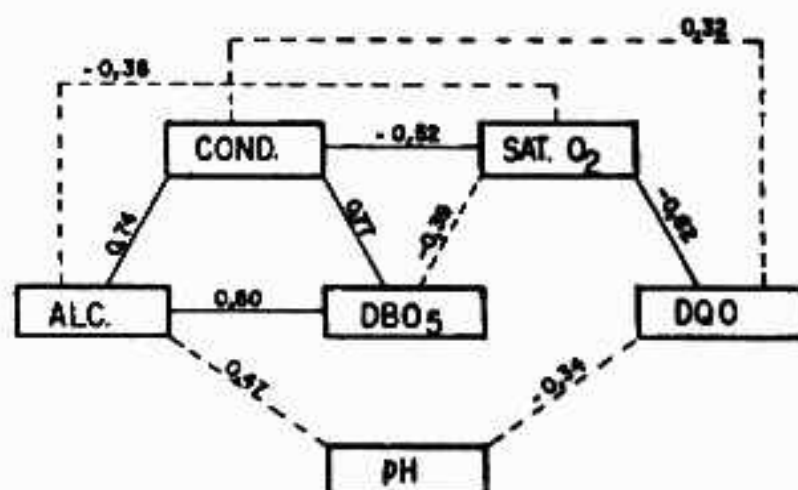


Figura 3 – Correlações significativas entre as variáveis a um nível de significação de 0,1%.

A partir de matriz de correlação, é explorada a possibilidade da redução dos dados, pela construção de um conjunto de novas variáveis (os fatores comuns) com base nas inter-relações exibidas pelos dados originais. Foram obtidos dois fatores associados às raízes características maiores do que a unidade, que explicam 79,1% da variância total das variáveis originais (tab. III).

Tabela III – Comunalidade, Matriz de Cargas Fatoriais (Método Fator Principal sem Interação) e Percentagem da Variância Total explicada pelos dois fatores mais importantes.

VARIÁVEIS	COMUNALIDADE	MATRIZ DE CARGAS FATORIAIS	
		FATOR 1	FATOR 2
pH	0,677	0,276	0,775
COND.	0,823	0,907	-0,012
SAT. O <sub>2</sub>	0,743	-0,666	0,547
DBO <sub>5</sub>	0,805	0,886	0,144
DQO	0,794	0,379	-0,807
ALC.	0,906	0,868	0,391
% Acumulado da Variância total explicada		50,4	79,1

A partir da correlação entre as variáveis e os novos fatores obtém-se a matriz de cargas fatoriais (Possoli, 1984). A comunalidade indica a quantidade da variação da variável que é compartilhada por, no mínimo, uma outra variável do "set", e seu complemento representa a proporção da variância específica da variável (Nie *et al.*, 1986). A tab. III relaciona as comunalidades encontradas: 90,6% da variância da alcalinidade é explicada pelos fatores comuns, enquanto 67,7% da variância do pH é explicada pelos mesmos fatores.

A configuração exata da estrutura fatorial não é única: uma solução fatorial pode ser transformada em outra, através de rotações, sem violar pressupostos básicos ou as propriedades matemáticas (Nie *et al.*, 1986). O objetivo básico da rotação dos fatores é obter uma matriz de cargas mais facilmente identificáveis em relação à natureza das variáveis observadas (Fachel, 1976). Existem quatro métodos de rotações disponíveis no programa aqui utilizado, sendo três ortogonais (quartimax, varimax e equimax) e um não ortogonal (oblique). Em todos os métodos, os fatores são extraídos por ordem de importância. O primeiro fator tende a ser um fator geral, apresentando cargas altas em todas as variáveis, enquanto os fatores subsequentes tendem a ser bipolares, com aproximadamente metade das cargas positivas e metade negativas, sendo de difícil interpretação (Nie *et al.*, 1986). O método que proporcionou uma melhor interpretação foi sem rotação (tab. III).

O fator 1 é uma componente que representa a parte comum mais importante das variáveis analisadas e foi denominado "Índice de Qualidade da Água" (IQA), explicando 50,4% da variância total das variáveis originais.

A partir da matriz de cargas fatoriais são estimados os coeficientes que farão parte do índice (Método Bartlett):

$$IQA = 0,091z_1 + -0,0300z_2 - 0,220z_3 + 0,293z_4 + 0,125z_5 + 0,287z_6$$

Onde  $z_i$  são as variáveis estandardizadas e os subíndices referem-se às variáveis na mesma ordem em que aparecem na tab. III. De maneira geral, a entrada de compostos orgânicos no meio hídrico reflete-se na variabilidade das características físicas e químicas da água, ocasionando a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e o aumento das demais variáveis.



A variação do pH está estreitamente ligada ao tipo específico de despejo. No Fator 1, as variáveis que aumentam com a poluição apresentam coeficientes positivos, enquanto aquelas que diminuem apresentam sinais negativos. Assim sendo, quanto mais negativo for o IQA, melhor a qualidade da água e vice-versa.

Após a obtenção dos coeficientes, calcula-se o valor de cada fator para cada estação de amostragem, valor denominado escore fatorial.

Em corpos de água lóticos, o intercâmbio de nutrientes e energia acontece das nascentes para a foz: no perfil longitudinal hipotético, algumas variáveis tendem a decrescer, como saturação de oxigênio e velocidade da água, enquanto outras apresentam comportamento inverso como temperatura, consumo de oxigênio, carga de nutrientes e substâncias em suspensão (Schäfer, 1985). Nos dois ambientes estudados, o IQA tende a crescer das nascentes para a foz, uma vez que o aumento do consumo de oxigênio, da condutividade e da alcalinidade, com carga positiva no índice, e a diminuição da saturação de oxigênio, com carga negativa, tendem a elevar o IQA (fig. 4 e 5). Os pontos de amostragem V5 no arroio Velhaco e G1 no rio Gravataí fogem a esta tendência: o primeiro por sofrer uma grande perturbação hidrológica devido ao uso intensivo da água para irrigação (Haase, 1988) e o segundo por apresentar características peculiares, uma vez que se localiza num arroio formador de Banhado Grande, que é a nascente do rio Gravataí. A variação do IQA ao longo do ano é semelhante em todos os pontos de amostragem dos dois ambientes estudados, à exceção da nascente e da foz do rio Gravataí, onde a mistura com as águas do delta do Jacuí tem influência significativa.

Considerando a influência dos fatores climáticos na dinâmica dos corpos hídricos, o período amostrado foi dividido em duas épocas distintas: estiagem de novembro a março e cheia de abril a outubro. O IQA tem uma distribuição com média igual a zero e variância igual a um. Logo, espera-se que aproximadamente 99% dos valores estejam entre -3 e +3. O valor +3 representa, então, uma situação crítica de qualidade da água. A fig. 6 mostra a variação do IQA ao longo do arroio Velhaco, com médias anuais variando de -0,65 a -0,37. O ponto V6, locali-

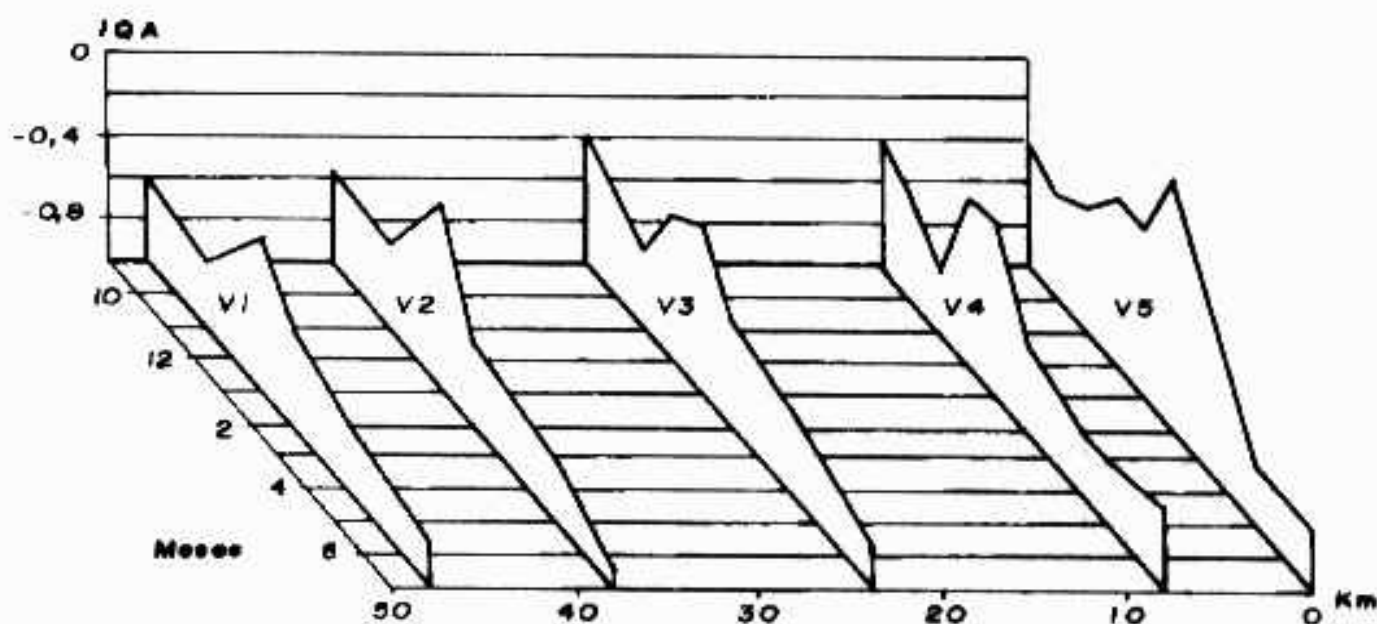


Figura 4 - Variação espacial e temporal do IQA no arroio Velhaco.

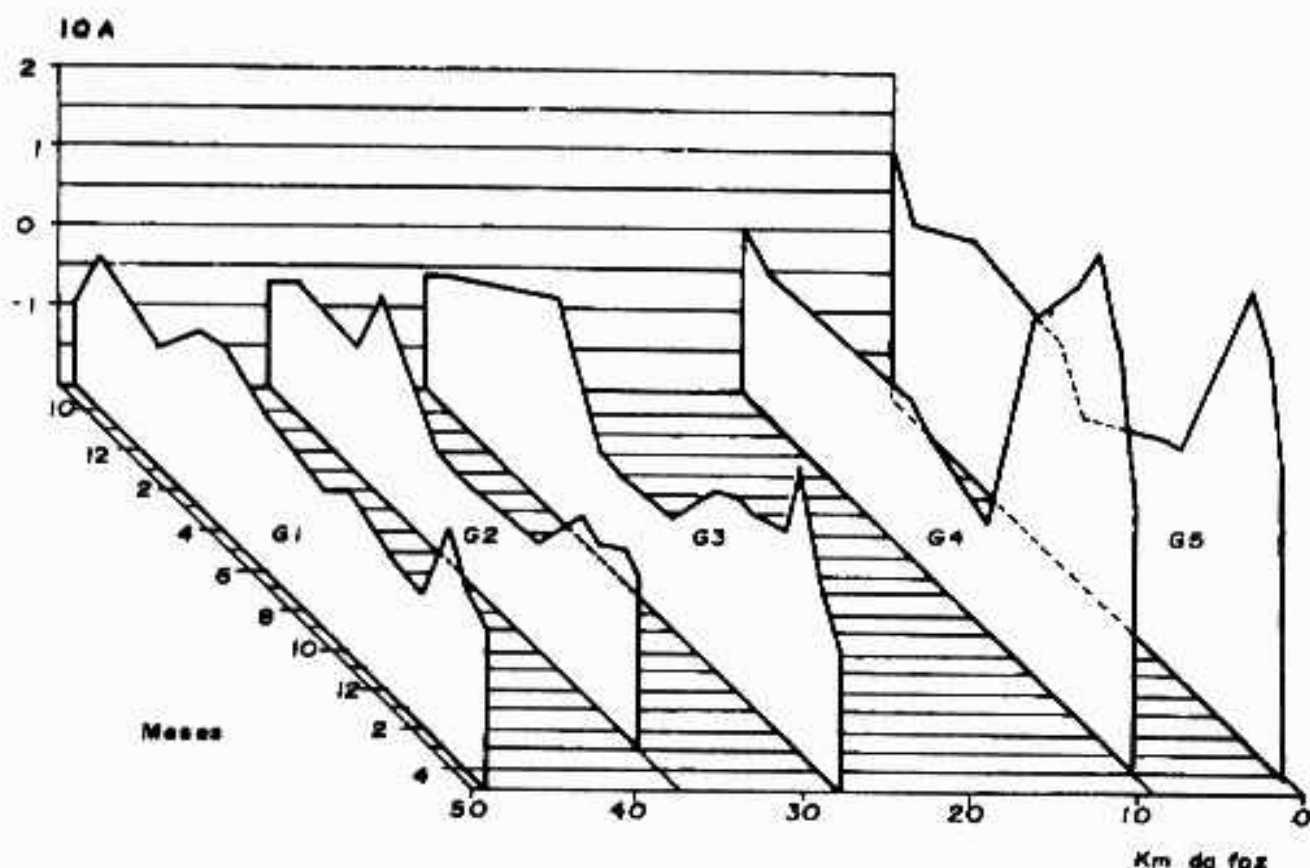


Figura 5 - Variação espacial e temporal do IQA no rio Gravataí.

zado na foz do arroio, apresenta maior amplitude anual (0,41), característica de potamal. A análise do comportamento do IQA ao longo do ano, permite detectar diferenças entre a época de cheia, com escores médios variando de -0,77 a -0,55, e estiagem, com escores médios variando de -0,52 a -0,14.

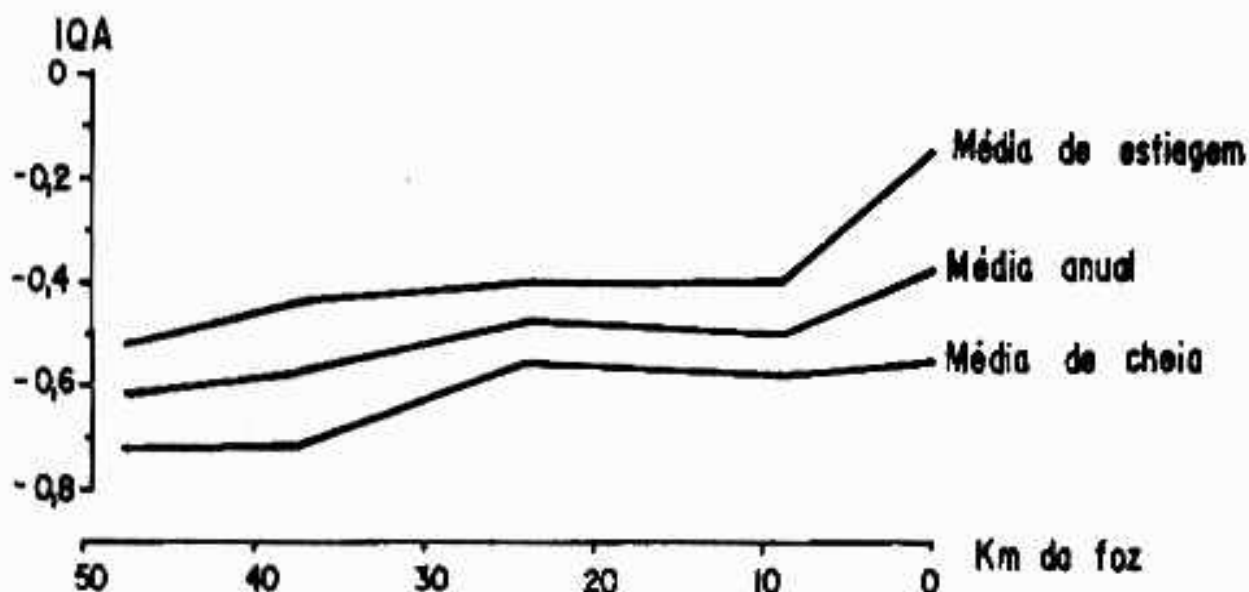


Figura 6 - Variação média do IQA ao longo do arroio Velhaco.



As médias anuais do rio Gravataí foram mais elevadas, variando de -0,26 a 1,37 (fig. 7). As médias do período de cheia, -0,61 a 0,80, foram inferiores às observadas no período de estiagem, -0,03 a 3,41, mostrando ser esta uma época crítica. A amplitude anual (0,75 a 3,40) é bem mais elevada que no arroio Velhaco, mostrando um aumento da nascente até o km 8 e a partir daí um pequeno decréscimo até a foz. Esta grande variabilidade está relacionada com as características de potamal, com as grandes flutuações do nível d'água e com a ocorrência do fenômeno de inversão de correntes (Pineda, 1983). O decréscimo na foz pode ser explicado pela maior mistura com as águas do delta do Jacuí.

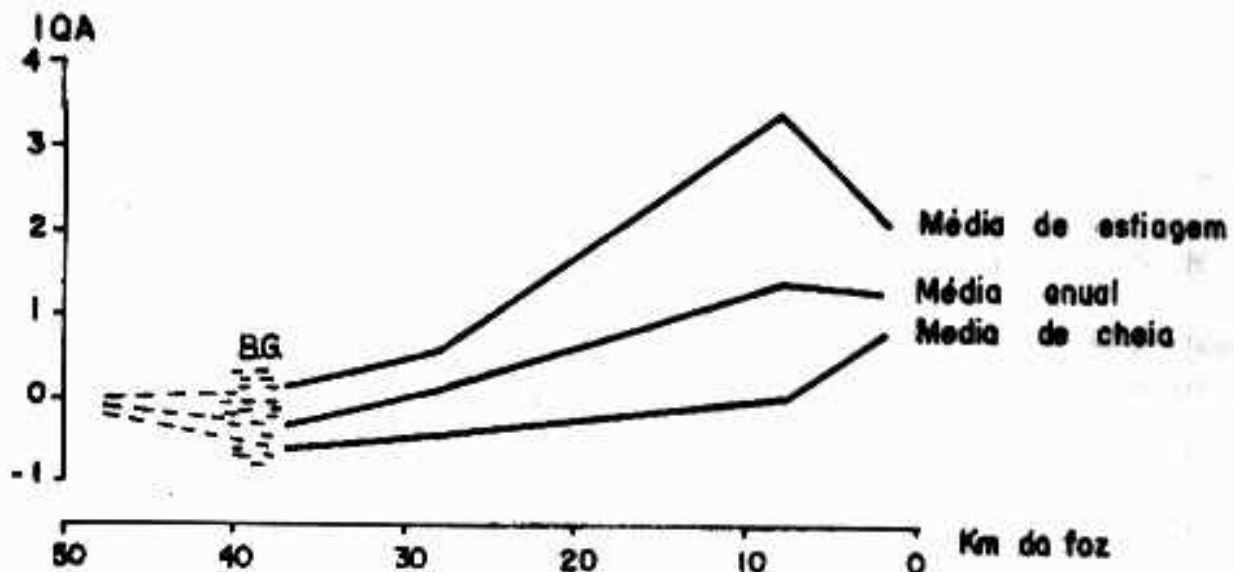


Figura 7 - Variação média do IQA ao longo do rio Gravataí.

A análise de similaridade baseada em características morfológicas, físicas, químicas e biológicas diferencia o arroio Velhaco num trecho superior com características de ritral, representado pelos pontos V1, V2 e V3, e num trecho inferior com características de potamal representado pelos pontos V4, V5 e V6 (Haase, 1988). O rio Gravataí pertence à região do potamal em toda sua extensão (Pineda, 1983). A variação do IQA médio coincide com este zonamento, onde os escores menores que -0,5 correspondem aos pontos de amostragem característicos de ritral e os escores maiores do que -0,5 correspondem aos pontos característicos de potamal (fig. 8). Um dos problemas da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de IQAs com objetivo de aplicação mais ampla é o fato de os escores só serem comparáveis entre si quando constarem na mesma matriz original de dados.

Os pontos de amostragem foram classificados segundo o déficit de oxigênio, de acordo com o método de Liebmann modificado (Pineda & Schäfer, 1987), e relacionados aos escores médios anuais do IQA (fig. 8). O arroio Velhaco apresentou índices menores sendo enquadrado em classe I em toda sua extensão. Neste arroio, a influência é agrícola, de menor porte, e distribui-se desde as nascentes até a foz com intensidade semelhante (Haase, 1988). O rio Gravataí apresentou IQA mais elevado, sendo enquadrado em classe II das nascentes até aproximadamente o km 30, com IQAs menores, e em classe III do km 30 até a foz, apresentando os maiores índices. Segundo Pineda (1983), a influência de despejos domésticos inicia no km 36, concentrando-se em direção à foz, e a influência de despejos industriais inicia no km 17. Estas características podem ser observadas na análise da variabilidade do IQA médio ao longo dos corpos hídricos estudados.

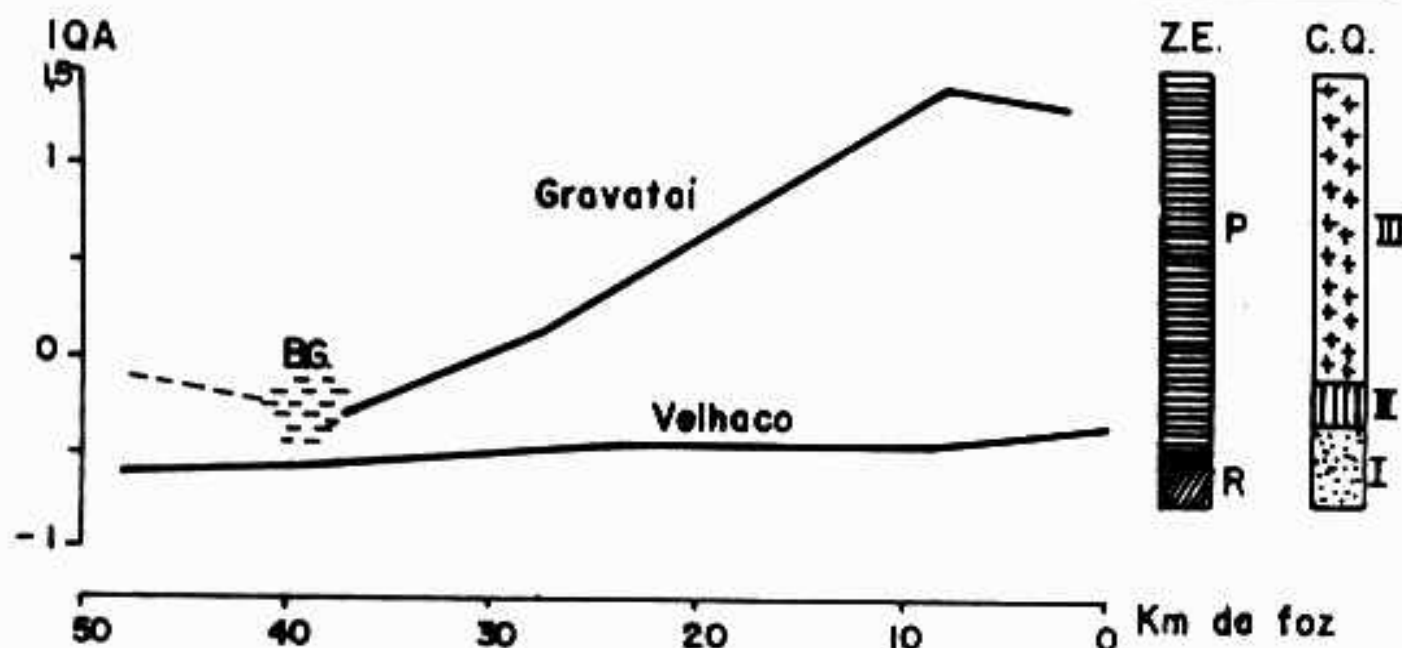


Figura 8 - Relação da variabilidade do IQA médio com o zoneamento ecológico (Z.E.) segundo Haase, 1988 e Pineda, 1983 e com as classes de qualidade (C.Q.) baseadas no déficit de oxigênio, segundo Pineda & Schäfer (1987). R = ritral, P = potamal.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso da técnica de análise fatorial para elaborar um índice de qualidade da água permitiu a observação e interpretação das tendências temporais e espaciais dos corpos hídricos estudados. Os valores de IQA e sua variabilidade diferenciaram nitidamente os dois regimes hidrológicos diferentes sujeitos a influências antrópicas distintas. A comparação da variação do IQA ao longo do curso d'água com a classificação segundo o déficit de oxigênio e com o zonamento ecológico baseado em características morfológicas, físico-químicas e biológicas mostrou congruência nos resultados.

É um índice útil para objetivos específicos, uma vez que a seleção das variáveis é um critério subjetivo. Por outro lado, não serve como um índice geral, pois a comparação com outros índices calculados em regiões ou épocas diferentes é impossível.

O IQA foi calculado com base na composição química da água, que descreve situações momentâneas, não fornecendo evidências das alterações estruturais e funcionais do ecossistema como um todo. É importante também testar o uso da técnica de análise fatorial na elaboração de índices baseados em outras variáveis indicadoras a longo prazo, como as relacionadas às características do sedimento e da biota aquática, para verificar se os resultados são complementares entre si e o poder diagnóstico de cada uma delas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, E.D. (1986). *Aplicação do Índice de qualidade das águas no controle de uma rede hidrológica*. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2 ABES, Salvador.
- BALL, R.O. & CHURCH, R.L. (1980). Water quality indexing and scoring. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 106.

- BROWN, R.M.; McCLEALLAND, N.; DEININGER, R.A. & TOZER, R.G. (1970). A water quality index-do we dare? *Wat. & Sew. Works*, 117:339-343.
- CETESB. (1984). Qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. São Paulo. 134p.
- COSTA, E.B.; NICOLAIDIS Jr., H. & CHAGAS, J.M. (1985). Water quality index applied to significant water resources of Brasília. *Wat. Qual. Bull.*, 10:101-104.
- DUNNETTE, D.A. (1979). A geographically variable water quality index used in Oregon. *Journal WPCF*, 51:53-61.
- FACHEL, J. (1976). *Análise Fatorial*, São Paulo. USP, IME. Dissertação de mestrado.
- HAASE, J. (1988). *Avaliação ecológica do arroio Velhaco*. Porto Alegre, UFRGS. Centro de Ecologia, 148p. Dissertação de mestrado.
- HAASE, J.; KRIEGER, J.A. & POSSOLI, S. (1989). Estudo da viabilidade do uso da técnica de análise fatorial como um instrumento na interpretação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. *Ciência e Cultura*, 41:576-582.
- HARKINS, R.D. (1974). An objective water quality index. *Journal WPFC*, 46:588-591.
- HAUSEN, E.C. et alii. (1989). *Bacia do Gravataí - proposta de gerenciamento*, Porto Alegre, AEBA, 138p.
- LANDWEHR, J.M. & DEININGER, R.A. (1976). Uma comparação de diversos índices de qualidade da água. *Journal WPFC*, 48-954.
- LOHANI, B.N. & MUSTAPHA, N. (1982). Indices for water quality assessment in rivers: a case study of the Linggi river in Malaysia. *Wat. Sup. & Manag.*, 6:545-555.
- NIE, N. et alii. (1986). *Statistical package for social sciences*. New York. McGraw-Hill.
- OTT, W.R. (1978). *Environmental indices: theory and practice*. Michigan. Ann Arbor Science Publ.
- PINEDA, M.D.S. (1983). *Adequação de critérios e métodos para avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí*. Porto Alegre, UFRGS. Centro de Ecologia, Dissertação de Mestrado. 90p.
- PINEDA, M.D. & SCHÄFER, A. (1987). Adequação de critérios e métodos de avaliação de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Cultura*, 39:198-206.
- POSSOLI, S. (1984). Técnicas de análise multivariada para avaliação das condições de saúde dos municípios do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Saúde Públ.*, 18:288-300.
- SCHAEFFER, D.J. & JANARDAN, K.G. (1977). Communicating environmental information to the public: a new water quality index. *Environ. Educ.*, 8:18-26.
- SCHÄFER, A. (1985). *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre, UFRGS. Ed. da Universidade, 532p.
- SCOTTISH DEVELOPMENT DEPARTMENT. (1976). Development of a water quality index. *Applied Research & Development*, ARD3. 62p.
- SHOJI, H.; YAMANO, T. & NAKAMURA, T. (1966). Factor analysis on stream pollution of the Yodo river systems. *Air & Wat. Poll.*, 10:291-299.
- STOJDA, A. & DOJLIDO, J. (1983). A study on the water quality index in Poland. *Wat. Qual. Bull.*, 8:30-32.