

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO GOIANA, PERNAMBUCO - BRASIL

ESTIMATION OF WATER QUALITY OF THE GOIANA RIVER BASIN, PERNAMBUCO - BRAZIL

Fábio Marques APRILE¹
Veronilton Pereira FARIAS²

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do rio Goiana está localizada no litoral do Estado de Pernambuco, com uma área de 2.863 km², assim distribuídas, 77% na Zona da Mata e 23% no Agreste. Esta pesquisa apresenta o resultado de 9 anos de análises da água do rio Goiana durante os anos de 1990 a 1998. As variáveis estudadas foram: temperatura, pH, cor, turbidez, condutividade, cloreto, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, fósforo total, nitrato, e sólidos totais. Análise de Componentes Principais foi aplicada aos resultados. Foi possível demonstrar que os pontos de coleta diferenciaram-se em relação a algumas variáveis, principalmente condutividade e sólidos totais. Os resultados mostraram que a qualidade da água da Bacia se encontra bastante comprometida, destacando-se regiões a jusante das usinas de açúcar e álcool e dos municípios que não possuem saneamento básico adequado.

Palavras-chave: *Qualidade da água, Monitoramento, Análise de Componentes Principais*

ABSTRACT

The Goiana river basin, situated in coastal Pernambuco State, has an area of 2,863 km², with 77% in Zona da Mata and 23% in Agreste. This research shows the nine years' analysis result (1990 – 1998). The variables measured were: temperature, pH, color, turbidity, conductivity, chloride, dissolved oxygen, B.O.D., fecal coliform, total phosphorus, nitrate and total solids. Principal Components Analysis was used. The sampling points differed regarding the variables, especially conductivity and total solids. The results showed that water quality was inappropriate, principal downstream of the sugar and alcohol plants and in those districts where there is no basic sanitation.

Key words: *Water quality, Monitoring, Principal Components Analysis.*

INTRODUÇÃO

De acordo com Margalef (1983), uma bacia hidrográfica é um sistema contínuo e de baixa tensão,

ganhando e perdendo parte de seus componentes, mantendo assim, um ciclo de renovação acelerado.

Para Odum (1976), é possível caracterizar uma bacia de acordo com os processos básicos de

⁽¹⁾ CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Recife, PE.

⁽²⁾ Departamento de Oceanografia Física, Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo, SP.

Correspondência: Fábio M. Aprile, Instituto Oceanográfico da USP, Rua Doralice P. Teixeira 48/13, CEP: 05417-070 São Paulo, SP. E-mail: aprilefm@hotmail.com

troca de energia, produção e decomposição de formas biológicas, e níveis de consumo. Pode-se considerar uma bacia hidrográfica como um conjunto de ecossistemas, que combinam diferentes critérios para caracterizar os distintos biótopos. A interação entre os componentes bióticos e abióticos é responsável pelo equilíbrio do sistema.

De acordo com Payne (1986), um rio tem uma considerável superfície de interação com o ecossistema terrestre, de tal forma que, é muito importante considerar a região adjacente nos estudos dos ecossistemas aquáticos. Wetzel (1990), fala sobre a importância de associar os compartimentos adjacentes ao sistema aquático, para melhor compreender os processos biológicos em atividade.

Em Pernambuco, os primeiros estudos relacionando os componentes bióticos e abióticos de uma bacia hidrográfica foram desenvolvidos em 1994, com a elaboração do primeiro relatório de qualidade das águas interiores do Estado (CPRH, 1995). A partir daí, procurou-se aplicar o maior número de parâmetros físicos, químicos e biológicos, visando compreender melhor os impactos causados pelos processos de urbanização e industrialização na qualidade das águas dos rios.

Antes da elaboração dos relatórios de qualidade de água, a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH) detinha um número elevado de informações, porém dispersas, sem nenhuma avaliação mais detalhada. A partir dos relatórios anuais, foi possível apontar propostas de interpretação dos dados, aplicando inclusive recursos gráficos e estatísticos para a elaboração de índices, como é o caso do índice de qualidade da água do rio Tapacurá, desenvolvido por Aprile (1999).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água da bacia do rio Goiana na última década, apontando os principais pontos de poluição decorrentes de atividades antrópicas no entorno da Bacia.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do rio Goiana localiza-se no litoral do Estado de Pernambuco, entre os paralelos $7^{\circ}20' - 7^{\circ}50'S$ e $34^{\circ}50' - 35^{\circ}40'W$ (Figura 1). Possui uma área de 2.863 km^2 , assim distribuídas, 77% na Zona da Mata e 23% no Agreste, e uma extensão de 17,5km dos quais os últimos 10,5km servem de limite entre os Estados da Paraíba e Pernambuco (CPRH, 1997).

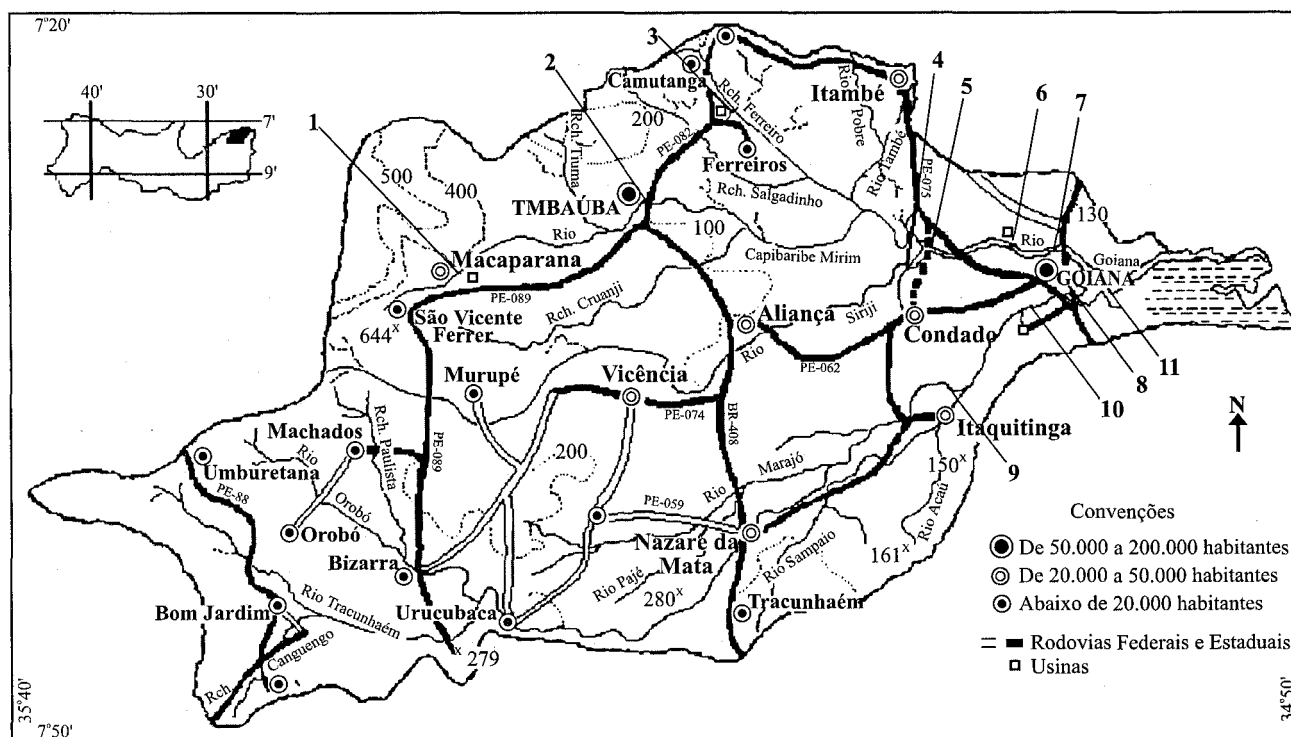


Figura 1. Mapa da bacia hidrográfica do rio Goiana (PE), com a representação dos pontos de amostragem.

A Bacia é formada pelos rios Capibaribe Mirim e Tracunhaém, que se encontram à jusante do município de Goiana formando o Rio de mesmo nome. Os principais afluentes do rio Capibaribe Mirim são: pela margem esquerda, o rio Tambémé, Tiúma, Ferreiros e Mulungu; e pela margem direita, os rios Sirigi e Cruangi. Já os afluentes do rio Tracunhaém são: pela margem esquerda, o rio Marajó, Orobó, Ribeiro e Acáu; e pela margem direita Canguengo, Itapinassu e Carau (CPRH, 1996 e 1997).

Os limites da Bacia abrangem um total de 22 municípios, destacando-se as cidades de Goiana, Timbaúba, Vicência, Aliança, Itambé, Nazaré da Mata, Camutanga, Itaquitinga.

De modo geral a vegetação apresenta características fitogeográficas da Zona da Mata. Na parte oriental e nas áreas elevadas situadas a oeste da Bacia, a vegetação apresenta-se exuberante predominando as espécies perenifólias. Enquanto na região central, a vegetação que aparece são as espécies caducifólias (CPRH, 1996). O clima é do tipo quente e úmido com chuvas concentradas no outono-inverno, e temperaturas médias anuais de 25 °C.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas coletas mensais das águas de onze pontos de amostragem distribuídos ao longo da bacia do rio Goiana entre 1990 e 1998. Os pontos foram escolhidos previamente, de modo a estarem posicionados a montante e jusante dos despejos urbanos e industriais mais relevantes existentes na Bacia (Tabela 1).

As variáveis medidas foram: temperatura (°C), pH e condutividade (mS/cm), através de leitura direta com aplicação de eletrodos específicos; oxigênio dissolvido (mg/l), pelo método de titulação de Winkler, modificado por Golterman *et al.* (1978); sólidos totais (mg/l), através do método de filtração e secagem à 105°C; nitrato (mg/l), pela redução do nitrato em nitrito utilizando uma coluna de cádmio, e posterior leitura em espectrofotômetro de acordo com procedimentos descritos por Carmouze (1994); cor (escala Pt-Co) e turbidez, através da aplicação de

escalas gráficas e colorimétricas; DBO₅₋₂₀ (mg/l) e coliformes fecais totais (NMP/100ml), através da fixação e posterior incubação de acordo com os métodos descritos pela APHA (1989), respeitando os critérios aprovados pelo CONAMA; íons cloreto (mg/l), pelo método de titulação com AgNO₃; e fósforo total (mg/l), por determinação colorimétrica com ácido ascórbico.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada a partir da padronização dos dados e da elaboração de uma matriz correlação, com o objetivo de diferenciar os pontos de amostragem a partir das variáveis pesquisadas (GAUCH Jr., 1982). Considerou-se para esta análise, significativos apenas os valores superiores a |0,7| e adotou-se uma rotação com a máxima variação “varimax”. Para mostrar as tendências da variabilidade dos pontos de amostragem, bem como expressar a complexidade das relações existentes entre as variáveis ambientais pesquisadas, foi aplicada igualmente a análise PCA para os pontos.

Tabela 1.: Localização dos pontos de amostragem.

Ponto	Localização
1	Rio Capibaribe Mirim, a jusante da cidade de Macaparana e a montante da Usina Nossa Senhora de Lourdes.
2	Rio Capibaribe Mirim, a jusante da cidade de Timbaúba.
3	Riacho Camutanga, a jusante da Usina Central Olho D’água.
4	Rio Sirigi, próximo a sua foz.
5	Rio Capibaribe Mirim, na Ponte da PE-075.
6	Rio Capibaribe Mirim, a jusante da PONSA e a montante da Usina Nossa Senhora das Maravilhas.
7	Rio Capibaribe Mirim, na ponte de BR-101 a jusante da Usina N. Sra. Das Maravilhas
8	Canal de Goiana, na ponte da BR-101 a jusante de Goiana.
9	Rio Tracunhaém, a jusante da Usina Matary.
10	Rio Tracunhaém, a jusante da Usina Santa Teresa.
11	Rio Goiana, após receber os seus formadores e o Canal de Goiana no Engenho Barreirinha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (Figura 2, Tabela 2) revelou que o componente 1 (eixo X), apresentou maior contribuição negativa da temperatura. No extremo oposto, pode-se observar um grupo formado pelas variáveis cloreto, condutividade, fósforo total, sólidos totais e DBO. Neste grupo existe uma relação direta entre as variáveis. Os íons cloreto podem ser os principais responsáveis pela variação da condutividade elétrica no ambiente. Além disso, o aumento das concentrações de sólidos totais e fósforo na coluna de água, é diretamente proporcional ao consumo de oxigênio pela biota para a degradação dos compostos orgânicos, aumentando assim as taxas de DBO.

O pH foi responsável em grande parte pela variação positiva do componente 2 (eixo Y), enquanto que os coliformes fecais foram responsáveis pela variação negativa do mesmo.

A Tabela 2 apresenta as cargas obtidas na análise PCA. Os dois componentes juntos explicaram 61,8% da variância total. O método de ordenação permitiu condensar o conjunto de dados

Tabela 2. Resultados da PCA das variáveis do rio Goiana (PE).

Variáveis	Componente 1	Componente 2
Temperatura	-0,703525	-0,157102
pH	0,064408	0,887516
Condutividade	0,947814	-0,066232
Sólidos totais	0,938957	0,043550
Nitrato	0,030891	0,192394
Cor	0,320545	0,016492
Turbidez	-0,440802	0,480534
DBO	0,824502	-0,380620
C. fecais	0,041666	-0,779368
O.D.	-0,592163	0,671030
Fósforo total	0,881527	0,039343
Cloreto	0,804238	-0,306963
Autovalores	5,033181	2,385190
Variância	41,94	19,88
Explicada (%)		

obtidos, expressando a complexidade das relações entre as variáveis ambientais em um número restrito de fatores. O isolamento dos pontos está relacionado

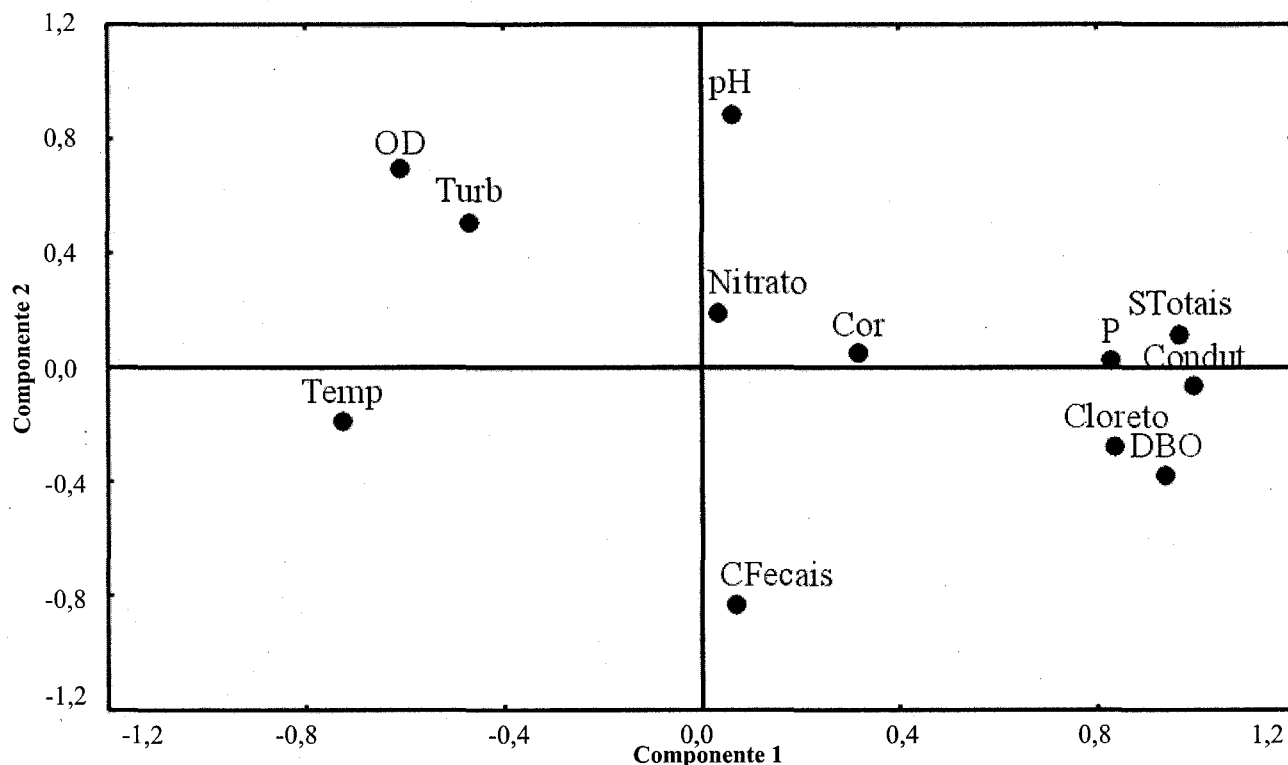


Figura 2. Diagrama de ordenação das variáveis ambientais em função da análise dos componentes principais para a bacia do rio Goiana.

às diversas fontes de despejos presentes na Bacia, sendo bastante evidente a diferença entre os despejos de origem urbana e industrial.

A Figura 3 refere-se aos componentes 1 e 2 das amostras codificadas por pontos de coleta distribuídos ao longo da Bacia. O diagrama separou espacialmente ao longo do componente 1 os pontos 1 e 2, localizados respectivamente a jusante das cidades de Macaparana e Timbaúba, e recebendo despejos oriundos de esgotos domésticos, dos pontos 6, 7, 9 e 10, localizados a jusante de despejos industriais (Usinas Sucro-alcooleiras). Já o componente 2 apresentou uma variabilidade positiva para o ponto 3, situado no riacho Camutanga a jusante da Usina Central Olho d'água, e para os pontos 6, 7, 9 e 10, separando-os dos pontos 8 e 11, localizados a jusante da cidade de Goiana, que apresentaram uma moderada variabilidade negativa. Os pontos 4 e 5, localizados no rio Capibaribe Mirim na rodovia estadual PE-075 e no rio Sirigi próximo a sua foz, respectivamente, tiveram um comportamento disperso ao longo dos dois eixos.

As fontes de poluição orgânica são, principalmente, de origem doméstica, pois as localidades situadas ao longo da Bacia não possuem sistemas de esgotamento

sanitário, apenas situações precárias através de sistemas individuais tais como fossas negras, sépticas e poços absorventes. Isso explica os altos valores de coliformes fecais encontrados nos pontos a jusante de centros urbanos (Tabela 3). Os valores médios encontrados para os pontos 1 e 2 foram de 85.416 e 107.999 NMP/100ml, e para os pontos 8 e 11 de 48.662 e 87.156 NMP/100ml, respectivamente. Estes resultados foram confirmados pela análise fatorial, uma vez que o componente 2 responsável pela separação dos pontos de áreas industriais e urbanas, também isolou a variável coliformes fecais.

Do ponto de vista da qualidade da água, os trechos mais comprometidos são os pontos 1, 2, 3 e 11, que além das altas concentrações de coliformes fecais, tiveram baixos teores de oxigênio dissolvido na água, chegando a 1,72 mg/l para o ponto 11.

Com exceção do ponto 11, que é classificado como classe 3, todos os demais trechos do rio Goiana são considerados classe 2 pelo CONAMA e pela Legislação Ambiental do Estado de Pernambuco. De modo que, os níveis de poluição detectados acima dos limites de tolerância da classe 2, impossibilitam que o rio Goiana seja utilizado para os fins a que são

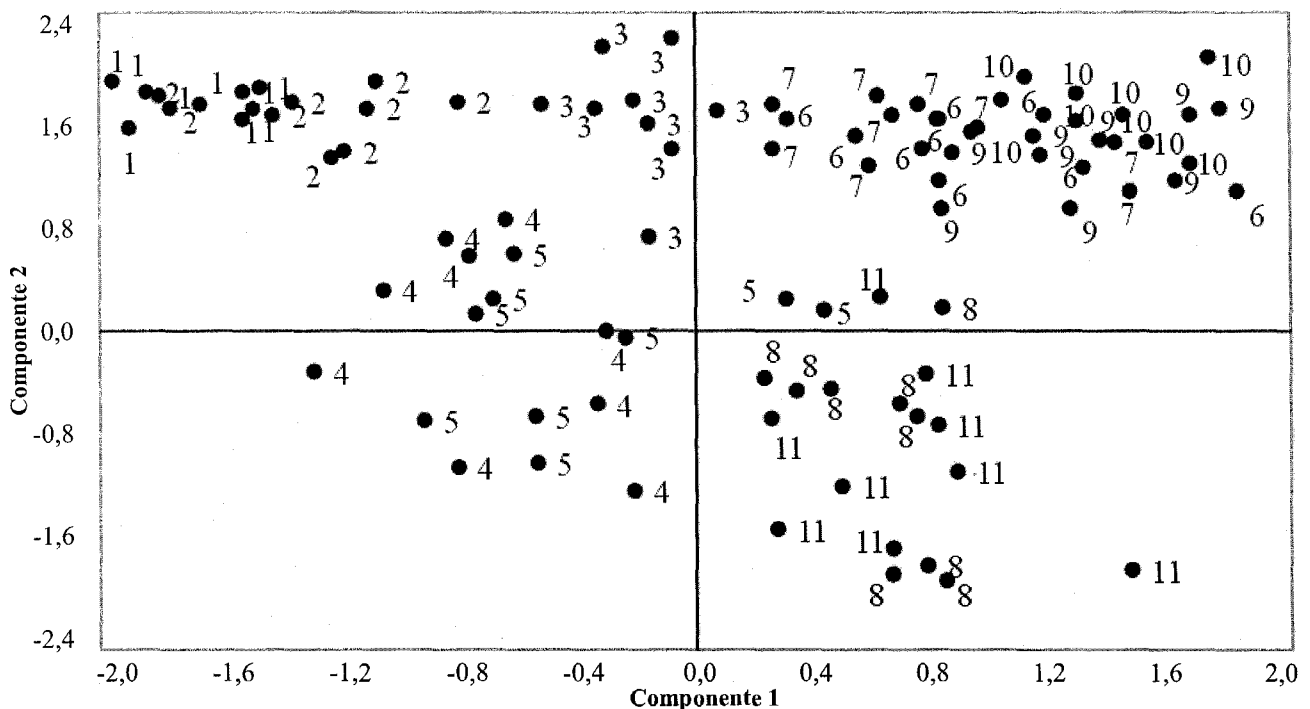


Figura 3. Diagrama de ordenação dos pontos de amostragem em função da Análise dos Componentes Principais para a bacia do rio Goiana.

Tabela 3. Valores médios das variáveis da água monitoradas no período de 1990 a 1998.

Variáveis/ Pontos	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temp. (°C)	504	27,70	28,35	26,79	29,28	28,53	29,29	28,53	29,04	28,50	29,19	28,92
pH	503	7,39	7,45	7,63	7,83	7,53	7,44	7,28	6,91	7,67	7,56	7,00
C o n d u t . (uS/cm)	498	290,62	781,99	1316,58	426,05	424,88	419,47	421,49	548,07	598,49	533,55	830,09
S. Totais (mg/l)	504	287,82	595,56	1115,12	432,93	467,55	504,20	371,33	518,49	481,06	443,80	657,78
Nitrato (mg/l)	517	0,55	0,58	0,34	0,38	0,41	0,40	0,41	0,07	0,27	0,20	0,24
Cor (Pt-Co)	494	111,05	118,33	128,28	83,89	135,65	96,79	127,96	108,55	65,95	113,93	95,77
Turbidez (NTU)	496	31,38	36,04	32,86	61,37	69,81	65,59	59,21	23,92	62,92	59,52	53,25
DBO (mg/l)	539	7,37	19,57	17,65	2,55	4,08	3,34	4,07	8,00	5,56	3,98	12,09
C.Fecais (NMP)	562	85.416	107.999	15.206	16.554	13.409	37.743	38.224	48.662	26.554	8.140	87.156
O.D. (mg/l)	579	6,74	3,51	3,58	6,87	5,61	5,46	4,97	3,97	4,98	6,19	1,72
Fósforo (mg/l)	386	0,29	0,52	0,81	0,43	0,36	0,40	0,35	0,52	0,31	0,29	0,38
Cloreto (mg/l)	501	52,03	178,12	223,93	80,98	82,94	81,95	81,10	99,54	132,45	107,53	226,10

destinadas as suas águas, principalmente no que se refere ao abastecimento doméstico, fundamental nos municípios com carência de água, recreação, e na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, que são um meio de subsistência nos pequenos pólos agrícolas da Bacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos e especialistas da Unidade Laboratorial da CPRH pelo auxílio em campo e análises, e a Unidade de Transportes, sem a qual este trabalho não teria sido executado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - American Public Health Association. 1989. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 17. ed.
- APRILE, F. M. 1999. *Qualidade do Meio Ambiente e Medidas para Gerenciamento Ambiental do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil*. Instituto de Biociências, USP, S. P. 101p. *Tese de Doutorado*.
- CARMOUZE, J. P. 1994. O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgar Blucher: FAPESP. 254p.

CPRH .1995. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco 1994, Ger. Recursos Hídricos, CPRH. *Relatório Anual*, Recife, PE.

CPRH . 1996. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco 1995, Ger. Recursos Hídricos, CPRH. *Relatório Anual*, Recife, PE.

CPRH. 1997. Monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco 1996, Ger. Recursos Hídricos, CPRH. *Relatório Anual*, Recife, PE.

GAUCH Jr., H. H. 1982. *Multivariate Analysis*. Heinemann Educational Books, 2. ed., London. 210p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. London, Blackwell Scient. Public. 217p.

MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona, Espanha: Omega, S.A., 1010p.

ODUM, H. T. 1976. Energy, Ecology and Economics. *Ambio*, 2(6): 220-227.

PAYNE, A. I. 1986. *The Ecology of Tropical Lakes and Rivers*. John-Wiley and Sons, New York. 301p.

WETZEL, R. G. 1990. Land-Water interfaces. Metabolic and Limnological Regulations. *Verh-Internat Verum. Limnol.*, Stuttgart, 24: 6-34.