

***PADRÕES DE FUNCIONAMENTO DAS LAGOAS DO BAIXO
RIO DOCE: VARIÁVEIS ABIÓTICAS E CLOROFILA a
(ESPIRITO SANTO - BRASIL)***

BOZELLI, R. L.*; ESTEVES, F. A.*; ROLAND, F.*; SUZUKI, M. S.*

Resumo

Visando identificar os principais padrões de funcionamento limnológico, dezoito lagoas situadas na região de Linhares (ES) foram pesquisadas no período de 26 de fevereiro a 06 de março de 1986, quanto às suas principais variáveis abióticas e concentração de clorofila a. Do ponto de vista geomorfológico, as lagoas estudadas foram distribuídas em dois grupos: aquelas localizadas na planície de "Tabuleiros", caracterizadas pela maior profundidade e pela estratificação térmica da coluna d'água; e lagoas da planície costeira, caracterizadas pela reduzida profundidade e desestratificação da coluna d'água. Os valores para a condutividade elétrica foram mais elevados nas lagoas da planície costeira, localizadas mais próximas ao mar. Foram identificados três tipos de perfis verticais de oxigênio: perfis do tipo ortogrado (lagoa Juparanã, estações I e III, Durão, Sabiá, Aguiar, Piabanha, Bonita, Piaba, Machado, Parda e Cacimbas), perfis do tipo clinogrado positivo (lagoa Juparanã, estação II, Palminhas e Aviso) e clinogrado negativo (lagoa Nova). Com exceção das lagoas do Aviso e do Meio, submetidas ao processo de eutrofização artificial, nas demais foi constatada baixa concentração das diferentes formas de fosfato e nitrogênio, além de silicato. A mesma constatação também é válida para a concentração de clorofila a. Com base na morfometria das lagoas e dos resultados obtidos, foi proposto dois modelos de funcionamento: 1º "dinâmico", típico para as lagoas da "Planície Costeira" e, 2º "Intermitente", típico para as lagoas do "Tabuleiro Terciário". Os dados obtidos nesta pesquisa permitiram identificar fortes alterações nas características naturais em alguns dos ecossistemas estudados, em consequência de ação antrópica.

Abstract - LAKES OF THE LOWER RIO DOCE: ABIOTIC VARIABLES AND CHLOROPHYLL A (ESPIRITO SANTO - BRAZIL).

In order to determine primary limnological parameters, principal abiotic variables and chlorophyll a concentration were investigated in 18 lake sin the region of Linhares (ES), from 26 February to 6 March 1986. The lakes are classified in two geomorphological groups: those located on the "Tabuleiros" plain are deeper and thermally stratified, and those on the coastal plain are shallower and unstratified. Electrical conductivity values were higher in coastal plain lakes, which are closer to the sea. Three types of vertical oxygen profiles were identified: orthograde (Lake Juparanã stations I and III, Lakes Durão, Sabiá, Aguiar, Piabanha, Bonita,

* UFRJ - Departamento de Ecologia

Piaba, Machado, Parda, and Cacimbas), positive clinograde (Juparanã station II, Palminhas, and Aviso), and negative clinograde (Nova). In most of the lakes, except for Lakes Aviso and Meio which are undergoing artificial eutrophication, low concentrations of the different forms of phosphorus and nitrogen as well as silicate were measured. Measured concentrations of chlorophyll *a* followed the same pattern. Based on the morphometry of the lakes and the results of these measurements, two functional models were proposed: "dynamic", typical for the coastal plain lakes; and "intermittent", for the lakes of the Tertiary Tabuleiro. Data obtained in this project permitted the identification of strong alterations in the natural characteristics of the various ecosystems studied as a consequence of human activity.

Introdução

No Brasil, a maioria dos ecossistemas lacustres têm sua gênese associada à dinâmica de rios (ESTEVES, 1988). Deste modo, através de processos de erosão e sedimentação, foram formados os principais sistemas lacustres brasileiros. Um destes sistemas mais característicos é aquele encontrado na região do baixo rio Doce. Além do grande número de lagoas, uma das principais características destes ecossistemas são os processos geomorfológicos que os originaram. Assim, enquanto no médio rio Doce, as lagoas originaram-se principalmente a partir de sedimentação da foz de tributários antigos, seguida de movimentos epirogenéticos positivos (PFLUG, 1969), no baixo rio Doce são encontrados, quanto à gênese, dois tipos de ecossistemas lacustres (SUGUIO et alii, 1982): 1º) lagoas formados a partir de sedimentação da foz de antigos tributários, por ação marinha e fluvial; geralmente encaixados em grandes vales e 2º) lagoas localizados mais próximos ao litoral, resquícios de uma grande e antiga laguna costeira.

Devido ao elevado número de ambientes, à diversidade de processos que os originaram, à características morfométricas e a grande importância regional, o sistema de lagoas do baixo rio Doce é um dos mais importantes do Brasil. Embora de grande relevância, visto que se constituem em potencial fonte de água para abastecimento às populações dos centros urbanos próximos, estes ecossistemas permanecem praticamente desconhecidos cientificamente, especialmente do ponto de vista ecológico, muito embora já no século passado naturalistas chamassem a atenção para a beleza da região (WEID-NEUWEID, 1958; SAINT-HILAIRE, 1974). Mais recentemente algumas pesquisas de cunho geológico foram realizadas (RADESCA, 1968; BACCOLLI, 1971; ASMUS et alii 1971; COUTINHO, 1974 a; b; BANDEIRA et alii, 1975, 1979; SUGUIO et alii, 1982) e de cunho ficológico, (HUSZAR et alii 1990).

Estudos ecológicos nestes ecossistemas são de grande importância na medida em que muitos deles estão fortemente alterados, especialmente no que diz respeito às suas características abióticas. Assim, esta pesquisa visa fornecer os primeiros dados sobre as principais características abióticas e sobre a biomassa fitoplanctônica (concentração de clorofila *a*) de 18 lagoas do baixo rio Doce. Além disso, visa também, a partir dos resultados obtidos, reconhecer grupos distintos de lagoas do ponto de vista de seu funcionamento limnológico, contribuindo portanto, para o conhecimento da limnologia regional.

Área de Estudo

As lagoas estudadas localizam-se no município de Linhares (ES) e estão compreendidas entre 19°00' e 19°45' de latitude Sul e 39°30' e 40°30' de longitude Oeste (Figura 1). Tratam-se na realidade, de diferentes sistemas quanto à gênese (lagos, lagoas e lagoas), no entanto, nesta pesquisa será adotada a terminologia lagoa.

As lagoas pesquisadas estão localizadas em duas províncias geomorfológicas distintas. Segundo SUGUIO et alii (1982), estas províncias são: a) Planície de "Tabuleiros" (Terciária): instalada sobre sedimentos da formação Barreiras. Esta província é caracterizada principalmente por interlúvios de superfície plana. Os vales são freqüentemente muito largos, de fundo plano,

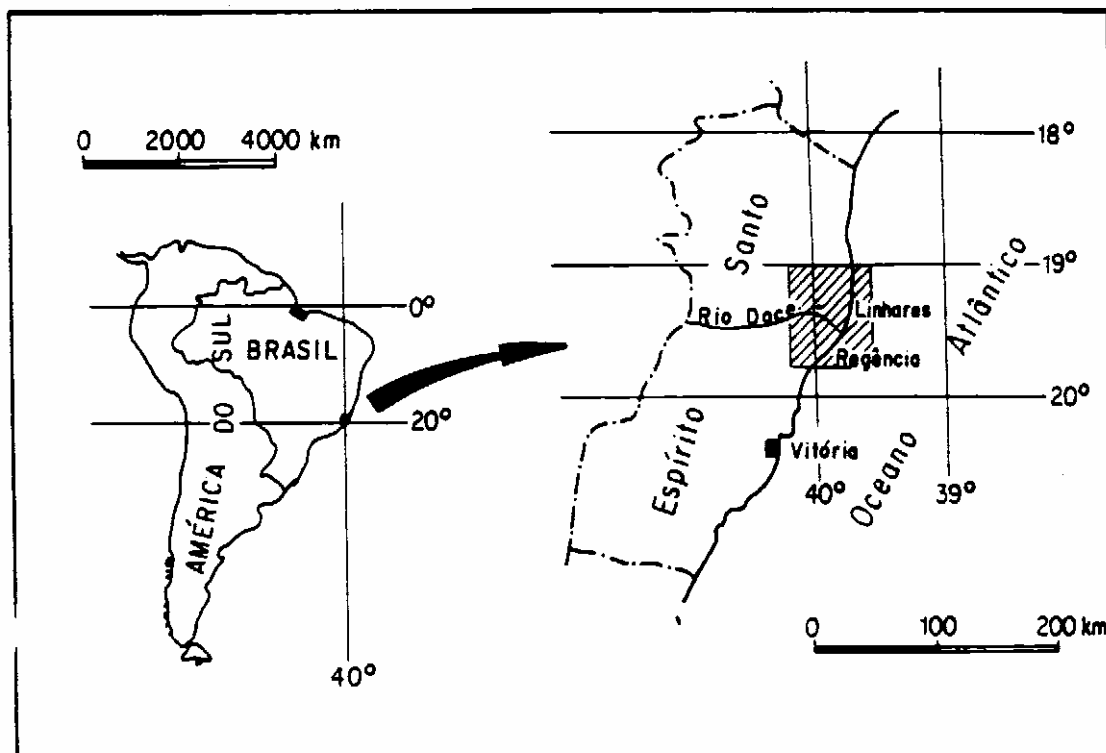


Figura 1 - Localização geográfica e mapa da área de estudo.

colmatados por sedimentos quaternários. Nesta província foram estudadas as lagoas Juparanã, Nova, Palmas, das Palminhas, Aguiar, de Dentro, Sabiá e Durão. Estas lagoas têm suas margens com pouca ocupação humana, conservam algumas porções florestadas e a maior parte da região circundante é ocupada por atividade de agropecuária. Também fazem parte deste grupo as lagoas do Aviso e do Meio, que estão situadas no perímetro urbano de Linhares e apresentam suas margens quase que totalmente ocupadas por habitações; b) Planície costeira (Quaternária): nesta província estão localizadas as lagoas, Bonita, Suruaca, Zacarias, Piaba, Piabanha, do Machado, Parda e Cacimbas. Os sedimentos são litorâneo-arenosos e de depósito areno-argilosos fluviais. As zonas de sedimentos fluviais são ocupadas por florestas e as zonas baixas pantanosas, principalmente por gramíneas. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, caracterizado por ser quente, úmido e apresentando de um a dois meses secos (NIMER, 1977).

Material e Métodos

No período de 26 de fevereiro a 06 de março de 1986, foram realizadas coletas de amostras de água e medidas algumas variáveis ambientais na parte central de 18 lagoas no município de Linhares (ES), em três profundidades para lagoas com mais de 5m, duas naquelas cujas profundidades variaram entre 1 e 5m e em apenas uma profundidade naquelas com menos de 1m. No caso da lagoa Juparanã, em virtude de sua maior área (63,58 km²), foram estabelecidas três estações.

Foram estudadas 18 lagoas, selecionadas pelos seguintes critérios: tamanho, formação geológica, localização, proximidade do mar e posição em relação ao rio Doce. Desta forma, objetivou-se realizar uma ampla amostragem do complexo lagunar da região de Linhares, que segundo AB'SABER (1977), pertence ao domínio dos "Mares de Morros" florestados.

Do volume total de água coletado, cerca de um litro foi separado e imediatamente congelado para as análises de N-total e P-total. Outra alíquota foi filtrada em membrana GF/C e imediatamente congelada para análise de nutrientes dissolvidos. A transparência da água foi estimada a partir de disco de Secchi. A temperatura foi determinada através de termistor FAC 400. A condutividade elétrica da água foi medida com auxílio de um condutivímetro Metrohm, modelo E 587 e o pH determinado com aparelho MICRONAL B 278. A alcalinidade total da água foi determinada através de metodologia descrita em MACKERETH et alii (1978) e o oxigênio dissolvido segundo método de WINKLER, modificado por GOLTERMAN et alii (1978). Os filtros utilizados na filtração de amostras para análise de nutrientes inorgânicos, foram usados para a extração de clorofila a em laboratório, segundo metodologia proposta por LORENZEN (1967) e modificada por GOLTERMAN et alii (1978). Para a determinação dos compostos nitrogenados (N- orgânico dissolvido, N-total, nitrato e nitrito), adotou-se a metodologia de MACKERETH et alii (1978) e para nitrogênio amoniacal, o método descrito por KOROLEFF (1976). As concentrações de ortofosfato, P-dissolvido, P-total e silicato reativo foram determinadas segundo GOLTERMAN et alii (1978).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para transparência e temperatura da água estão apresentados nas figuras 2, 3 e 4. Os valores de transparência variaram entre 0.1 m (lagoa Zacarias) e 9.0 m (lagoa das Palminhas). As lagoas mais profundas e de águas muito claras, localizadas na planície de "Tabuleiros", apresentaram os maiores valores para a penetração do disco de Secchi, fato que pode ser atribuído à baixa concentração de material em suspensão e dissolvido, principais responsáveis pela atenuação da luz. Entre as lagoas do "Tabuleiro", as lagoas do Meio, do Aviso e Juparanã, esta última nas três estações amostradas, por outro lado, apresentaram os valores mais reduzidos. Nestas lagoas, especialmente nas duas primeiras, o intenso desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica, consequência do fenômeno de eutrofização artificial, é a principal razão para os reduzidos valores de disco de Secchi. Já os valores muito reduzidos para disco de Secchi, observados nas lagoas Zacarias e Parda, localizadas na planície, podem ser atribuídos à grande quantidade de material inorgânico em suspensão, principalmente em consequência da reduzida profundidade e da ação de ventos.

As lagoas mais profundas (das Palmas, das Palminhas, Nova e Juparanã), apresentaram nítida estratificação térmica, indicando que o padrão de estratificação destas lagoas é semelhante

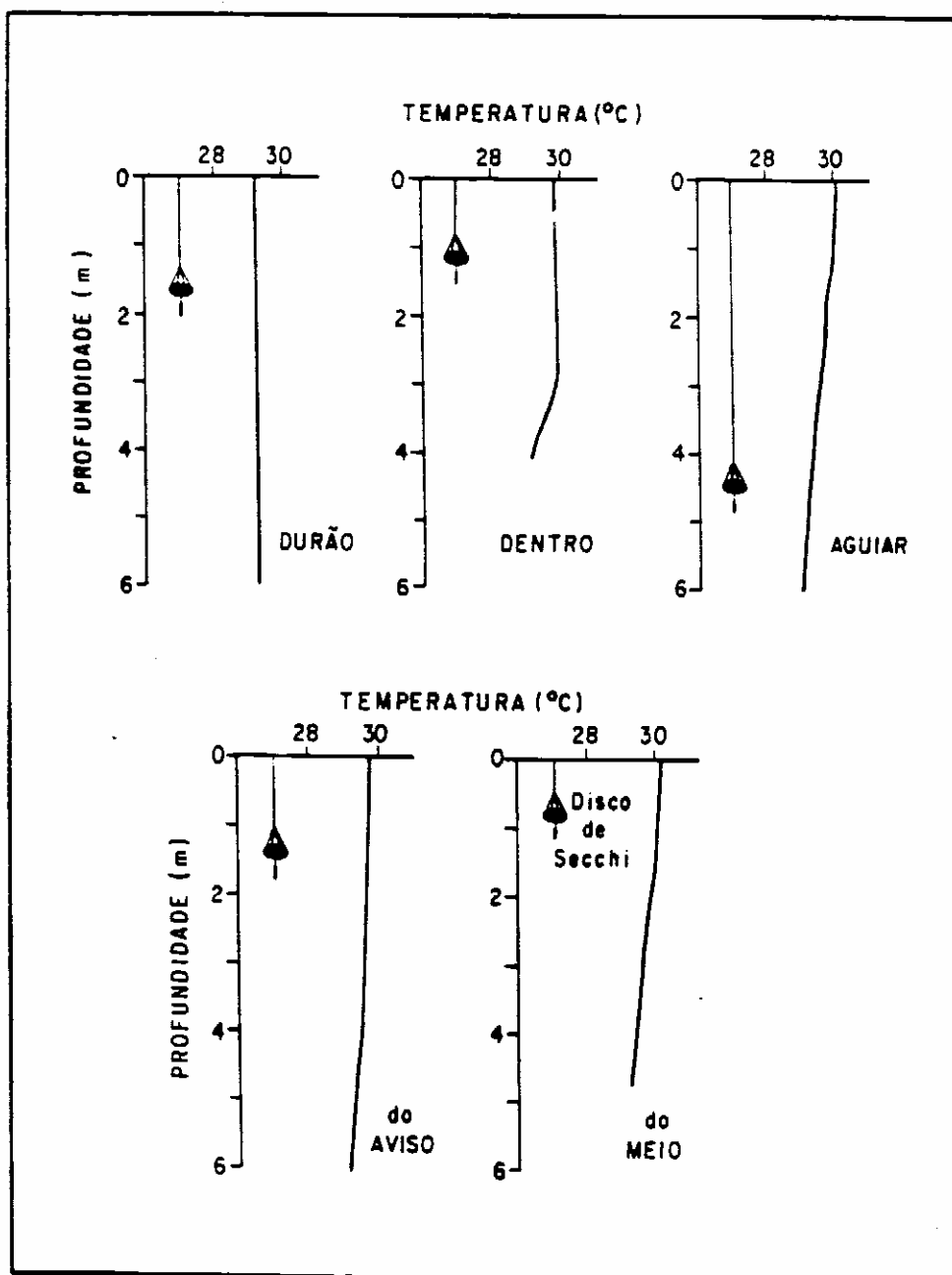


Figura 2 - Perfis de temperatura e transparência da água (disco de Secchi) medidos nas lagoas de padrão limnológico "Intermitente".

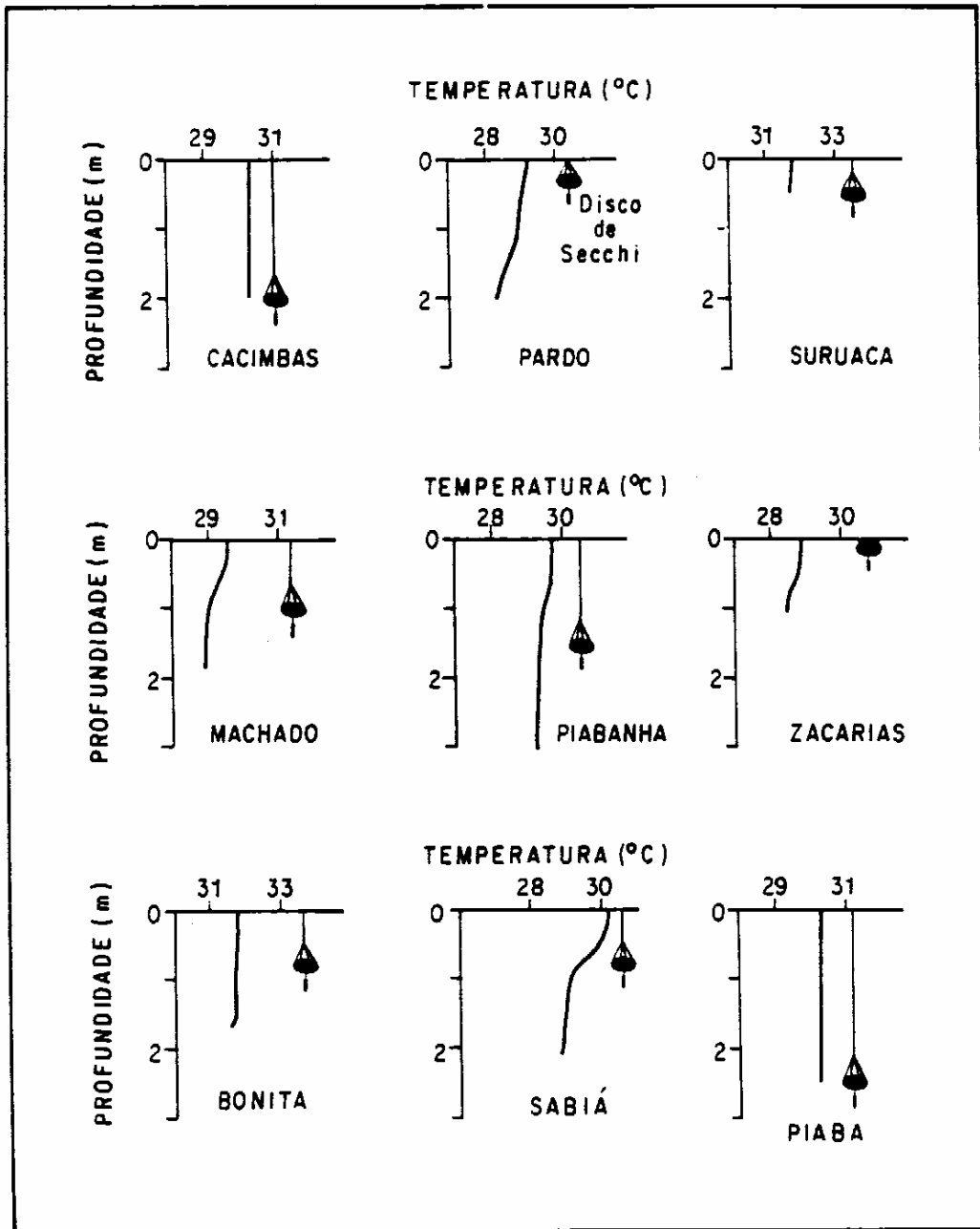


Figura 3 - Perfis de temperatura e transparência da água (disco de Secchi) medidos nas lagoas de padrão limnológico "Dinâmico".

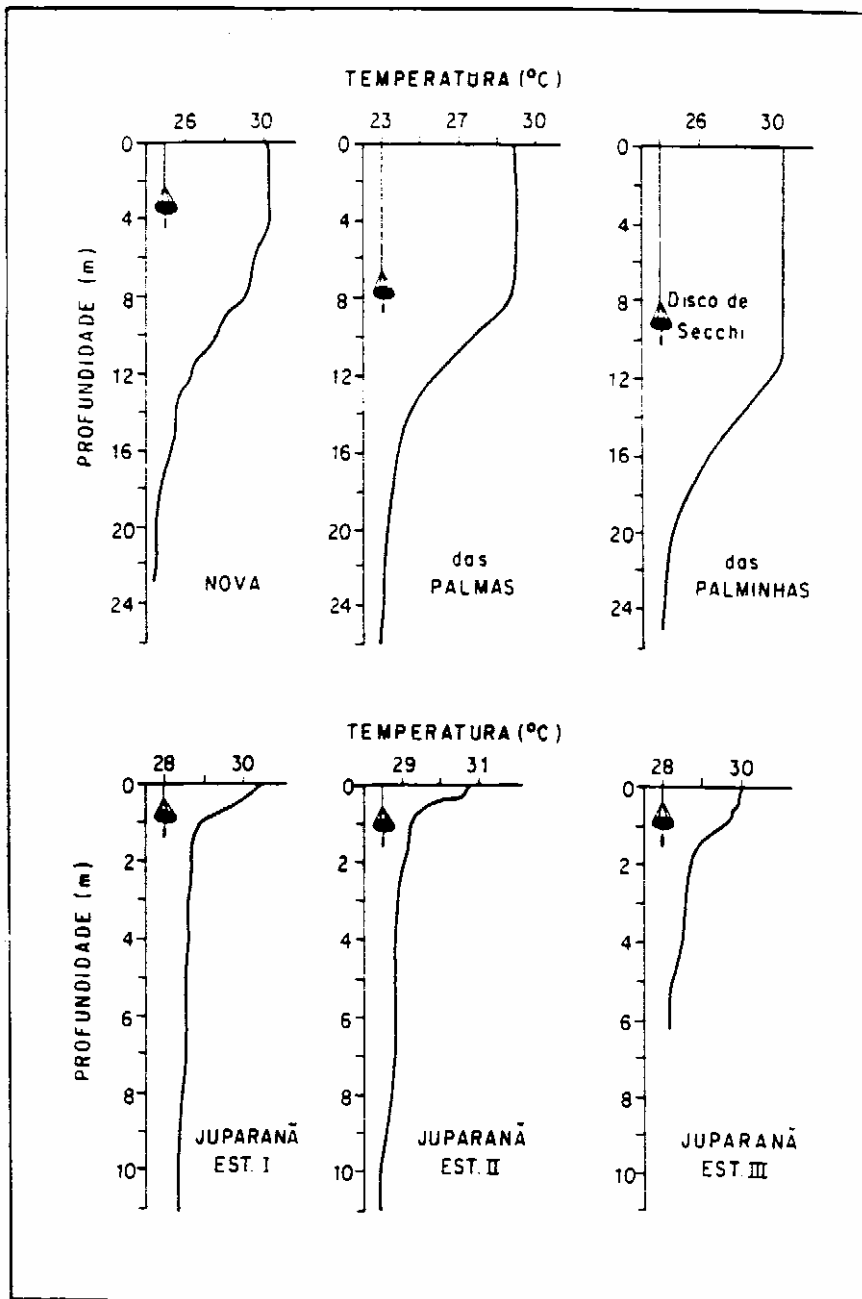


Figura 4 - Perfis de temperatura e transparência da água (disco de Secchi) medidos nas lagoas de padrão limnológico "Intermitente".

àquele identificado por PONTES (1980), no lago Dom Helvécio (MG), no médio rio Doce, caracterizado por estratificação térmica durante a maior parte do ano. Lagoas mais rasas e mais expostas à ação do vento (Cacimbas, Bonita, Piaba, Piabanha, Parda, do Machado e Zacarias) apresentaram-se totalmente desestratificadas; outras, como Aguiar, de Dentro, do Aviso e do Meio, embora mais profundas, não apresentaram estratificação, mas apenas redução gradativa da temperatura com o aumento da profundidade.

Os valores de condutividade elétrica, pH, alcalinidade total e oxigênio dissolvido estão apresentados nas tabelas I e II. Os valores mais elevados de condutividade elétrica da água foram encontrados nas lagoas que estão submetidas a forte influência antrópica, como as lagoas do Aviso e do Meio. Nestas lagoas foram encontrados valores de até $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (lagoa do Aviso), enquanto o menor valor foi de $68 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (lagoa Sabiá). Os valores de condutividade elétrica obtidos nas lagoas da planície costeira, relativamente elevados, têm sua origem na proximidade do mar, uma vez que este pode fornecer considerável quantidade de íons, principalmente, através do "spray" marinho e em menor escala do lençol freático; como exemplo podem ser citadas as lagoas Suruaca, Zacarias, do Machado e Parda. Fenômeno semelhante foi encontrado por ESTEVES et alii (1984), em várias lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro.

No presente estudo, os valores de pH apresentaram considerável amplitude de variação: 5.2 (lagoa Sabiá) e 8.2 (lagoa do Meio). Em ecossistemas aquáticos costeiros do estado do Rio de Janeiro (ESTEVES et alii, 1984), evidenciaram amplitude de variação para pH ainda maior (4.4 - 9.7). Estes autores atribuíram os baixos valores de pH obtidos nos ecossistemas estudados, à presença de grandes quantidades de ácidos húmicos dissolvidos na água, uma vez que associado aos baixos valores, observou-se coloração escura da água e o desenvolvimento de uma mata de restinga na área de drenagem. As lagoas Cacimbas, Zacarias e Suruaca, embora com as mesmas características, apresentaram valores de pH mais elevados, o que pode ser devido à presença de carbonatos e bicarbonatos na água, provavelmente consequência da influência marinha. O alto valor de pH observado na lagoa do Meio poder ser atribuído ao intenso processo de eutrofização artificial observado neste ecossistema, que é caracterizado por elevadas taxas fotossintéticas.

Os valores relativamente elevados para alcalinidade, observados nas lagoas estudadas podem ser atribuídos à contribuição dos compostos tamponantes de origem marinha e em alguns casos, como nas lagoas do Aviso e do Meio, que se destacam das demais, pelos altos valores (9.31 e $6.48 \text{ mEq}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente), ao processo de eutrofização artificial.

Os perfis de oxigênio do tipo ortogrado, observados de maneira mais evidentes nas lagoas Sabiá, Piabanha, Piaba, Bonita, do Machado, Parda e Cacimbas, podem ser atribuídos à reduzida profundidade, associada à ação do vento, que é facilitada pelo relevo plano da região onde estão localizados estes ecossistemas, ocasionando uma efetiva homogeneização da coluna d'água. As lagoas das Palmas e do Meio apresentaram perfil vertical de distribuição de oxigênio do tipo clinogrado, com acentuada depleção de oxigênio ou mesmo anoxia no hipolimnion. O perfil de oxigênio do tipo clinogrado positivo, observado na estação II da lagoa Juparanã, lagoa das Palminhas e do Aviso, pode ser consequência do fato de que a camada trofogenica, produtora, ultrapassa o epilimnion, alcançando o metalimnion, onde, devido à maior disponibilidade de nutrientes, e em muitos casos, menor taxa de herbivoria, ocorre maior densidade fitoplancônica. Neste caso, em época de intensa atividade fotossintética, o teor de oxigênio nesta camada é superior àquele encontrado nas demais (epilimnion e hipolimnion). Soma-se a este fato, as constantes perdas de oxigênio para a atmosfera no epilimnion, e por processos oxidativos no

Tabela I: Variáveis físico-químicas e clorofila *a* nas lagoas de "Tabuleiros"- análise não realizada)

| Lagoa | Prof. (m) | pH | Condut. (uS/cm) | Alcalin. (mEq/l) | Oxig. dis. (% sat) | Clor. a (ug/l) |
|--------------|-----------|-----|-----------------|------------------|--------------------|----------------|
| Juparanã I | 0.0 | 7.4 | 97 | 2.90 | 91.8 | 0.55 |
| | 0.8 | 7.4 | 97 | 2.90 | 91.6 | 0.55 |
| | 2.5 | 7.4 | 97 | 2.90 | 93.8 | 0.55 |
| | 6.0 | 7.4 | 95 | 2.90 | 89.9 | 0.27 |
| | 11.0 | 7.4 | 95 | 2.84 | 84.7 | 0.14 |
| Juparanã II | 0.0 | 7.8 | 100 | 3.10 | 94.4 | 0.40 |
| | 5.0 | 7.8 | 100 | 2.95 | 100.8 | 0.27 |
| | 11.0 | 7.3 | 95 | 3.10 | 64.8 | 0.82 |
| Juparanã III | 0.0 | 7.5 | 103 | 3.03 | 98.4 | 0.41 |
| | 3.0 | 7.6 | 104 | 3.07 | 95.4 | 0.82 |
| | 6.0 | 7.5 | 104 | 3.12 | 103.7 | 0.14 |
| Palminhas | 0.0 | 6.6 | 95 | 0.34 | 79.8 | 0.41 |
| | 5.0 | 6.6 | 95 | 0.34 | 98.4 | 0.41 |
| | 10.0 | 6.6 | 93 | 0.37 | 121.2 | 0.68 |
| | 15.0 | 6.6 | 93 | 0.37 | 54.0 | 0.68 |
| | 20.0 | 6.6 | 93 | 0.37 | 12.2 | 0.68 |
| | 25.0 | 6.5 | 100 | 0.64 | 12.2 | 0.82 |
| Palmas | 0.0 | 6.8 | 74 | 0.60 | 114.6 | 0.49 |
| | 5.0 | 6.8 | 74 | 0.60 | 93.8 | 0.95 |
| | 10.0 | 6.6 | 71 | 0.60 | 93.8 | 0.95 |
| | 15.0 | 6.6 | 71 | 0.60 | 43.8 | 0.95 |
| | 20.0 | 6.6 | 71 | 0.60 | 40.9 | 0.95 |
| | 25.0 | 6.3 | 70 | 0.58 | 28.7 | 0.41 |
| Nova | 0.0 | 7.5 | 94 | 0.80 | 114.1 | 0.27 |
| | 4.0 | 7.8 | 93 | 0.80 | 68.1 | 0.46 |
| | 7/0 | 7.1 | 91 | 0.80 | 98.1 | 0.55 |
| Dentro | 0.0 | 6.9 | 78 | 0.20 | 90.5 | 0.41 |
| | 2.0 | 6.8 | 79 | 0.32 | 105.5 | 0.41 |
| | 4.0 | 6.8 | 79 | 0.31 | 125.8 | 0.55 |
| Durão | 0.0 | 6.8 | 80 | 0.37 | 96.3 | 0.55 |
| | 2.6 | 6.7 | 80 | 0.37 | 85.7 | 0.95 |
| | 5.4 | 6.6 | 81 | 0.38 | 88.4 | 0.82 |
| Sabiá | 0.0 | 5.2 | 79 | 0.10 | 87.1 | 0.27 |
| | 1.0 | 5.2 | 69 | 0.09 | 85.5 | 0.00 |
| | 2.2 | 5.3 | 68 | 0.08 | 79.9 | 0.95 |
| Aviso | 0.0 | 7.2 | 200 | 9.08 | 11.3 | 6.14 |
| | 3.0 | 7.3 | 200 | 9.31 | 51.2 | 6.40 |
| | 6.5 | 7.4 | 195 | 9.31 | 39.6 | 4.50 |
| Aguiar | 0.0 | 7.0 | 82 | 1.29 | 86.4 | 0.41 |
| | 3.0 | 7.0 | 83 | 1.31 | 88.5 | 0.00 |
| | 6.0 | 7.0 | 81 | 1.32 | 82.8 | 0.27 |
| Meio | 0.0 | 8.1 | 155 | 6.00 | 94.7 | 21.84 |
| | 2.5 | 7.5 | 155 | 6.12 | 35.6 | 15.57 |
| | 5.0 | 7.5 | 162 | 6.48 | 12.8 | 10.92 |

Tabela II: Variáveis físico-químicas e clorofila *a* nas lagoas de "Planície"
(-análise não realizada)

| Lagoa | Prof. (m) | pH | Condut. (uS.cm) | Alcalin. (mEq/l) | Oxig. dis. (% sat) | Clor. a (ug/l) |
|----------|--------------|-----|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| Piabanha | 0.0 | 6.9 | 99 | 2.03 | 80.9 | 0.95 |
| | 1.4 | 7.2 | 100 | 2.00 | 78.5 | 0.27 |
| | 3.0 | 7.0 | 100 | 2.03 | 77.9 | 4.41 |
| Bonita | 0.0 | 6.2 | 77 | 0.22 | 76.9 | 1.22 |
| | 1.7 | 6.2 | 77 | 0.21 | 71.6 | 1.60 |
| Piaba | 0.0 | 7.0 | 95 | 2.02 | 79.5 | 0.40 |
| | 2.5 | 6.7 | 95 | 1.91 | 79.9 | 0.55 |
| Machado | 0.0 | 7.1 | 125 | 3.28 | 76.3 | 1.36 |
| | 1.5 | 7.0 | 120 | 3.15 | 78.4 | 0.14 |
| Parda | 0.0 | 7.3 | 113 | 3.60 | 88.7 | 0.55 |
| | 2.0 | 7.6 | 110 | 3.61 | 84.7 | 0.00 |
| Cacimbas | 0.0 | 7.6 | 96 | 2.38 | 91.6 | 0.40 |
| | 2.0 | 7.6 | 99 | 2.31 | 93.1 | 0.55 |
| Zacarias | 0.5 | 8.0 | 170 | - | 92.5 | 0.41 |
| Suruaca | 0.3 | 7.6 | 130 | 2.72 | 99.2 | 0.55 |

hipolimnio (ESTEVES, 1988). A ocorrência do perfil tipo clinogrado negativo na lagoa Nova pode ser atribuída à processos de decomposição e/ou respiração no metalimnio, os quais seriam mais intensos, por unidade de volume, que no hipolimnio (HUTCHINSON, 1967). Na lagoa de Dentro, foi observado padrão peculiar, onde os menores valores de oxigênio dissolvido foram encontrados na parte superior da coluna d'água (Tabela I).

Com relação aos resultados de concentração de nutrientes, foi observado que os valores para N-total em todas as lagoas estudadas foram inferiores àqueles observados por ESTEVES et alii (1984) em lagoas do litoral fluminense. As tabelas III e IV apresentam os resultados obtidos para N-total, N-dissolvido, N-particulado, N-amoniacoal, nitrato e nitrito para as diferentes lagoas estudadas. Os valores de N-total variaram entre 0.54 mg.l⁻¹ e 1.49 mg.l⁻¹. As concentrações de N-dissolvido variaram entre 0.06 mg.l⁻¹ e 0.31 mg.l⁻¹ e de N-particulado entre 0.43 mg.l⁻¹ e 1.24 mg.l⁻¹. A variação observada nos valores de concentração de N-amoniacoal foi considerável, com valores oscilando entre não detectáveis pelo método empregado (lagoa Nova) até 651.0 µg.l⁻¹ (lagoa do Meio). A distribuição vertical de N-amoniacoal foi diferenciada nas lagoas estudadas. Nas lagoas Juparanã e Palminhas, foi observado forte incremento na concentração no hipolimnio, indicando que nestes ecossistemas a concentração de N-amoniacoal está associada ao

padrão de estratificação térmica da coluna d'água. Por outro lado, na lagoa das Palmas não foi observado gradiente vertical da concentração de N-amoniacal, muito embora a coluna d'água apresentasse estratificação térmica. Outro padrão foi observado nas lagoas Cacimbas, Bonita, Piaba, Durão e Piabanha. Estas lagoas, embora desestratificadas termicamente e sem depleção de oxigênio, apresentaram concentrações de N-amoniacal ora nas camadas superiores, ora nas camadas inferiores da coluna d'água. Nas lagoas do Aviso e do Meio, as elevadas concentrações de N-amoniacal, notadamente na parte inferior da coluna d'água, confirmam o adiantado processo de eutrofização artificial em que se encontram.

Os valores para as concentrações de nitrato variaram entre 2.14 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (lagoa Cacimbas) e 562.00 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (lagoa Aguiar). Neste estudo foi observado que as lagoas Juparanã, Nova, das Palmas e Piaba, apresentaram maiores concentrações de nitrato na parte inferior da coluna d'água. O fenômeno poder ser atribuído a dois fatores principais: 1º) a dominância na parte superior da coluna d'água, de processos de produção primária com absorção do nitrato pelo fitoplâncton e 2º) predominância na parte inferior da coluna d'água, de processos de desnitrificação, além de amonificação do nitrato. Segundo ESTEVES (1988), em lagos tropicais, a concentração e distribuição de nitrato na coluna d'água parecem estar diretamente relacionados com o seu grau de oxigenação. Os resultados obtidos nas lagoas do Meio, do Aviso e das Palminhas corroboram tal afirmação, uma vez que nas camadas mais oxigenadas destas lagoas, foram encontradas as maiores concentrações de nitrato, no perfil vertical.

Para nitrito, a variação observada foi entre valores abaixo do limite de detecção (lagoa Nova) e 17.19 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (lagoa Juparanã - estação I). Os valores para concentração de nitrito obtidos nesta pesquisa, considerando a média da coluna d'água, são cerca de 2.6 vezes mais elevados que aqueles obtidos por ESTEVES et alii (1984) para as lagoas costeiras fluminenses.

As tabelas V e VI apresentam os dados obtidos para as diferentes formas de fosfato em todas as lagoas estudadas. Este estudo evidenciou que na maioria das lagoas estudadas, grande parte do fosfato presente na água apresenta-se sob a forma de fosfato particulado. O ortofosfato ocorre sempre em baixas concentrações na água. Mesmo nas lagoas do Meio e do Aviso, que são locais onde ocorre o lançamento de grande carga de dejetos orgânicos, apresentaram valores reduzidos de ortofosfato. Este fenômeno pode ser explicado pela rápida incorporação deste íon pela densa biomassa de algas fitoplanctônicas e de macrófitas aquáticas ali presentes. BARBOSA (1981) encontrou na lagoa da Carioca, médio rio Doce, valores de ortofosfato que variaram aproximadamente entre 5.0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e 70 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Para o lago D. Helvécio, na mesma região, PONTES (1980) obteve valores de P- dissolvido entre 3.0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e 6.0 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

As elevadas concentrações das diferentes frações de fosfato obtidas na lagoa Parda, e principalmente na lagoa Zacarias, podem ser explicadas a partir da ressuspensão do sedimento, resultante da ação do vento, facilitada pela pequena profundidade destas lagoas.

As concentrações de silicato "reativo" variaram de 1.42 mg.l^{-1} (lagoa Aguiar) a 11.48 mg.l^{-1} (lagoa Juparanã - estação III). Estes valores são considerados elevados quando comparados com aqueles obtidos por ESTEVES et alii (1984) em lagoas costeiras fluminenses.

Os valores de clorofila *a* (Tabelas I e II) para as lagoas estudadas (média de 1.7 $\mu\text{g.l}^{-1}$) foram baixos, estando próximos aos obtidos para um ecossistema de características oligotróficas estudado por ESTEVES et alii (1985), a represa de Três Marias. Estes mesmos são mais baixos ainda quando comparados com aqueles obtidos por ESTEVES et alii (1984) em algumas lagoas costeiras fluminenses, nas quais os valores de clorofila *a* variaram entre 0.7 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e 148.3 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Tabela III: Diferentes formas de nitrogénio na coluna d'água das lagoas de "Tabuleiro".

| Lagoa | Prof. (m) | N-amon. (ug/l) | Nitrato (ug/l) | nitrito (ug/l) | N-total (mg/l) | N-dis. (mg/l) | N-part. (mg/l) |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Juparanã I | 0.00 | 15.82 | 68.02 | 17.13 | 0.79 | 0.13 | 0.66 |
| | 6.00 | 9.14 | 16.31 | 7.31 | 0.84 | 0.19 | 0.65 |
| | 11.00 | 15.57 | 77.56 | 3.87 | 0.72 | 0.15 | 0.5 |
| Juparanã II | 0.00 | 11.86 | 29.56 | 2.86 | 0.64 | 0.15 | 0.50 |
| | 5.00 | 17.79 | 72.94 | 6.73 | 0.76 | 0.12 | 0.63 |
| | 11.00 | 17.42 | 86.79 | 3.58 | 0.78 | 1.18 | 0.60 |
| Juparanã III | 0.00 | 7.66 | 87.06 | 1.58 | 1.41 | 0.13 | 1.27 |
| | 3.00 | 7.78 | 97.56 | 2.15 | 0.54 | 0.11 | 0.43 |
| | 6.00 | 24.09 | 155/67 | 3/15 | 0.69 | 0.13 | 0.56 |
| Dentro | 0.00 | 55.85 | 8.80 | - | 1.23 | 0.13 | 1.11 |
| | 2.00 | 15.57 | 33.57 | 0.29 | 0.86 | 0.17 | 0.67 |
| | 4.00 | 14.83 | 3.38 | 0.00 | 0.87 | 0.20 | 0.68 |
| Palminhas | 0.00 | 3.46 | 9.85 | 0.00 | 1.04 | 0.06 | 0.97 |
| | 10.00 | 9.64 | 130.19 | 0.43 | 0.70 | 0.11 | 0.59 |
| | 25.00 | 147.53 | 25.24 | 2.29 | 1.00 | 0.12 | 0.88 |
| Meio | 0.00 | 57.83 | 94.49 | 4.44 | 1.11 | 0.16 | 0.95 |
| | 2.50 | 286.91 | 32.09 | 3.44 | 1.25 | 0.20 | 1.05 |
| | 5.00 | 651.18 | 10.46 | 3.44 | 1.49 | 0.42 | 1.07 |
| Aguiar | 0.00 | 14.58 | 562.00 | 3.72 | 0.58 | 0.11 | 0.48 |
| | 3.00 | 3.95 | 40.43 | 1.43 | 0.62 | 0.15 | 0.47 |
| | 6.00 | 6.67 | 5.85 | 1.72 | 0.62 | 0.17 | 0.45 |
| Nova | 0.00 | 0.00 | 6.77 | 0.00 | 0.67 | 0.17 | 0.50 |
| | 4.00 | 0.00 | 13.80 | 3.44 | 0.72 | 0.15 | 0.57 |
| | 7.00 | 0.00 | 115.30 | 0.43 | 0.70 | 0.19 | 0.51 |
| Aviso | 0.00 | 129.37 | 15.76 | 0.86 | 1.01 | 0.16 | 0.85 |
| | 3.00 | 112.62 | 19.45 | 0.57 | 1.07 | 0.10 | 0.97 |
| | 6.50 | 152.72 | 16.09 | 1.15 | 1.04 | 0.14 | 0.90 |
| Sabiá | 0.00 | 13.34 | 9.56 | 0.29 | 0.99 | 0.15 | 0.84 |
| | 1.00 | 9.28 | 10.46 | 0.00 | 0.89 | 0.23 | 0.66 |
| | 2.20 | 10.38 | 34.78 | 0.86 | 0.99 | 0.14 | 0.85 |
| Palmas | 0.00 | 24.47 | 4.62 | 0.29 | 0.76 | 0.08 | 0.69 |
| | 10.00 | 27.43 | 10.46 | 1.15 | 0.79 | 0.10 | 0.69 |
| | 26.00 | 28.54 | 88.33 | 0.29 | 0.68 | 0.13 | 0.55 |
| Durão | 0.00 | 15.57 | 36.35 | 2.58 | 0.79 | 0.19 | 0.60 |
| | 2.00 | 15.82 | 40.94 | 2.17 | 0.72 | 0.16 | 0.56 |
| | 5.00 | 21.99 | 36.93 | 2.43 | 0.71 | 0.14 | 0.57 |

Tabela IV: Diferentes formas de nitrogênio na coluna d'água das lagoas de "Planície".

| Lagoa | prof. (m) | N-amon. (ug/l) | Nitrato (ug/l) | Nitrito (ug/l) | N-total (mg/l) | N-dis. (mg/l) | N-part. (mg/l) |
|----------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Piabanha | 0.00 | 37.59 | 70.26 | 1.15 | 0.73 | 0.17 | 0.56 |
| | 1.40 | 39.48 | 40.43 | 1.58 | 0.95 | 0.15 | 0.80 |
| | 3.00 | 52.32 | 61.39 | 2.01 | 1.14 | 0.19 | 0.95 |
| Piaba | 0.00 | 26.19 | 8.19 | 0.43 | 0.86 | 0.21 | 0.65 |
| | 2.50 | 5.68 | 16.82 | 0.72 | 0.90 | 0.21 | 0.68 |
| Parda | 0.00 | 39.79 | 154.00 | 5.16 | 1.11 | 0.20 | 0.91 |
| | 2.00 | 40.53 | 131.00 | 3.87 | 1.13 | 0.19 | 0.95 |
| Cacimbas | 0.00 | 9.84 | 2.14 | 1.86 | 1.18 | 0.18 | 0.99 |
| | 2.10 | 29.65 | 6.78 | 2.15 | 0.89 | 0.11 | 0.73 |
| Machado | 0.00 | 31.88 | 11.15 | 3.01 | 1.01 | 0.15 | 0.85 |
| | 1.50 | 24.47 | 6.47 | 2.15 | 1.18 | 0.15 | 1.04 |
| Bonita | 0.00 | 13.34 | 7.26 | 8.74 | 1.06 | 0.20 | 0.85 |
| | 1.70 | 8.53 | 7.89 | 6.88 | 1.04 | 0.17 | 0.86 |
| Zacarias | 0.50 | 14.46 | 197.44 | 16.47 | 1.13 | 0.20 | 0.94 |
| Suruaca | 0.30 | 2.72 | 11.64 | 9.60 | 1.21 | 0.31 | 0.90 |

A comparação entre as lagoas pesquisadas mostrou que a lagoa do Meio apresentou valores de clorofila *a*, 12 vezes, e a lagoa do Aviso, 3.5 vezes mais elevados que a média das demais lagoas. Este fato vem de encontro às características de ambientes eutrofizados artificialmente destes ecossistemas.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se constatar que as lagoas estudadas apresentam características limnológicas fortemente diferenciadas. Esta diferenciação pode ser atribuída a sua localização geográfica e, principalmente, à associação entre fatores geomorfológicos e climáticos, e à ação antrópica.

Levando-se em consideração suas características morfométricas, as lagoas estudadas podem ser diferenciadas nos dois grupos principais propostos por SUGUIO et alii (1982): 1º) as lagoas da planície costeira, que apresentam, com frequência, toda a coluna d'água homogeneizada, e estão sujeitas à ação do vento e 2º) as lagoas de "Tabuleiros", com a coluna d'água menos sujeita à ação do vento, portanto, estratificando-se com muita frequência.

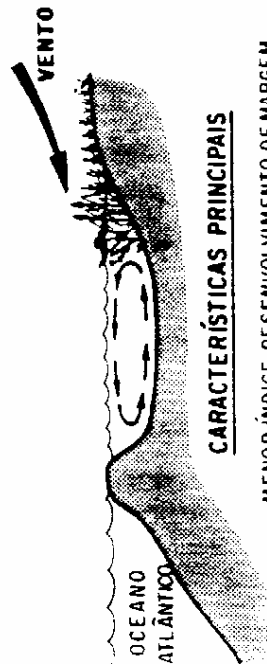
Tabela VI: Diferentes formas de fosfato e silicato na coluna d'água das lagoas de "Planície"
(- análise não realizada)

| Lagoa | Prof. (m) | P-total (µg/l) | P-dissolv. (µg/l) | P-part. (µg/l) | P-orto (µg/l) | silicato (mg/l) |
|----------|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Piabanha | 0.00 | 22.38 | 11.19 | 11.19 | 6.25 | 4.37 |
| | 1.40 | 19.74 | 10.53 | 9.21 | 5.68 | 4.26 |
| | 3.00 | 25.01 | 13.16 | 11.85 | 3.64 | 2.09 |
| Piaba | 0.00 | 11.19 | 10.53 | 0.66 | 5.23 | 2.77 |
| | 2.50 | 11.19 | 7.24 | 3.95 | 2.50 | 2.73 |
| Parda | 0.00 | 40.80 | 6.85 | 33.95 | 1.02 | 4.77 |
| | 2.00 | 28.30 | 9.41 | 18.89 | <1.00 | 4.68 |
| Cacimbas | 0.00 | 11.85 | 11.19 | 0.66 | 3.86 | 3.75 |
| | 2.10 | 11.19 | 3.23 | 7.96 | 11.02 | 2.65 |
| Machado | 0.00 | 14.48 | 13.82 | 0.66 | 2.68 | 3.76 |
| | 1.50 | 16.45 | 13.16 | 3.29 | 2.84 | 2.01 |
| Bonita | 0.00 | 23.04 | 7.12 | 15.92 | 9.66 | 1.84 |
| | 1.70 | 20.40 | 5.29 | 15.11 | 9.21 | 1.98 |
| Zacarias | 0.50 | 134.26 | 93.46 | 40.80 | 12.50 | 9.60 |
| Suruaca | 0.30 | 26.33 | 17.11 | 9.22 | <1.00 | 4.30 |

Baseado nesta constatação, propõe-se para as lagoas da planície costeira, um modelo de funcionamento que pode ser considerado "dinâmico", no qual toda coluna d'água está envolvida. Nestas lagoas, a maior parte dos fatores abióticos atuam no sentido de proporcionar, como resultante, elevados valores de produtividade, no ecossistema. Pode-se considerar a elevada taxa de reciclagem de nutrientes como uma de suas características principais. Esta por sua vez, é decorrente da alta taxa de decomposição de matéria orgânica, a qual é facilitada pela maior taxa de ressuspensão das partículas. Outra característica das lagoas da planície costeira é a presença de grandes áreas cobertas por diferentes espécies de macrófitas aquáticas emersas, que podem, nestes ecossistemas, constituírem-se nos principais produtores primários (Figura 5).

Para as lagoas do "Tabuleiro" poderia ser proposto um modelo de funcionamento considerado "intermitente". Este modelo caracteriza-se pelo isolamento da camada trofotônica (geralmente coincidente com o epilimnio) da camada trofolítica (geralmente coincidente com o hipolimnio). Este fenômeno ocorre durante grande parte do ano, em consequência do processo de estratificação térmica (Figura 5). O isolamento, total ou parcial da camada trofotônica, promove a redução progressiva dos valores de produtividade primária fitoplanctônica no decorrer do período de estratificação térmica, conforme foi observado no lago D. Helvécio por TUNDISI et alii (1981). O fato é de relevância ecológica na medida que, os detritos orgânicos

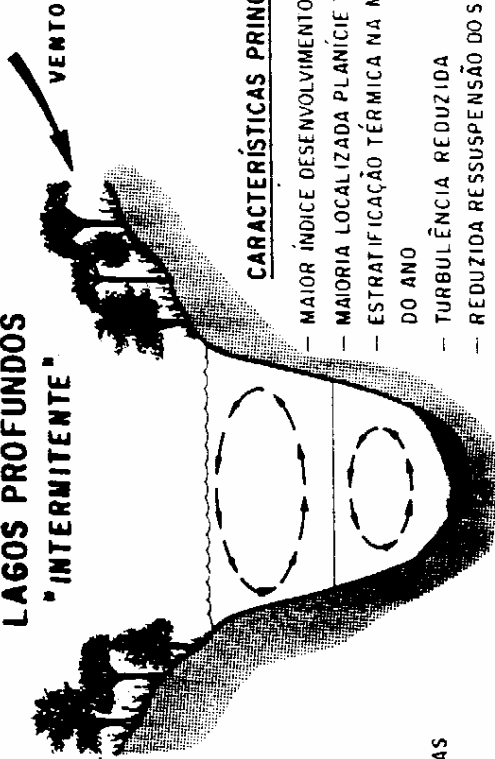
**PADRÃO LIMNOLÓGICO PARA
LAGOS RASOS
"DINÂMICO"**



CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

- MENOR ÍNDICE DESENVOLVIMENTO DE MARGEM
- MAIORIA LOCALIZADAS NA PLANÍCIE COSTEIRA
- ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA QUANDO PRESENTE APENAS DURANTE O DIA
- TURBULÊNCIA ELEVADA
- CONSTANTE RESSPENSÃO DO SEDIMENTO
- PREDOMINÂNCIA, SEDIMENTO MINERAL
- MAIOR TAXA DE RECICLAGEM
- CIRCULAÇÃO EM "CURTO-CIRCUITO" EM TODA COLUNA D'ÁGUA
- O₂ PRESENTE EM TODA COLUNA D'ÁGUA
- PRINCIPAL COMUNIDADE PRODUTORA : MACRÓFITAS AQUÁTICAS
- MAIOR INFLUÊNCIA DO MAR

**PADRÃO LIMNOLÓGICO PARA
LAGOS PROFUNDOS
"INTERMITENTE"**



CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

- MAIOR ÍNDICE DESENVOLVIMENTO DE MARGEM
- MAIORIA LOCALIZADA PLANÍCIE TABULÉIROS
- ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA NA MAIOR PARTE DO ANO
- TURBULÊNCIA REDUZIDA
- REDUZIDA RESSPENSÃO DO SEDIMENTO
- PREDOMINÂNCIA DE SEDIMENTO ORGÂNICO
- MENOR TAXA DE RECICLAGEM
- CIRCULAÇÃO EM "CURTO-CIRCUITO" RESTRITA AO EPILÍMNIO
- DÉFICIT DE O₂ NO HIPOLÍMNIO
- PRINCIPAL COMUNIDADE PRODUTORA : FITOPLÂNCTON
- MENOR INFLUÊNCIA DO MAR

nas lagoas de "Tabuleiro", podem apresentar maior taxa de reciclagem de nutrientes na própria região trofotônica, correspondendo ao que OHLE (1976) denominou de circulação em curto circuito. Tal fenômeno pode ser considerado o principal responsável pela manutenção da produtividade fitoplânctônica, durante os longos períodos de estratificação térmica da coluna d'água.

É importante salientar que diferentes formas de atividades antrópicas, entre estas o lançamento de efluentes e aterros, observados nas lagoas do Aviso e do Meio, tornam estes sistemas diferenciados quanto aos seus padrões limnológicos, dificultando o seu enquadramento nos dois modelos propostos.

Esta pesquisa evidenciou que o sistema lacustre do haixo rio Doce, formado por lagos, lagoas, lagos costeiros e lagunas, apresenta grande importância na medida que mostram uma grande diversidade ecológica. Faz-se, portanto, urgente a tomada de consciência, no sentido de preservar suas características naturais, garantindo, desta maneira, a melhor utilização destes ecossistemas e de suas espécies.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. (1977). Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Geomorfologia, 52:1-22.
- ASMUS, H. E.; GOMES, J. B.; PEREIRA, A. C. B. (1971). Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25. Anais... V. 3 p.236-254.
- BACOCOLI, G. (1971). Os deltas holocênicos brasileiros - uma tentativa de qualificação. Bolet. Tec. PETROBRÁS 14:5-38.
- BANDEIRA JR., A. N.; PETRI S.; SUGUIO, K. (1979). The Doce river delta: an example of a "high destructive wave-dominated: quaternary delta on the Brazilian Atlantic Coast-line State of Espírito Santo. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, Brazil, 1978. Proceeding... p.275-295.
- BANDEIRA JR., A. N.; PETRI, S.; SUGUIO, K. (1975). Projeto rio Doce (relatório final), Rio de Janeiro - PETROBRÁS - CEMPES.
- BARBOSA, F. A. R. (1981). Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca - Parque Florestal do Rio Doce - MG, Brasil. PPG-ERN, UPSCar. 206 p. (Tese de doutorado).
- COUTINHO, J. M. Y. (1974 a). O pré-cambriano do vale do rio Doce como fonte alimentadora de sedimentos costeiros. In: Congresso Brasileiros Geologia, 28. Anais... V.5, p.43-56.
- COUTINHO, J. M. Y. (1974 b). Os minerais pesados de areia na foz do rio Doce. In: Congresso Brasileiro Geologia, 28. Anais... V. 5, p.61-78.
- ESTEVES, F. A.; BARBIERI, R.; ISHII, I.H.; CAMARGO, A. F. M. (1983). Estudos

- limnológicos em algumas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. In: Seminário Regional de Ecologia, 3 São Carlos. Anais... V. 3, p.25-38.
- ESTEVES, F. A.; ISHII, I. H.; CAMARGO, A. F. M. (1984). Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: L. D. LACERDA, D. S. O. ARAUJO E CERQUEIRA (Orgs.) Restingas: origem, estrutura, processos. Niteroi, CEUFF, p.443-454.
- ESTEVES, F. A.; AMORIM, J. C.; CARDOSO, E. L.; BARBOSA, F. A. R. (1985). Caracterização Limnológica preliminar da represa de Três Marias (MG) com base em alguns parâmetros ambientais básicos. Ci. Cult. 37:608-617.
- ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L.; CAMARGO, A. F. M.; ROLAND, F.; THOMAZ, S. M. (1988). Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. Acta Limnol. Brasil. 2:99-127.
- ESTEVES, F. A. (1988). Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro. Editora Interciência/FINEP, 575p.
- GOLTERMAN, B. L.; CLYMO, H. L.; OHNSTAD, M. A. M. (1978). Methods for chemical analysis of freshwatwers, Boston, Blackwell. 214p.
- HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S.; ESTEVES, F. A. (1990). Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. Rev. Bras. Biol. 50:585-598.
- HUTCHINSON, G. E. (1967). A treatise on limnology. II. introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, John Wiley, 1115p.
- KOROLEFF, N. (1976). Determination of nutrients. In: GRASSHOFF. Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemie, Wienhein, 171-181.
- LORENZEN, C. J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments spectrofotometric equation. Limnol. Oceanogr. 12:343-346.
- MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. (1978). Water analysis: some revise methods for limnologists. Fresh water Biological Association, England, 121p.
- MELACK, J. M. & FISHER, T. (1983). Diel oxigen and their ecological implications in Amazon floodplain lakes. Arch. Hydrobiol. 98:422-442.
- NIMER, E. (1977). Clima. Rio de Janeiro, SERGRAF - IBGE, 3:51-89.
- OHLE, W. (1976). General consideration on environmental problems of lakes. In: International Congress Human Environment. Kioto, 383-390.
- PELUG, R. (1969). Überschuttungsrelief des rio Doce, Brasilien. Zeir Geomorph. 13:141-162.
- PONTES, M. C. F. (1980). Produção primária, fitoplâncton e fatores ambientais no lago Don Helvécio, Parque Florestal do Rio Doce-MG. PPG-ERN, UFSCar. 293p. (Dissertação

- de mestrado).
- RADESCA, M. de L. de S. (1968). Hidrografia. In: A. AZEVEDO. Brasil: a terra e o homem (As bases físicas), São Paulo. Cia. Ed. Nacional, cap. 3, p.573-607.
- SAINT-HILAIRE, A. (1974). A viagem ao Espírito Santo e rio Doce. Itatiaia Editora/EDUSP. Belo Horizonte, 121p.
- SUGUIO, K.; MARTING, L.; DOMINGUES, J. M. L. (1982). Evolução da planície costeira do rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: Simpósio do quaternário no Brasil, 4. Atas... p.93-116.
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. (1981). Estudos limnológicos no sistema de lagos do médio rio Doce, MG-BR. II Seminário regional de Ecologia, São Carlos. An. Sem. Reg. Ecol. 2:133-258.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PONTES, M. C.; GENTIL, J. G. (1981). Limnological studies at quaternary lakes eastern Brasil. I. Primary production of phytoplankton and ecological factors at lake D. Helvécio. Rev. Bras. Bot. 4:5-14.
- WEID-NEUWEID, M. (1958). Viagem do Brasil (nos anos de 1815 - 1817). 2ª ed., São Paulo, Liv. Nacional. 536p.

Endereço dos Autores

BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F.; SUZUKI, M. S.
UFRJ - DEPTº ECOLOGIA - CCS - BLOCO A
CIDADE UNIVERSITÁRIA - I. FUNDAÇÃO
21941 - RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL