

O MÍNIMO DE OXIGÊNIO NA COSTA LESTE DO BRASIL ENTRE 7-22°S

ARGEO MAGLIOCCA

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

SYNOPSIS

In the South Atlantic nearly the Brazilian coast, at low latitudes, the layer of minimum oxygen concentration shows distinct values between the Equatorial region (7°S) and the region limited by latitudes of 18-22°S. In the vicinity of the Equator the minimum concentration is remarkably clear (2,0 ml/l at 7°S) and at 22°S the minima values raise up to 4.0-4.5 ml/l. The minimum oxygen layer follows the isopycnics surfaces ($\sigma_t = 26.8-27.2$) in depths of 300-400 m (7°S) and 600-800 m (22°S). The oxygen concentration in this area results from a biochemical and physical processes, due to the presence of poor water Brazil Current southward and the rich one Intermediate Antarctic water flowing northward.

INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos sobre oxigênio dissolvido (OD) no Atlântico Sul aparecem em Seiwel (1937) e Wattenberg (1938). Estudos em torno da camada de mínimo do OD estão em Wüst (1935), Sverdrup (1938), Redfield (1942), Richards (1957), Wyrcki (1962), Bubnov (1966) e Menzel & Ryther (1968) entre outros, envolvendo aspectos teóricos de formação e profundidade de localização nos oceanos.

Sverdrup (1938) conclui que as concentrações de oxigênio são fortemente influenciadas pela atividade biológica (consumo no caso do mínimo) e que portanto a camada de mínimo não pode ser explicada com base na mistura de massas de água. Emilsson (1961) em seu trabalho sobre as massas d'água costeiras e oceânicas nas costas do Brasil, apresenta um modelo de distri-

buição das isolinhas de temperatura e de salinidade das Águas Tropicais, Sub-Tropicais, Água Intermediária Antártica e da disposição da camada de mínimo de OD. Nesse modelo, a camada de mínimo fica situada entre as isohalinas de 35-34‰ e isotermas de 5-10°C em profundidades que variam de cerca de 200-400 m nas latitudes de 0° a 15°S; de 400-600 m de 15°-30°S; de 400-500 m de 30°-40°S e de 200 m a 40-50°S; Wyrтки (1962) ao se referir à região equatorial onde a menor advecção está sob a camada de descontinuidade e o mínimo de OD acima da Água Intermediária Antártica, estabelece que os mínimos de OD não devem ser empregados para a identificação local da camada de fracos movimentos horizontais, mas como indicação de corpos de água estagnada resultantes da circulação oceânica: conclui que os processos bioquímicos são responsáveis pela formação da camada de mínimo e a circulação oceânica pela profundidade dessa camada. Bubnov (1966) postula que a formação da camada de mínimo ocorre nas regiões tropicais a este do Atlântico e que a massa d'água com baixa concentração de oxigênio é distribuída horizontalmente ao longo de superfícies isentrópicas por mistura com massas de água de outras áreas com concentração de oxigênio mais elevada. Apresenta também, mapas de distribuição do mínimo para todo o Atlântico. Menzel & Ryther (1968) interpretam a camada de mínimo como pertencente à história dessa camada, desde que a utilização do oxigênio deve ter ocorrido há muito tempo na história da massa de água em consideração, o que implica que o mínimo é causado bioquimicamente e sua posição determinada pela circulação.

Para esse trabalho sobre OD sob a influência do regime da Corrente do Brasil entre 5-22°S, foram utilizados dados obtidos nas campanhas do N/Oc. "Almirante Saldanha" da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha e dados da expedição Vikindio pelo N/Oc. "Prof. W. Besnard" da Universidade de São Paulo (não publicados). As publicações da D. H. N. são DG-26-XV (1972), DG-20-VII (1974).

RESULTADOS

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL

A apresentação da distribuição regional de oxigênio dissolvido (OD) na costa leste do Brasil segue o critério adotado na Figura 1, cobrindo a re-

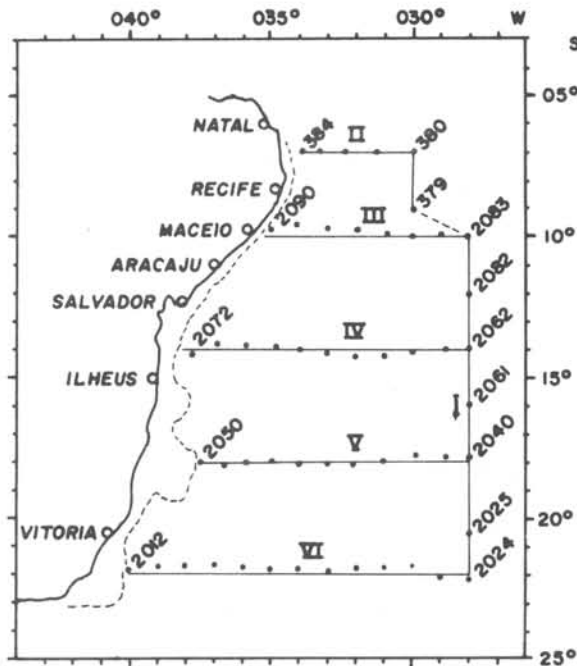


Fig. 1 - Secções discutidas. Observações do N/Oc. "Almirante Saldanha", Cruzeiros: 1959 e 1969.

gião compreendida pela latitude de 7°S , longitudes de 30°W a 35°W e latitude de 22°S , longitudes de 28°W a 40°W . De um modo geral, a profundidade máxima observada foi de 1400 m, exceto para a Secção II na qual as observações chegaram a 3000 m.

Secção I (Fig. 2) - As observações desta secção distam da costa cerca de 780 mn a 22°S , 500 mn a 10°S e 300 mn a 7°S . A distribuição norte-sul na longitude de 28°W mostra os mínimos valores de OD ($1,8 < \text{OD} < 4,0$ ml/l) de 7°S para 22°S , com isolinha de 4,0 ml/l quase à superfície (100 m) a 7°S , mergulhando para o sul, chegando a 500 m em 19°S . O núcleo da camada de mínimo (2,0 ml/l em 7°S e a 350-450 m) mantém-se invariável quanto à posição até 12°S , porém os valores do mínimo vão crescendo progressivamente. A partir de 12°S há uma ligeira inclinação das isolinhas para baixo, até atingir a latitude de 19°S , com 4,0 ml/l. A espessura da camada de água abrangida pelas isolinhas de 4,0 ml/l também sofrem grande alteração na direção norte-sul. Assim, a 7°S as isolinhas de 4,0 ml/l abrangem de 100 a 1150 m e a 19°S estão a 500 m e 750 m. Comparando com os valores físicos, vamos encontrar a camada de mínimo sempre logo abaixo da termoclina que na região equatorial (7°S) está entre 100-300 m e a 16°S a 200-600 m. De um modo geral, a camada

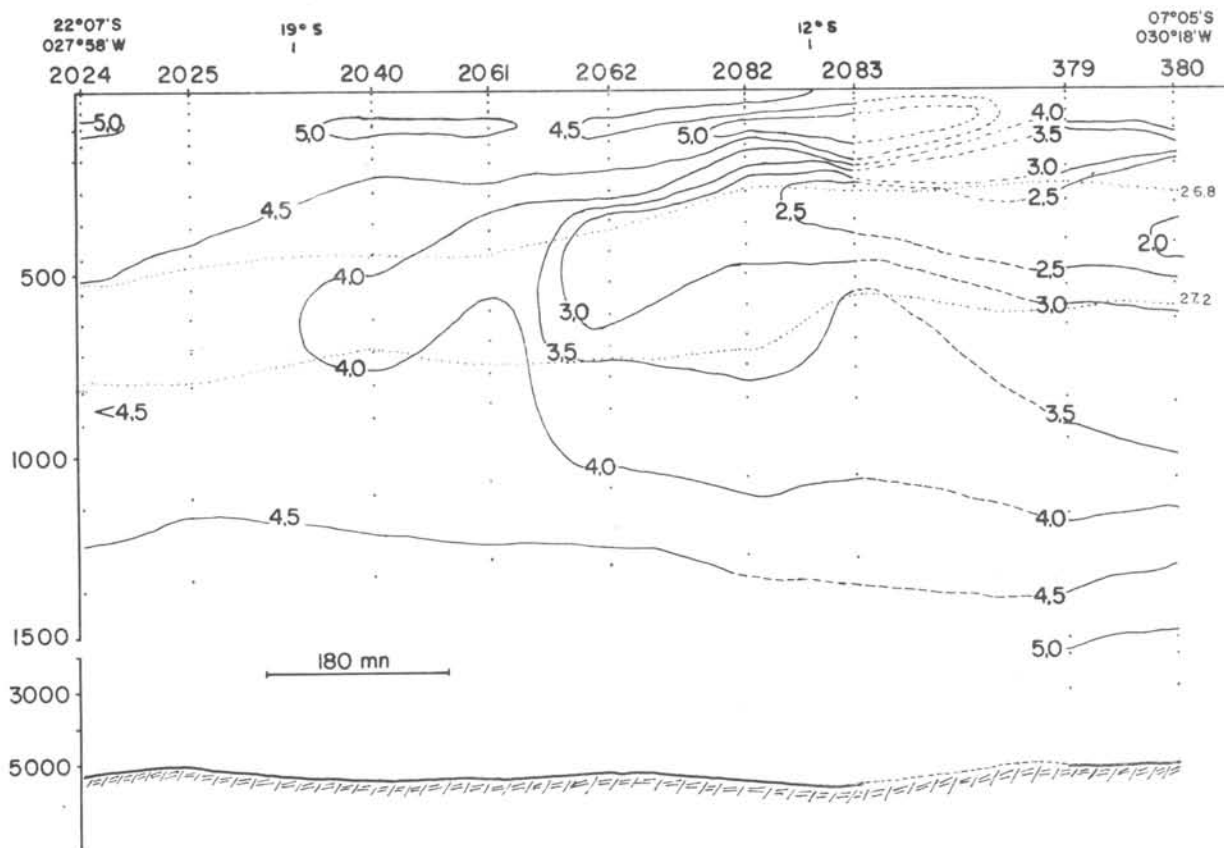


Fig. 2 - Secção I. Distribuição longitudinal de oxigênio dissolvido (ml/l).

de mínimo é caracterizada pelas isotermas de 6-10°C, isohalinas de 34,5-34,8‰ e isopícnicas de 26,8 < σ_t < 27,2. A camada de mínimo (<4,0 ml/l) fica totalmente ausente no extremo sul desta secção de 19°S a 22°S.

Em outra secção norte-sul a 33°W encontramos idêntica situação da secção a 28°W, com a isolinha de 4,0 ml/l, atingindo 17°S, com as mesmas situações. Uma terceira distribuição norte-sul foi traçada com base nas observações mais próximas à costa, estações 2014, 98, 2072, 290 e 384. Esta secção mostra que as estações próximas ao talude têm valores de OD acima de 4,0/ml/l, exceção feita para estação 384 (7°S) na qual valores de 2,0-2,5 ml/l estão a 80 mn da costa.

Para melhor configurar a posição da camada de mínimo de OD para a costa leste do Brasil (7°S-22°S), foram traçadas secções sobre os paralelos de 7°S, 10°S, 14°S, 18°S, 19°S e 22°S, a partir da longitude de 28°W até a costa (Fig.2).

Na secção II a 7°S (Fig. 3) na região equatorial, a camada de mínimo com valores de 1,5-4,0 ml/l toma quase toda a secção até bem próximo à costa (34°39'W), com a isolinha de 4,0 ml/l posicionada de 150 a 1300 m de profundidade. A isolinha de 2,5 ml/l alcança a longitude de 34°W e situa-se entre 200 a 600 m de profundidade. Nos 500 m superficiais, a camada mais estável fica entre 100-200 m com uma diferença de $\sigma_t = +1,58$, exatamente na convergência térmica (de 25,38°C a 100 m para 12,79°C a 200 m) e é abaixo dessa camada estável que se situam os menores valores de OD.

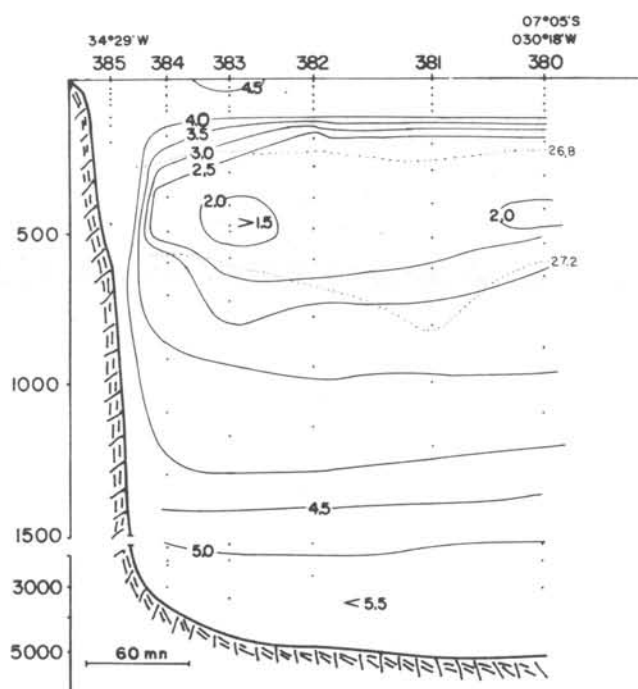


Fig. 3 - Secção II. Distribuição de oxigênio dissolvido ao longo da latitude de 7°S.

A secção III a 10°S (Fig. 4) ainda apresenta situação semelhante a 7°S. A isolinha de 4,0 ml/l demarca a camada de mínimo, porém fica posicionada entre 200 e 1000 m. A isolinha de 2,5 ml/l que na secção a 7°S quase atingia a costa, ficando desta a apenas 30 mn, agora a 10°S ela dista 300 mn. Os valores de OD têm um forte gradiente dos 100 a 300 m, que é também a camada mais estável.

Em 14°S, secção IV (Fig. 5) os valores de 2,5 ml/l desaparecem. A isolinha de 4,0 ml/l oscila entre 200 e 300 m e como limite inferior a oscilação fica entre 450-850 m de profundidade. Os valores de OD já não apresentam uma

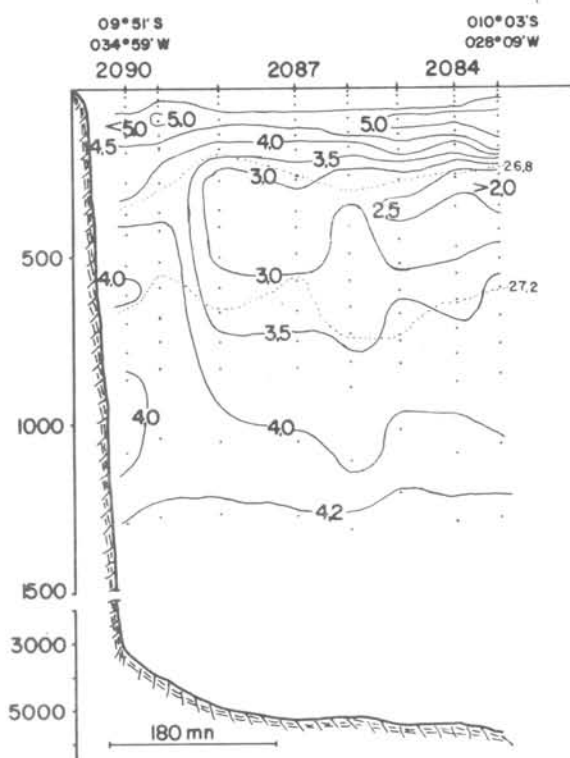


Fig. 4 - Secção III. Distribuição de oxigênio dissolvido ao longo da latitude de 10°S .

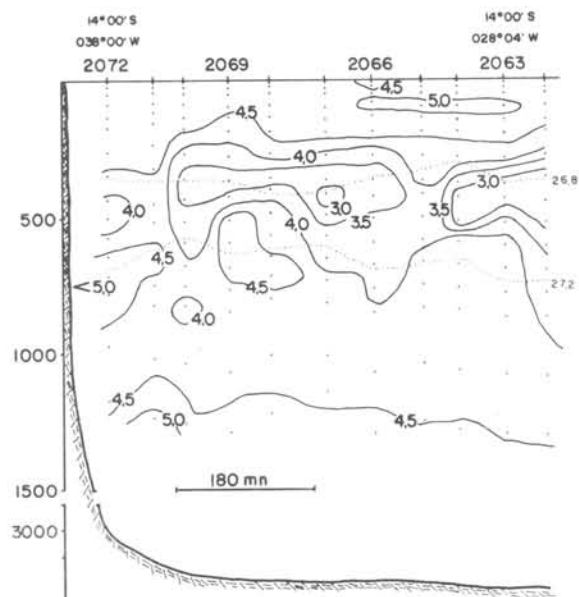


Fig. 5 - Secção IV. Distribuição de oxigênio dissolvido ao longo da latitude de 14°S .

convergência, mas se constituem de núcleos, com exceção para as estações de 2062 a 2064.

Na secção seguinte, a 18°S - secção V (Fig. 6), os valores de 3,0 ml/l desaparecem, restando apenas dois núcleos de valores 3,5-4,0 ml/l, situados entre 500-650 m de profundidade. Os menores valores de OD estão entre as isolinhas de 4,5 ml/l, um pouco mais profundas que as isolinhas de 4,0 ml/l das secções anteriores.

Finalmente a 22°S - secção VI (Fig. 7), apresenta uma configuração totalmente distinta. A camada onde deveriam ocorrer valores abaixo de 4,0 ml/l está ocupada por OD > 4,0 ml/l contendo núcleos de valores 4,5-5,0 ml/l. A isolinha de 4,5 ml/l situa-se entre 500 e 1300 m.

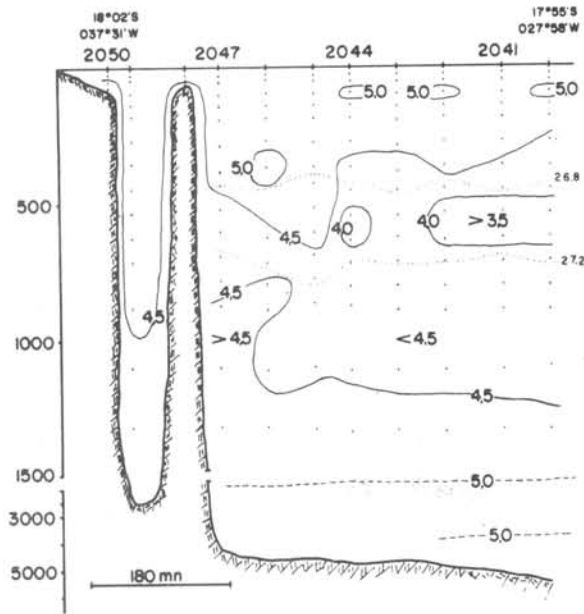


Fig. 6 - Secção V, Distribuição de oxigênio dissolvido ao longo da latitude de 18°S.

PROPRIEDADES FÍSICAS E A CAMADA DE MÍNIMO DE OXIGÊNIO

Os dados do N/Oc. "Almirante Saldanha" constam de observações de primavera e outono. Essa diferença de época acarreta alguma influência no comportamento da Corrente do Brasil que, no inverno, apresenta vórtices em direção à costa brasileira para, no verão, ter um fluxo regular (Emilsson, 1961) de maior intensidade que no inverno (Luedemann & Rock, 1971). Outros autores (Miranda *et al.*, 1970; Silva, 1973; Ikeda, 1976; Signorini, 1976), trabalhando na região ao sul de 21°S, confirmam esse comportamento da Corrente do Brasil.

Na Tabela I estão apresentados os valores médios, em cada profundidade, de temperatura e salinidade de todas as secções estudadas, na camada de 0-1000 m. A 7°S (secção II) há um forte gradiente térmico de 11,92°C de 100 m para 200 m. Essa convergência da temperatura tende a desaparecer na medida em que as observações vão da região equatorial para o sul, onde a diferença de temperatura entre 100-200 m é de 3,13°C. Observa-se ainda que a água de superfície (0-100 m) apresenta temperaturas mais elevadas ao sul da região equatorial do que na própria região equatorial; de 26°C a 7°S a temperatura sobe para 28°C (de 10°S a 18°S) e 27°C a 22°S. A 7°S a camada dos 100 m su-

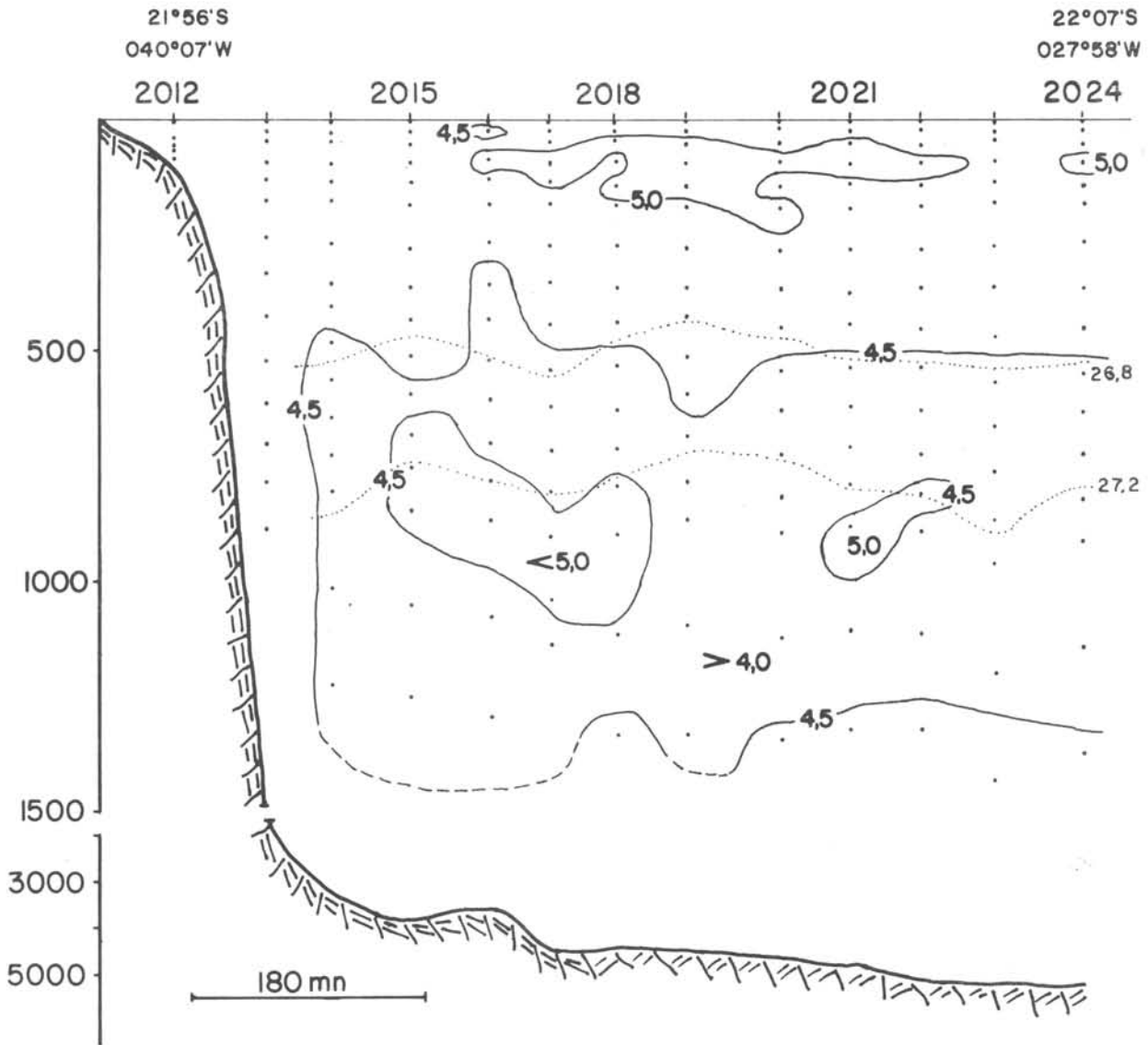


Fig. 7 - Secção VI. Distribuição de oxigênio dissolvido ao longo da latitude de 22°S.

perficiais tem uma distribuição homogênea de temperatura (26,15°C-24,67°C) enquanto que para as demais secções a camada com a distribuição homogênea se restringe aos primeiros 50 m. A isoterma de 10°C que a 7°S está a 290 m de profundidade, vai progressivamente se aprofundando até atingir os 500 m a 22°S.

Quanto à salinidade, observa-se um pequeno acréscimo de 7°S (36,00‰) para 22°S (36,86‰) na superfície. Constata-se sempre um máximo de salini-

Tabela I - Valores médios da temperatura (°C) e da salinidade (‰) para as secções ao longo das latitudes

Estação	380 a 384		2083 a 2090		2062 a 2072		2040 a 2047		2014 a 2024	
Prof.	Secção II-7°S		Secção III-10°S		Secção IV-14°S		Secção V-18°S		Secção VI-22°S	
(m)	°C	‰	°C	‰	°C	‰	°C	‰	°C	‰
0	26,15	36,00	28,23	36,47	28,07	36,78	28,06	36,80	27,19	36,86
100	24,67	36,39	23,72	36,82	24,12	36,81	23,63	36,84	21,27	36,57
200	12,75	35,32	15,58	35,71	18,36	36,00	19,16	36,15	18,14	35,99
300	9,64	34,82	10,55	34,99	13,01	35,19	14,27	35,35	14,47	35,36
400	8,12	34,66	7,96	34,67	9,67	34,75	11,44	34,98	12,25	35,06
500	7,05	34,58	6,52	34,52	7,06	34,50	8,79	34,68	10,00	34,77
700	5,25	34,45	4,84	34,39	4,47	34,34	5,00	34,35	5,79	34,39
1000	4,14	34,56	4,02	34,53	3,88	34,49	3,72	34,48	3,60	34,42

dade sub-superficial (D. H. N., 1974) bem acentuado a 7°S, decaindo até 22°S onde o máximo está a cerca de 50 m de profundidade. A isohalina de 35‰ por sua vez vai se aprofundando de 7°S (cerca de 250 m) para 22°S (cerca de 400 m).

A massa de Água Tropical (Deacon, 1933) ocupa os 100 m superficiais, enquanto que a Água Sub-Tropical atinge os 500 m. A Água Intermediária Antártica está entre os 500 e 1000 m. Para águas mais profundas repete-se a situação geral para o Atlântico Sul.

Na secção I (Fig. 2) os limites da camada de mínimo de oxigênio, com base nas isolinhas de 4,0 ml/l, encontram-se a 100 m e a 1200 m e o centro do mínimo (2,0 ml/l) acha-se entre 350 e 450 m, praticamente na zona de encontro das Águas Sub-Tropical e Intermediária Antártica. Esta situação existente a 7°S permanece a mesma para 10°S e 12°S, porém com um valor do centro de mínimo um pouco mais elevado (2,5 ml/l). De 12°S para 14°S, a camada limitada pelas isolinhas de 4,0 ml/l vai de 400 a 1000 m, onde a salinidade está entre 34,5 e 34,6‰ e a temperatura de 9,1 a 3,9°C (estação 2062). O centro de mínimo começa a se aprofundar (350-600 m) ao mesmo tempo em que toma valores mais altos (3,0 ml/l), numa massa d'água com características de

Água Intermediária Antártica ($34,37^{\circ}/\text{‰}$ e $5,75^{\circ}\text{C}$) na sua parte inferior. Ao atingir a latitude de 19°S a isolinha de $4,0 \text{ ml/l}$ se estreita entre 500 e 750 m com um centro de mínimo de OD = $3,5-4,0 \text{ ml/l}$ com características físicas de $34,60^{\circ}/\text{‰}$ e $8,39^{\circ}\text{C}$ no limite superior da camada e $34,34^{\circ}/\text{‰}$ e $4,40^{\circ}\text{C}$ no limite inferior, característica esta tipicamente de Água Intermediária Antártica. De 19°S para 22°S , a isolinha de $4,0 \text{ ml/l}$ desaparece ficando a camada de 500 a 1200 m dominada por valores de OD = $4,0-4,5 \text{ ml/l}$, limitada superiormente por valores de $34,72^{\circ}/\text{‰}$ e $9,80^{\circ}\text{C}$ e inferiormente por $34,53^{\circ}/\text{‰}$ e $3,31^{\circ}\text{C}$. O limite superior é caracteristicamente de Água Sub-Tropical e o inferior de Água Intermediária Antártica (Thomsen, 1962). Essa situação corresponde ao perfil sobre a longitude de 28°W .

Os mínimos de salinidade (Tab. II) estão situados abaixo dos centros de mínimo de OD, porém sempre envolvidos pela isolinha de 4 ml/l . As ocorrên-

Tabela II - Profundidade (m) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do mínimo de salinidade ($^{\circ}/\text{‰}$)

Est.	380	379	2083	2082	2062	2061	2040	2025	2024
Prof.	865	700	761	700	871	770	700	713	818
Temp.	4,24	4,84	5,07	4,14	4,14	4,13	4,81	4,93	4,43
Sal.	34,42	34,42	34,40	34,37	34,33	34,24	34,32	34,25	34,31

cias do mínimo de OD, nas duas secções limites, estão nas superfícies de $\sigma_t = 26,84-27,16$ para 7°S e $\sigma_t = 26,71-26,97$ para 22°S (Tab. III). Pode-se acompanhar os valores mínimos de OD de N para S pelas superfícies de igual densidade ($\sigma_t = 26,8-27,2$), as quais se mantêm em mesma profundidade para cada secção ao longo das latitudes, mas na secção longitudinal (Fig. 2) as superfícies de igual densidade vão se apronfundando de 7°S para 22°S .

A relação TS (Fig. 8) para as estações extremas da área estudada mostra que para uma dada temperatura a salinidade é sempre menor a 22°S em relação a 7°S ; esse fato, no entanto, é válido para temperaturas inferiores a 16°C . Acima dessa temperatura a situação inverte-se, passando a salinidade a 22°S a ser mais elevada. A salinidade de $\sim 35,6^{\circ}/\text{‰}$ e a temperatura de $\sim 16^{\circ}\text{C}$ estão

Tabela III - Profundidade (m) do mínimo de oxigênio dissolvido (ml/l) e máximo de fosfato ($\mu\text{M/l}$)

LATITUDE 7°S										
Est.*	380		381		382		383		384	
Prof.	420	400	508	278	930	492	1161	490		
OD	1,85	2,29	-	2,29	-	1,77	-	2,16		
Fosf.	3,00	-	2,76	-	2,60	-	3,60	2,50		
τ_t	27,06	26,91	27,01	26,84	27,38	27,15	27,62	27,16		
LATITUDE 22°S										
Est.*	2014		2015		2016		2017		2018	
Prof.	555	1010	589	839	433	860	622	1128	620	889
OD	4,26	-	4,42	-	4,44	-	4,19	-	4,05	-
Fosf.	-	1,87	-	2,38	-	2,59	-	2,34	-	2,20
τ_t	26,83	27,27	26,94	27,30	26,71	27,28	26,96	27,42	26,97	27,31

* - N/Oc. "Almirante Saldanha" - (D. H. N., 1972; 1974)

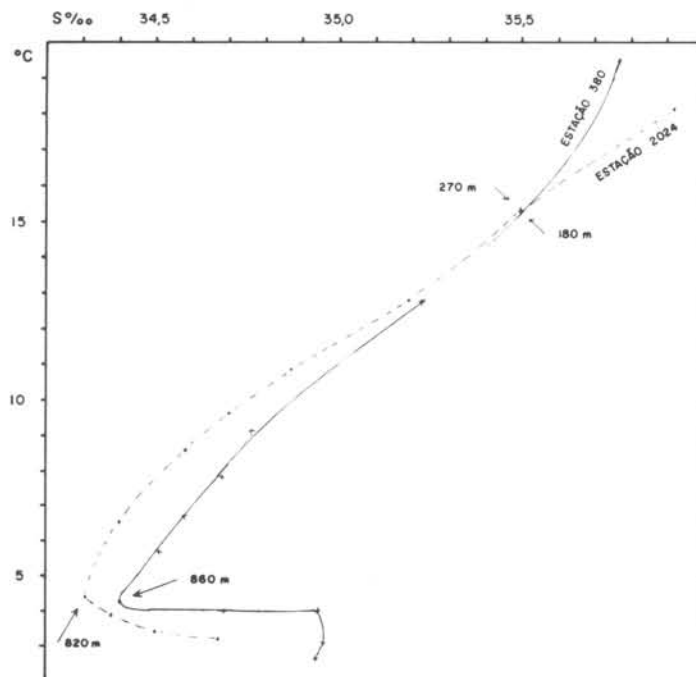


Fig. 8 - Relação TS da estação 380 em 7°05'S e 30°18'W e da estação 2024 em 22°08'S e 27°58'W.

em profundidades diferentes para cada estação verificada. Assim, para a estação 2024 (22°S) esse fato ocorre a ~270 m, enquanto que para a estação 380 (7°S) a ~180 m, isto é, junto à parte inferior da termoclina.

Menzel & Ryther (1968) apresentam uma relação TS para duas estações de observação do "Atlantis II", uma a 8°S e 30°W e outra para 36°S e 53°W. Nossa relação TS apresenta uma configuração semelhante, contudo algumas diferenças são observadas na massa de água com características idênticas de temperatura e salinidade. No primeiro caso, essa identidade ocorre a ~12,5°C e ~35,2‰, enquanto que para as observações do N/Oc. "Almirante Saldanha" acontece a ~15,3°C e ~35,5‰, indicando que para 22°S a massa de água é um pouco mais aquecida e salina que a 36°S.

MÁXIMOS DE FOSFATO INORGÂNICO

Richards (1957) postula que o mínimo de OD deve coincidir com o máximo de fosfato. Essa coincidência não é constatada pelas observações do N/Oc. "Almirante Saldanha".

Apresentamos na Tabela III as ocorrências de mínimo de OD e máximo de fosfato. Para a estação 380 há uma completa coincidência entre o mínimo de oxigênio (1,85 ml/l) e o máximo de fosfato inorgânico (3,00 µM/l). Porém, esse fato não se repete sistematicamente para todas as estações aqui estudadas. Muitas vezes o máximo de fosfato ocorre abaixo (cerca de 500 m) do mínimo de oxigênio. Na estação 2084, o mínimo de oxigênio (2,29 ml/l) está a 264 m de profundidade (10,66°C e 34,99‰) e o máximo de fosfato (2,25 µM/l) ocorre a 874 m (4,18°C e 34,40‰); para a estação 2024, o mínimo de oxigênio (4,15 ml/l) situa-se a 635 m (6,54°C e 34,40‰) enquanto o máximo de fosfato (2,61 µM/l) está a 910 m (3,92°C e 34,38‰). Para ambas as estações, o máximo de fosfato coincide com a inversão da salinidade, ou seja, Água de Fundo. Parece, pois, que as posições do mínimo de oxigênio e máximo de fosfato ficam na dependência da circulação oceânica com seus processos de mistura.

DISCUSSÃO

Uma das condições para a formação de uma camada de mínimo de oxigênio é de que exista o consumo desse oxigênio. Esse consumo é bioquímico (Seiwell, 1937; Wyrcki, 1962; Bubnov, 1966; Menzel & Ryther, 1968), apesar de que a temperatura, a natureza da matéria a ser oxidada e certos processos microbiológicos, devem retardar ou acelerar o processo de consumo de oxigênio dissolvido. A própria concentração, maior ou menor de oxigênio, numa massa de água determina maiores ou menores valores de mínimo de oxigênio.

Pelas situações encontradas a 7°S, 22°S e secções intermediárias da costa leste do Brasil, isto é, existência de uma acentuada camada de mínimo (7°S) ou praticamente inexistência dessa camada (22°S) e ainda o fato de estar essa camada próximo à superfície na região equatorial, aprofundando na medida em que se desloca para o sul, parece claro que a posição da camada de mínimo tem dependência com a circulação oceânica. Dada a sua posição entre duas massas d'água bem distintas, Água Sub-Tropical e Água Intermediária Antártica, no caso da costa leste, fica a impressão de que o mínimo de oxigênio dissolvido está situado na camada de menor movimento horizontal (Seiwell, 1937).

Como ficou visto nos comentários sobre as propriedades físicas, a camada de mínimo está limitada pela Água Intermediária Antártica, observando-se que a 7°S, onde essa camada é acentuada, ocorre nas superfícies de $\sigma_t = 26,84-27,16$, enquanto que para 22°S de $\sigma_t = 26,71-26,97$. Essa menor densidade deve-se a uma mistura de massas de água na altura do Cabo de São Tomé (22°S), o que também provoca que os valores mínimos de OD sejam bem mais altos que a 7°S. Essa observação coincide com a hipótese de Wüst (1935), apesar de Wüst assumir que a demanda bioquímica de oxigênio não sofre alteração significativa por movimentos horizontais, o que constitui uma hipótese válida, embora não seja correta a sua aplicação universalmente (Bubnov, 1966).

Alguns autores dão como causa bioquímica a origem do mínimo de OD, desde que ele ocorre frequentemente associado com superfícies de igual densidade ($\sigma_t = 27,0$). Tomando-se em consideração a densidade dos detritos orgânicos ($\sim 1,027$) eles estariam se acumulando em isopícnicas de $\sigma_t = 27,0$, provocando assim um alto consumo de oxigênio nessa camada e, conseqüentemente, um au-

mento em dióxido de carbono (Miyake & Saruhashi, 1956). Contudo, no caso particular aqui estudado, encontramos o mínimo de OD em $\sigma_t = 26,84-27,16$ com limites que podem ser mais amplos e muitas vezes o decréscimo de oxigênio não pode ser atribuído tão somente a uma contínua oxidação da matéria orgânica (Menzel & Ryther, 1968; Bubnov, 1966). A conclusão de Miyake & Saruhashi (1956) de que o local de alta produtividade e a distribuição vertical da densidade são os fatores que determinam a variação vertical de OD e a ocorrência da camada de mínimo, não encontra suporte nas observações do N/Oc. "Almirante Saldanha" (D. H. N., 1972; 1974) na costa leste brasileira.

Os movimentos de mistura (advectivos e convectivos) numa determinada área, podem alterar uma distribuição de oxigênio, como ocorre a 22°S. A configuração das isolinhas nas diversas seções permite supor que a camada de mínimo faz sua penetração para a costa brasileira no sentido leste-oeste. É provável que exista formação de corpos de água com consumo de OD (4 a 3 ml/l) nessa região dependendo da época do ano, intensificando ou desaparecendo em virtude dos processos de mistura provocados pelo deslocamento do eixo da Corrente do Brasil.

Alguns autores (Wattenberg, 1938 e Richards, 1957) afirmam que a presença de um máximo de fosfato inorgânico ocorre junto ao mínimo de oxigênio, dado que uma quantidade equivalente de fósforo é liberada quando o oxigênio é consumido. O que parece contraditório é a afirmativa de que os dois centros devem coincidir. As observações na costa leste mostram que essa coincidência não constitui uma regra, mas só ocorre em condições especiais.

A coincidência do mínimo de oxigênio e o máximo de fosfato acontece somente quando as condições locais forem adequadas, isto é, quando os valores de oxigênio e fosfato forem os mesmos nos limites superior e inferior da camada (Wyrski, 1962). Semelhante disposição pode ser estendida para as concentrações de nitrato, enquanto que para o nitrato aplica-se a situação geral da região equatorial, isto é, ausência quase total de nitrogênio nessa forma (Magliocca, 1971).

Provavelmente o mínimo de OD verificado pelo N/Oc. "Almirante Saldanha", com base nos perfis de distribuição, tenha sua origem a leste do Oceano Atlântico Tropical e distribuído horizontalmente ao longo de superfícies

isentrópicas (Menzel & Ryther, 1968) sem associação com camadas de mínimo movimento horizontal e vertical (Sverdrup, 1938).

Os resultados aqui discutidos são baseados em observações hidrográficas. Para uma melhor compreensão dos fatores que controlam a formação do mínimo de OD e sua posição no Atlântico Sul (7°S-22°S) junto à costa brasileira, há necessidade de estudos mais intensos de ordem física e de alterações bioquímicas determinantes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FINEP pelo suporte financeiro através do Subprojeto-Química, do Convênio IOUSP/FINEP. Agradecemos também ao Sr. Gilberto Ivo Sarti pela confecção dos gráficos e à Sra. Leni A. Cardozo pelo preparo das tabelas.

BIBLIOGRAFIA

- BUBNOV, V. A. 1966. The distribution pattern of minimum oxygen concentrations in the Atlantic. *Oceanology*, 6:193-201.
- DEACON, G. E. R. 1933. A general account of the hydrology of the South Atlantic Ocean. "Discovery" Rep., 7:171-238.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1972. XXXIX Comissão Oceanográfica. Operação Leste. N/Oc. "Almirante Saldanha". (10/4 a 24/5/69). D. H. N., 25-XV.
-
1974. IX Comissão Oceanográfica. N/Oc. "Almirante Saldanha". (16/8 a 16/10/59). D. H. N., 20-VII.
- EMILSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters of southern Brazil. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 11(2):101-112.
- IKEDA, Y. 1976. Variação em escala média da temperatura e da salinidade do mar na região entre a Baía de Guanabara e Cabo Frio (17/8 a 26/8/71). *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 25(2):221-280.
- LUEDEMANN, E. F. & ROCK, N. J. 1971. Studies with drift bottles in the region of Cabo Frio. In: Costlow Jr., J. D., ed. - *Fertility of the sea*. New York, Gordon & Breach, v. 1, p. 267-283.

- MAGLIOCCA, A. 1971. Some chemical aspects of the marine environment off the Amazon and Pará rivers, Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 20(1):61-84.
- MENZEL, D. W. & RYTHER, J. H. 1968. Organic carbon and the oxygen minimum in the South Atlantic Ocean. Deep-Sea Res., 15:327-337.
- MIRANDA, L. B. de; IKEDA, Y. & MASCARENHAS JR., A. da S. 1970. Flutuações da Corrente do Brasil e variações da distribuição horizontal da temperatura na região costeira entre Cabo de São Tomé e Ilha de São Sebastião em janeiro-fevereiro e abril de 1970. Cad. Ciênc. Terra, (5):13-14.
- MIYAKE, Y. & SARUHASHI, D. 1956. On the vertical distribution of dissolved oxygen in the ocean. Deep-Sea Res., 3:242-247.
- REDFIELD, A. C. 1942. The processes determining the concentration of oxygen, phosphate and other organic derivatives within the depths of the Atlantic Ocean. Pap. Phys. Oceanogr. Meteor., 9(2):1-22.
- RICHARDS, F. A. 1957. Oxygen in the ocean. Mem. geol. Soc. Am., 1:185-238.
- SEIWELL, H. R. 1937. The minimum oxygen concentration in the western basin of the North Atlantic. Pap. Phys. Oceanogr. Meteor., 5(3):1-24.
- SIGNORINI, S. R. 1976. Contribuição ao estudo da circulação e do transporte de volume da Corrente do Brasil entre Cabo de São Tomé e a Baía de Guanabara. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 25(2):157-220.
- SILVA, P. de C. M. da 1973. A ressurgência em Cabo Frio. Publção Inst. pesq. Marinha, (078):1-56.
- SVERDRUP, H. U. 1938. On the exploration of the oxygen minima and maxima in the oceans. J. Cons. perm. int. Explor. Mer., 13:163-172.
- THOMSEN, H. 1962. Masas de agua características del oceano Atlántico. Argentina, Servicio de Hidrografia Naval, Pub. H 632.
- WATTENBERG, H. 1938. Die Verteilung des Sauerstoffs und des Phosphats im Atlantischen Ozean. Wiss. Ergebn. dt. atlant. Exped. "Meteor", 9(2): 1-132.
- WÜST, G. 1935. Schichtung und Zirkulation des Atlantischen Ozeans. Die Stratosphäre. Wiss. Ergebn. dt. atlant. Exped. "Meteor", 6(1):109-288.
- WYRTKI, K. 1962. The oxygen minimum in relation to ocean circulation. Deep-Sea Res. Oceanogr. Abstr., 9:11-23.

(Recebido em 13/outubro/1977)