

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS CORRENTES DE SUPERFÍCIE DIANTE DA  
COSTA LESTE BRASILEIRA (18°30'S - 20°00'S até 38°40'W)

Recebido em 11/setembro/1974

ELLEN F. LUEDEMANN

*Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*

---

SYNOPSIS

This paper deals with the results of drift bottles released in front of the State of Espírito Santo, off the east coast of Brazil (18°30'S to 20°00'S and 38°40'W to the coast) during the "Rio Doce Project", in July, 1972. Twenty six bottles (10,8%) were recovered out of 240; 52% of those bottles drifted to the south, 40% to the north and 8% directly to the coast.

These recoveries may suggest the existence of two branches of the Brazil Current. The coastal one was traced from São Mateus to Ponta de Guriri, with a relatively high velocity of 1 knot. The other branch with a much lower velocity of 1/4 knot is indicated by the observed recoveries up to 27°50'S - 48°34'W, 800 nm of their release stations south of the Abrolhos Islands.

Hydrodynamic instabilities such as eddies and meanders seem responsible for the retardation of the velocity of the current at the southern part (area of Cabo São Tomé - Cabo Frio).

Prevailing south and southeast winds cause the complex pattern of surface circulation in front of São Mateus and Rio Doce.

---

INTRODUÇÃO

Aproveitando a oportunidade que nos foi oferecida pelo M. Sc. Frank Shaffer, coordenador da Missão oceanográfica do "Projeto Rio Doce"\*, realiza-

---

\* - Convênio PETROBRÁS/USP

PUBL. Nº 363 DO INST. OCEAN. DA USP.

mos lançamentos de garrafas-de-deriva no cruzeiro efetuado em julho de 1972. A área estudada, diante da foz do Rio Doce, está compreendida, aproximadamente, entre os paralelos de 18°30'S e 20°00'S a partir da costa até a longitude de 38°40'W. A nossa finalidade específica, era obter informações a respeito da circulação em superfície, diante deste trecho da costa brasileira.

Por estarmos empenhados, na época, em outros lançamentos de corpos-de-deriva a nossa contribuição para este projeto só pode ser modesta. Contudo, os resultados não deixam de ser expressivos.

Quanto à técnica aplicada, está descrita em Luedemann (1969) e Magliocca & Luedemann (1970); de um modo geral, são lançadas dez garrafas em cada estação, contendo cada uma delas um determinado lastro de areia que a deixa flutuar, com 2 cm do gargalo fora da água. Dentro das garrafas vai um questionário, solicitando seu preenchimento com informações de data, hora, local de encontro e posição geográfica exatas. Os trajetos, representados nas figuras, têm somente finalidade ilustrativa da direção percorrida. Sempre que possível, os resultados são interpretados em correlação com propriedades oceanográficas (massas de água, através de dados de temperatura e salinidade) e fatores meteorológicos disponíveis. Calculamos a velocidade média das correntes observadas

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

onde:

$\Delta s$  representa a distância percorrida (em linha reta) e

$\Delta t$  o tempo gasto pela garrafa, desde o lançamento até o seu encontro.

Esse valor médio é quase sempre abaixo da média real, pois, dificilmente o percurso será retilíneo. Costumamos expressar a velocidade em milhas náuticas por dia (24 horas), ou em nós (1 milha náutica por hora). Aqui as distâncias e velocidades foram calculadas através de um programa - IOCE 0101 - para o computador IBM/360 (baseado em fórmulas de trigonometria esférica), empregado a bordo do N/Oc. "Hudson" e adaptado por Dr. N.J. Rock.

## RESULTADOS

Lançamentos de 240 corpos-de-deriva foram efetuados em 24 estações oceanográficas, distando estas de 5-65 mn da costa, na sua maioria sobre a plataforma continental, algumas já sobre o talude (Fig. 1).

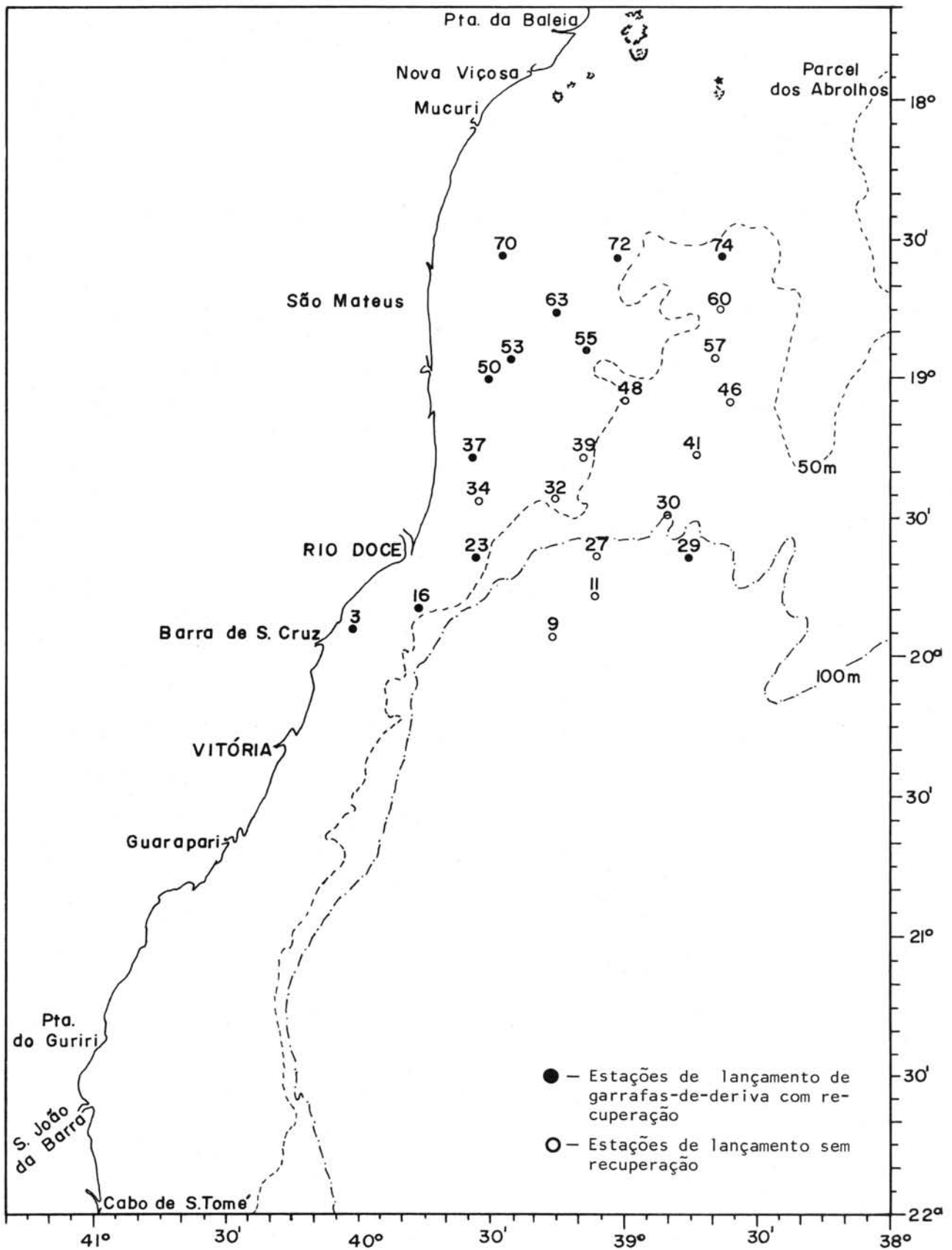


Fig. 1 - Estações de lançamento das garrafas-de-deriva (03/07/72 - 17/07/72).

O índice de recuperação foi de 10,8%, ou sejam, 26 garrafas, sendo que dessas 52% se dirigiram para o sul, 40% para o norte e 8% para a costa fronteira.

A circulação em superfície sobre este trecho da plataforma continental apresenta um padrão variado de movimentos dirigidos para o sul e para o norte, com uma forte predominância, contudo, para o sul (Fig. 2). Este fluxo foi observado através de recuperações de garrafas-de-deriva que percorreram longas distâncias de 300 mn até 805 mn (Papagaio, SC: 27°50'S - 48°34'W), com velocidades de 4-6 mn/dia (Fig. 3). Estes corpos-de-deriva provinham de estações de lançamento de 33-65 mn distantes da costa (n<sup>os</sup> 72, 74, 55 e 29). Das 11 estações restantes, dentro desta mesma área, não houve recuperações.

Na faixa entre 28 mn e a costa, os movimentos tornam-se complexos. Ao norte da latitude 18°45'S, de 17-23 mn da costa, o fluxo observado está orientado para o norte; sua velocidade foi estimada entre 2-8 mn/dia ou 1/3 de n<sup>o</sup>, conforme resultados obtidos através das garrafas lançadas nas estações 63 e 70, encontradas em Mucuri (18°05'S - 39°33'W) e Nova Viçosa (17°55'S - 39°22'W) na Bahia.

Mais próximo à costa, os resultados de duas estações são muito significativos: da estação 53, quatro corpos-de-deriva percorreram uma distância de 170 mn até Ponta de Guriri, todos com a mesma velocidade elevada de 24 mn/dia ou 1 n<sup>o</sup>. Este valor é de 4-6 vezes maior que aquele observado para as garrafas das estações mais afastadas da costa; é o mais elevado dentro deste estudo. Da estação 37, mais ao sul, duas ou três garrafas apresentam uma velocidade igualmente elevada de 16 mn/dia ou 2/3 de n<sup>o</sup> para o mesmo percurso até Guriri.

Em frente a São Mateus, os movimentos costeiros são indefinidos: da mesma estação 53 fluem para o sul, para a costa e para noroeste, e da estação 50, ligeiramente para noroeste. Essas últimas recuperações apresentam velocidades bem baixas de 1,3-3,5 mn/dia.

Nas proximidades da foz do Rio Doce temos uma situação semelhante: 20 mn ao sul desta, bem próximo à costa (estação 3), as garrafas derivaram para noroeste, convergindo para a parte sul e norte desta desembocadura, com velocidade média de 3 mn/dia, enquanto que, a 10 mn a sudeste dessa (estação 16), os corpos-de-deriva foram deslocados para sudoeste com velocidade > 3,7 mn/dia. Da estação 23, 12 mn a leste da foz, observou-se fluxo para noroeste com uma velocidade média > 4 mn/dia.

#### DISCUSSÃO

De um modo geral, a circulação de superfície, durante o período e na área de estudo do "Projeto Rio Doce", apresentava duas feições bem características:

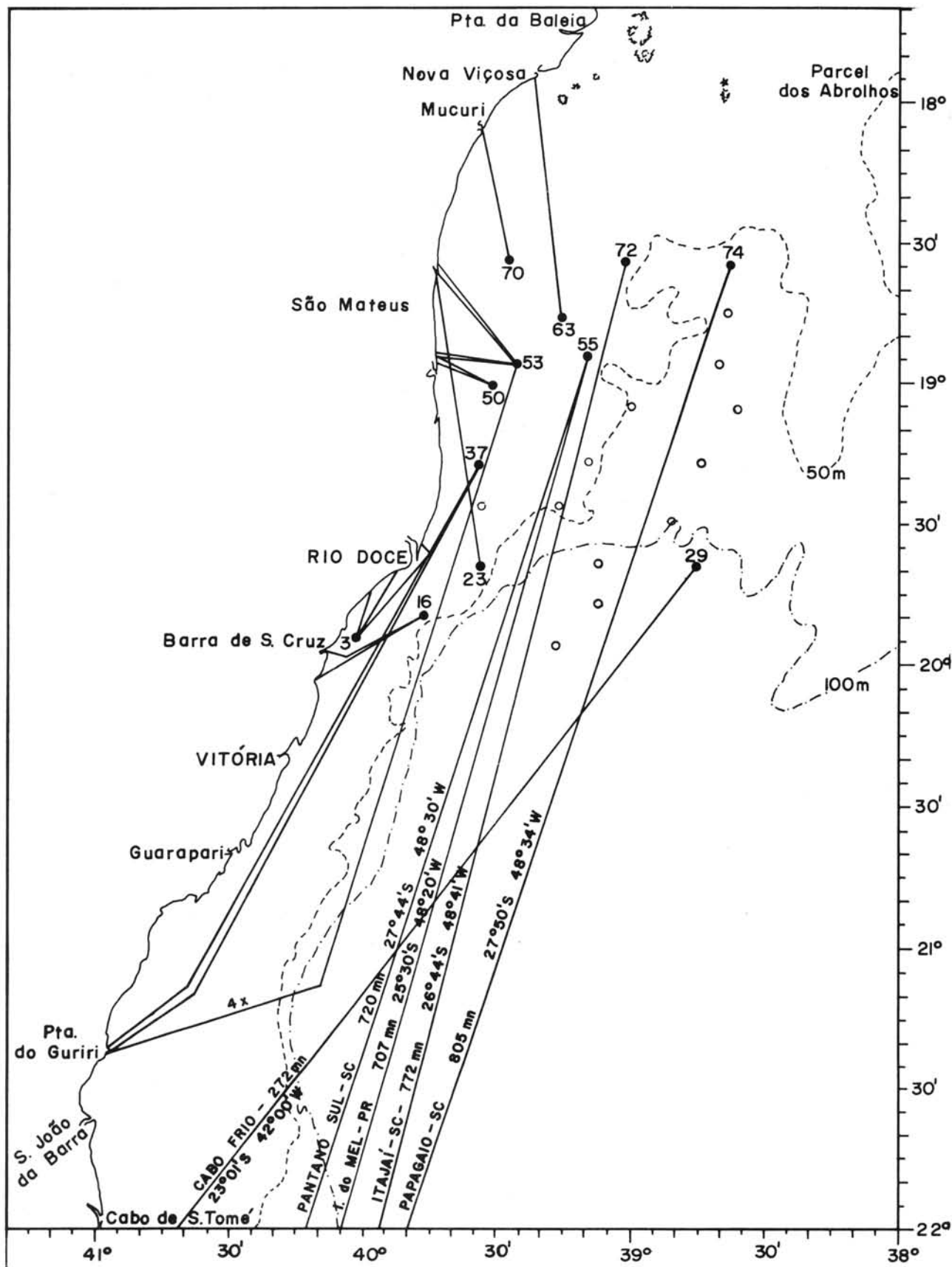


Fig. 2 - Distâncias percorridas pelos corpos-de-deriva entre locais de lançamento e de encontro. (Esquema ilustrativo).

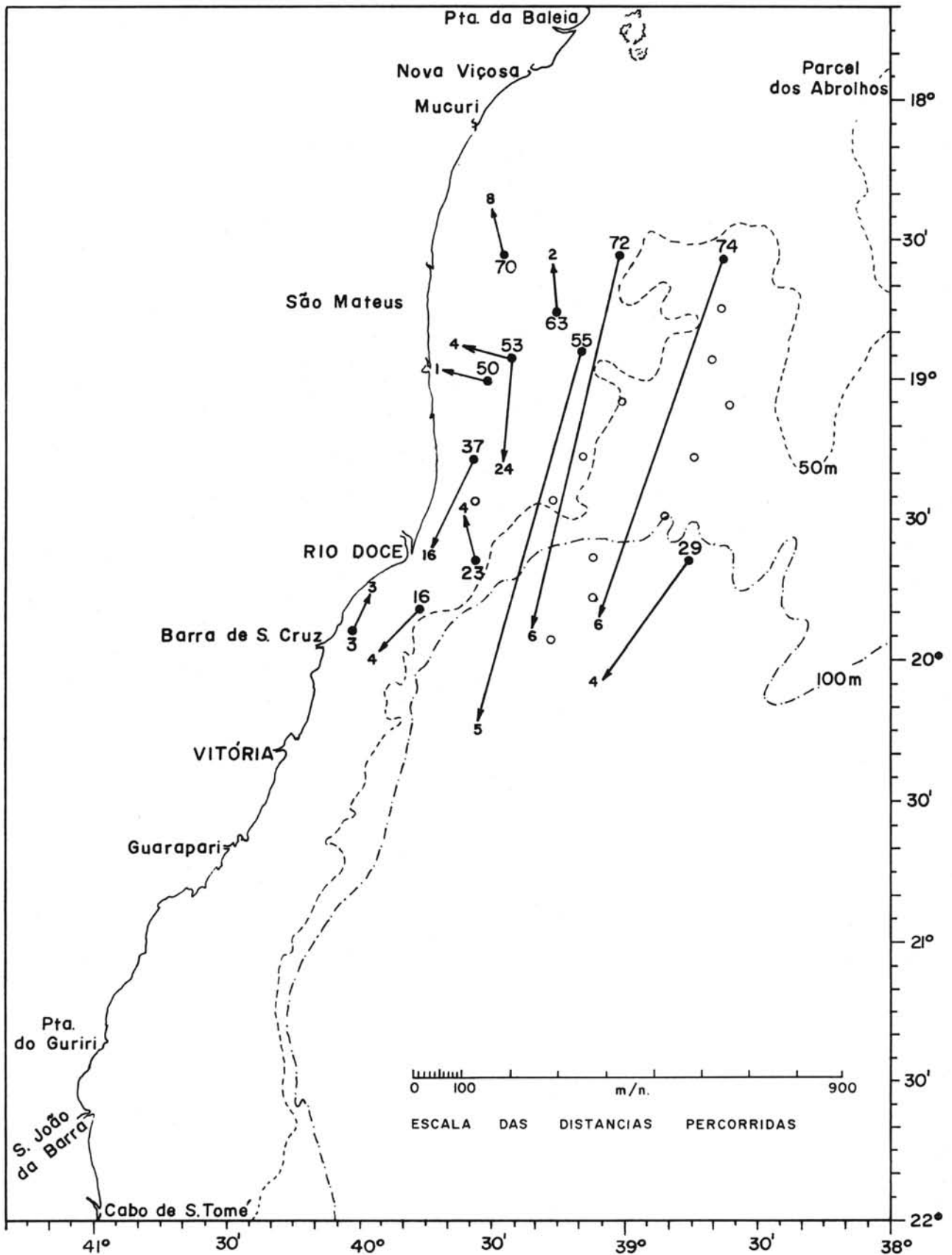


Fig. 3 - Velocidades mais significativas indicadas pelos algarismos menores em mn/d ao lado dos vetores representativos das distâncias percorridas (proporções válidas para distâncias a partir de 100 mn). Os algarismos maiores indicam o número da estação.

na região central da plataforma continental um nítido deslocamento das águas em direção sudoeste, evidenciado pelas garrafas-de-deriva lançadas nessa área. Estas, encontradas em Santa Catarina, após longos percursos de 700-805 mn, com velocidades médias estimadas de 4-6 mn/dia (Figs 2-3), indicam tratar-se da Corrente do Brasil. O elevado teor de salinidade  $\geq 37,0^{\circ}/\text{oo}^*$ , observado em diversas profundidades (estações 55 - 26 m; 72 - 39 m; 74 - 51 m), confirmam essa suposição. O segundo aspecto da circulação, ao contrário, mostra na região costeira movimentos bem complexos: de um lado, um forte fluxo de águas, igualmente de salinidade alta ( $36,8^{\circ}/\text{oo}$  a 11 m e  $37,0^{\circ}/\text{oo}$  a 20 m)\*, para sudoeste (estações 37 e 53 respectivamente), comprovado pela recuperação de seis garrafas-de-deriva na Ponta de Guriri, todas com velocidades representativas entre 3/4 a 1 nã, máximas observadas neste estudo. Deve tratar-se de um ramo da Corrente do Brasil.

Schott (1942) observou que a parte sul da Corrente do Brasil, em comparação com a porção compreendida entre o Arquipélago dos Abrolhos e o Cabo de São Tomé, apresentava uma velocidade reduzidíssima; baseava-se principalmente em dados de deriva de navios. Deve haver, portanto, fatores que expliquem esse retardamento da velocidade. Emílsson (1961) cita e D.H.N. (1957, 1960) entre outros, observou meandros e vórtices na área próxima e diante de Cabo Frio. Mascarenhas et al. (1971) localizaram vórtices, a nordeste e ao sul da área estudada, e meandros no curso da Corrente do Brasil, sobre a plataforma continental, que atribuíram a efeitos da topografia do fundo.

Esses fenômenos, que provavelmente também aparecem em outros trechos da plataforma continental, explicariam a diminuição da velocidade da Corrente do Brasil na sua porção sul (Luedemann & Rock, 1971).

Signorini (1974), além de localizar na mesma área, em viagens recentes entre Cabo de São Tomé e a Baía da Guanabara, também vórtices com feições semipermanentes, observou, igualmente no inverno, em julho de 1973, um ramo da Corrente do Brasil (ao sul do Cabo de São Tomé até a sudoeste do Cabo Frio), com velocidades muito mais elevadas ( $\approx 1,4$  nã) que aquela da corrente da plataforma continental. Esse fato viria confirmar o que foi observado, durante o "Projeto Rio Doce" em julho do ano anterior, para a porção ao sul de São Mateus até a Ponta Guriri.

Por outro lado, ao norte da latitude de  $18^{\circ}40'S$ , a garrafa-de-deriva, recuperada em Mucuri, revela movimentos dirigidos para o noroeste, com velocidade de 8 mn/dia. Não temos elementos exatos para analisar qual a massa de água em superfície; sabemos, contudo, que a salinidade elevada de  $36,95^{\circ}/\text{oo}$  a 14 m de profundidade, observada para a estação de lançamento nº 70, sugere tratar-se igualmente de águas do tipo Tropical nessa profundidade. Esses movi-

---

\* - Ver lista da Salinidade do Relatório Geral do Projeto Rio Doce. Não foram efetuadas medições de temperatura; as de salinidade são todas de profundidades diversas, sempre abaixo de 10 m.



mentos, dirigidos para noroeste, mostram bem a influência dos ventos que sopram do quadrante sul durante a década de 11-20/07/72 conforme registro da estação meteorológica de São Mateus (Fig. 4).

Bem próximo à costa, onde a interferência de múltiplos fatores é especialmente intensa (meteorológica, oceanográfica e terrestre), os fluxos apresentam-se extremamente complexos, como podemos observar, por exemplo, nas estações 50 e 53, diante de São Mateus. Das dez garrafas lançadas na estação 53 é interessante notar que quatro foram recuperadas na Ponta de Guriri, após sete dias (170 mn), enquanto que outras quatro foram encontradas próximas ao local de lançamento (duas recuperadas ao norte de São Mateus, após 8 dias e as outras duas, ao sul desta localidade, após 14 dias); das dez garrafas lançadas na estação 50, duas foram achadas ao sul de São Mateus, após 11 e 12 dias, respectivamente.

As recuperações das garrafas da estação 53 sugerem, pelo lapso de tempo decorrido entre lançamento e encontro, que todas elas teriam se dirigido primeiro para o sul, conforme as quatro garrafas recuperadas na Ponta de Guriri (7 dias) e que provavelmente, durante o seu percurso em direção ao sul, algumas garrafas passaram a ter um novo curso em direção ao norte, comprovado pela recuperação de duas garrafas ao sul de São Mateus (14 dias), enquanto que outras duas foram recuperadas ao norte dessa localidade, provavelmente tendo sofrido um desvio antes daquelas (8 dias).

Ainda para confirmar o movimento inicial para o sul (estação 37 - 9 e 10 dias) e o retorno para o norte, podemos citar as recuperações da estação 50 (11 e 12 dias) e, possivelmente, daquelas da 63 (36 dias) e da 23 (16 dias).

Essas garrafas, com movimentos complexos, de tendência inicial para o sul, provavelmente sofrem influências dos ventos do quadrante sul (Fig. 4), que as desviam do seu curso, arrastando-as em direção ao norte e à costa.

É interessante o fato comentado por Schumacher (1943), de que parte das águas, próximas à costa, da Corrente do Brasil - continuação no hemisfério sul da Corrente Sul-Equatorial - sofre, durante os meses de inverno (junho a setembro), um refluxo para o norte (Figs 5-6). Esse fenômeno foi também confirmado por garrafas-de-deriva, lançadas diante da costa do Nordeste (Luedemann, 1967). Igualmente observado por Schott (1942), é explicado pela tensão de cisalhamento exercida pelos ventos de SE, que sopram nessa época com grande intensidade sobre a costa (ao sul dos paralelos 14-16°S) com uma forte componente sul. Wright et al. (1974) visualizam, aproximadamente, este fato observado, através de suas figuras do padrão generalizado das correntes costeiras entre 10-20°S e da distribuição dos ventos na área entre 10-15°S (Figs 7-8). Mencionam ainda, que, nos meses de junho a agosto inclusive, as águas diante da costa correm em direção norte, nessa área; não definem, porém, suas características físico-químicas.



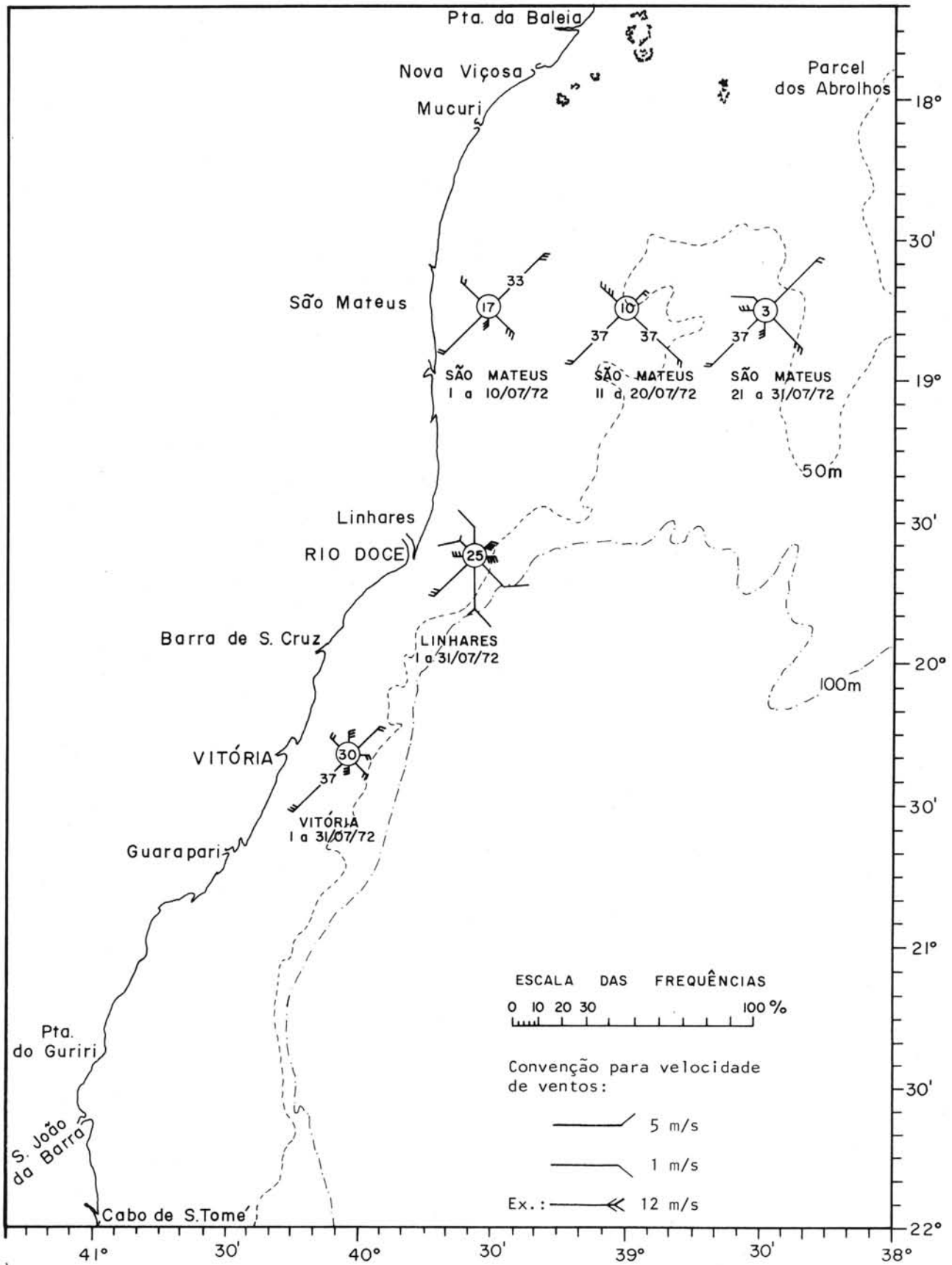


Fig. 4 - Frequência porcentual das direções dos ventos e velocidade média em m/s como calculado das observações diárias das estações meteorológicas de São Mateus, Linhares e Vitória.

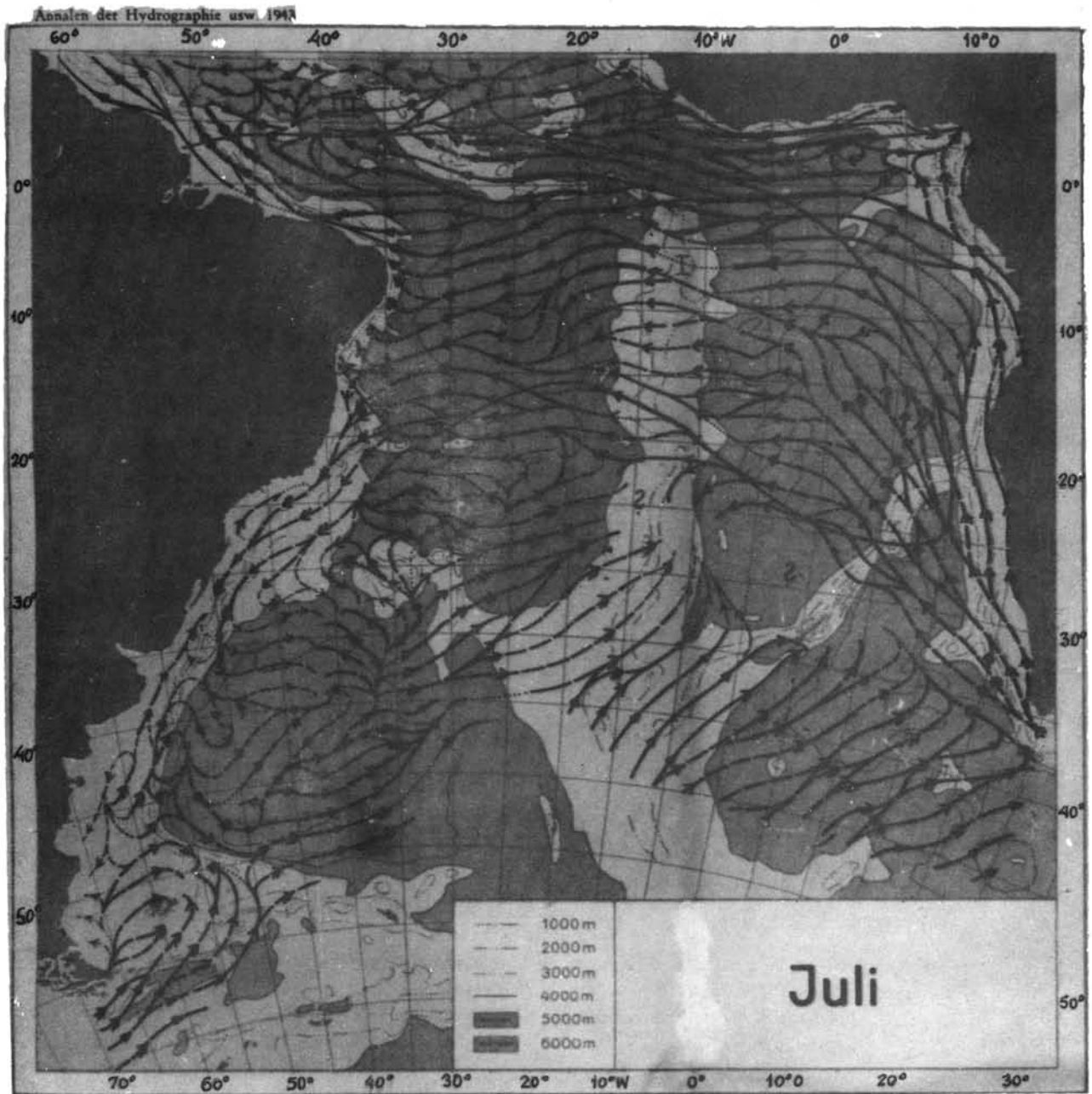


Fig. 5 - Cartas mensais de correntes no Atlântico Sul: julho (conforme Schumacher, 1943).

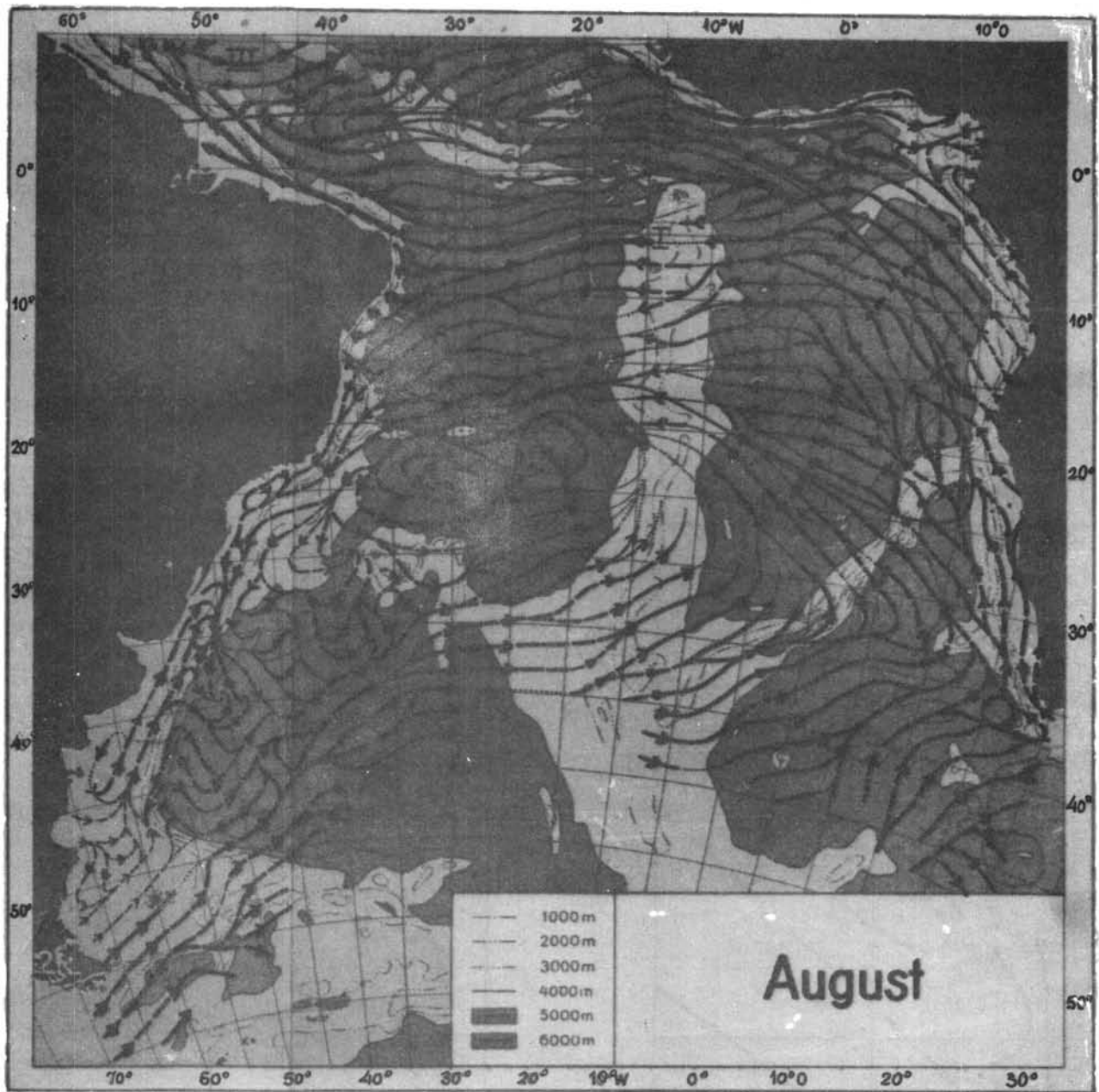


Fig. 6 - Cartas mensais de correntes no Atlântico Sul: agosto (conforme Schumacher, 1943).

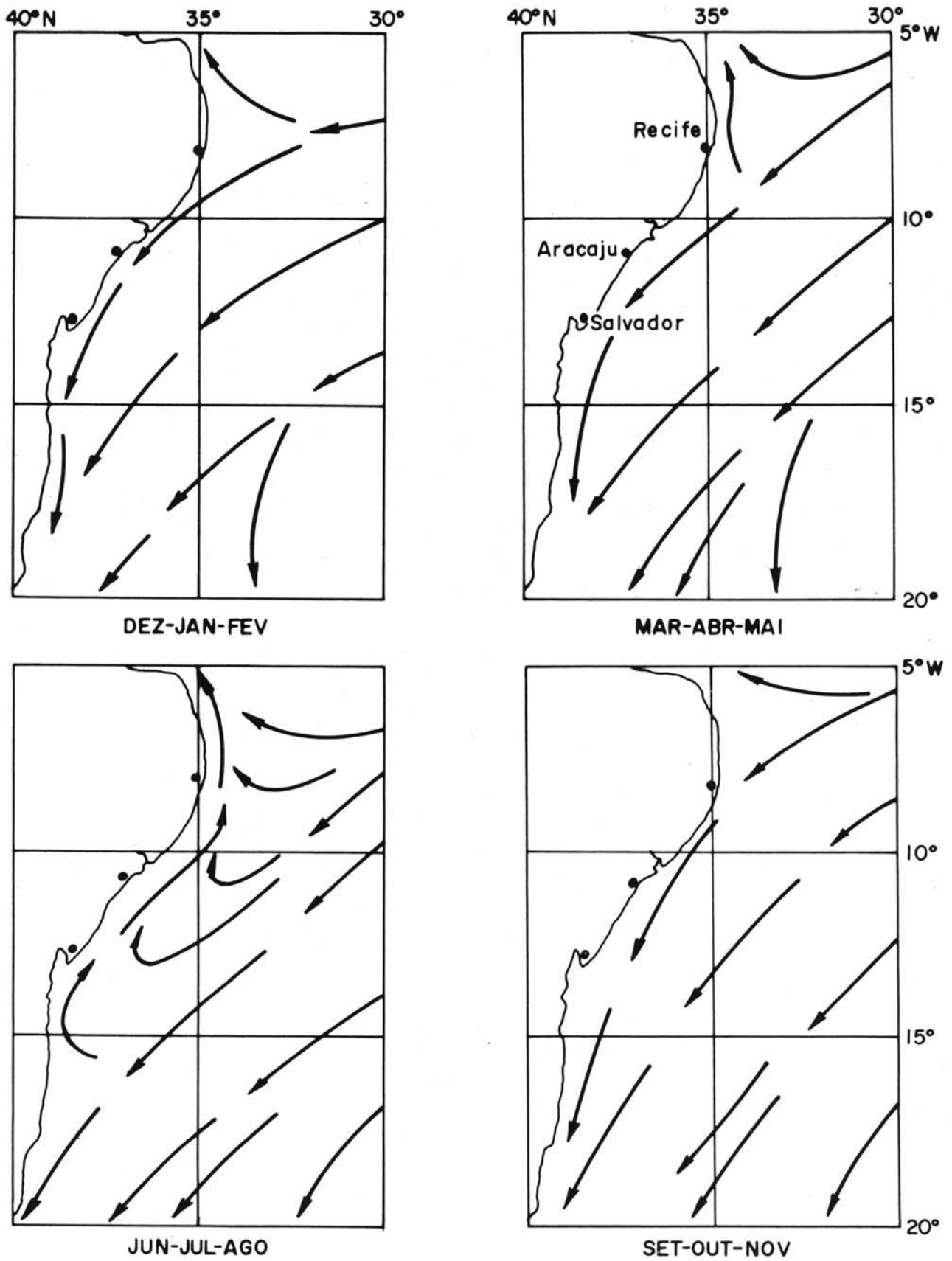


Fig. 7 - Padrões de correntes costeiras generalizadas para a costa brasileira (segundo Wright et al., 1974).

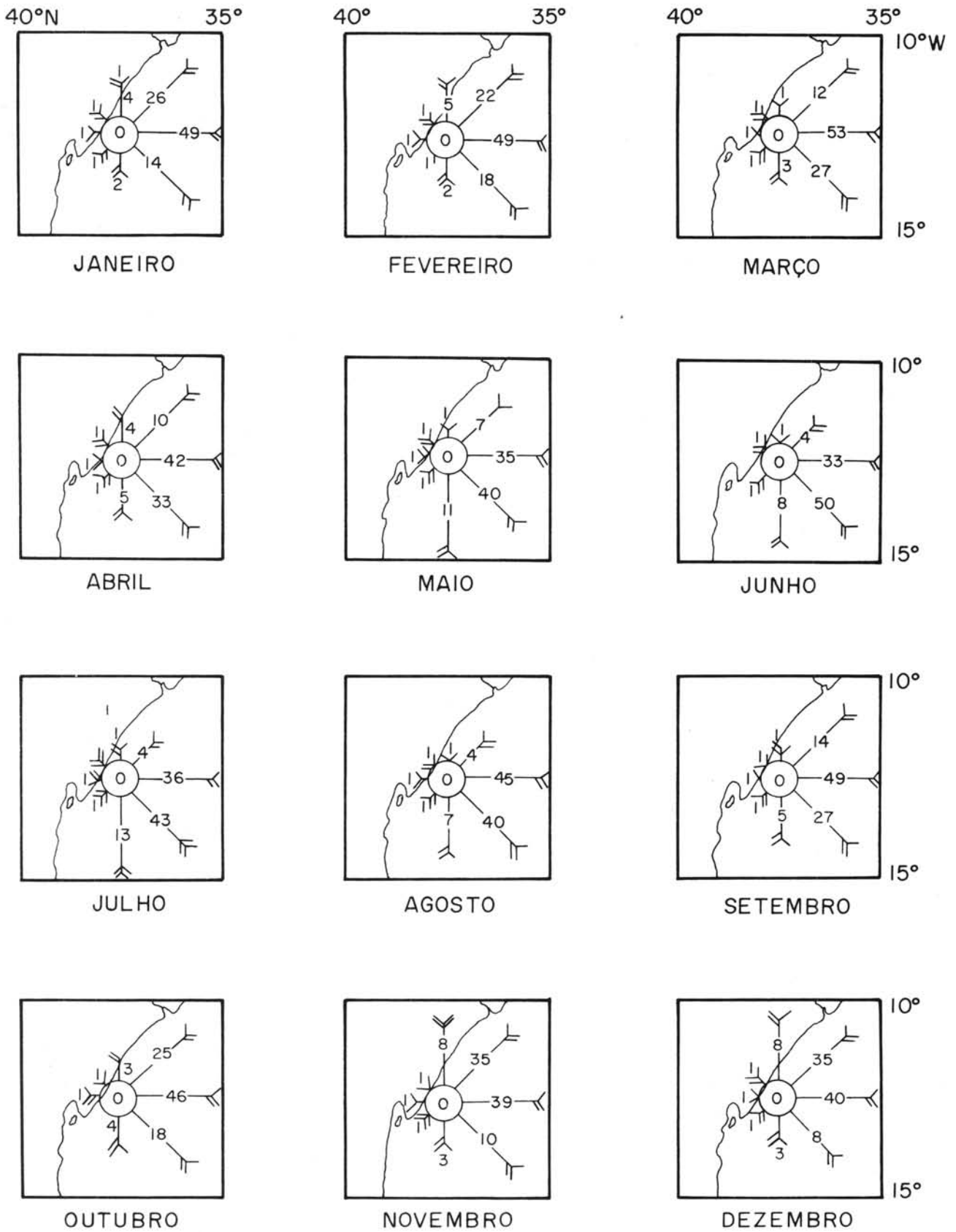


Fig. 8 - Rosas de ventos mensais para as costas da Bahia e Sergipe (segundo Wright *et al.*, 1974).

## CONCLUSÕES

- 1 - Durante o período de observações, em julho de 1972, foi constatado (através de recuperações de garrafas-de-deriva), um fluxo forte para o sul, entre a costa de São Mateus (estação 53:  $18^{\circ}56'S - 39^{\circ}26'W$ ) e a Ponta de Guriri ( $21^{\circ}22'S - 40^{\circ}58'W$ ), com velocidades médias elevadas  $> 1$  nó. A alta salinidade ( $\approx 37,0^{\circ}/\text{oo}$  a 20 m) de suas águas sugere tratar-se de um ramo costeiro da Corrente do Brasil.
- 2 - À semelhança do que foi constatado, em julho de 1972, para a porção mais ao norte da Corrente do Brasil, foi verificado, em julho de 1973, na área diante de Cabo Frio, através de cálculos geostróficos, a existência de um ramo costeiro da Corrente do Brasil, apresentando igualmente, velocidades elevadas em torno de 1,4 nós (Signorini, 1974).
- 3 - Da mesma forma o fluxo contínuo, observado ao sul do Arquipélago de Abrolhos (entre Lat.  $18^{\circ}30'S - 19^{\circ}30'S$ ) até Santa Catarina ( $27^{\circ}50'S - 48^{\circ}34'W$ ), por mais de 800 mn, com velocidades médias de 5-6 mn/dia, parece indicar o ramo principal da Corrente do Brasil. A salinidade, igualmente alta ( $\approx 37,0^{\circ}/\text{oo}$ ), confirma nossa suposição.
- 4 - O retardamento na velocidade do ramo principal da corrente deve-se, muito provavelmente, a meandros e vórtices, observados e localizados por diversos autores, na área diante de Cabo Frio (a nordeste, sul e sobre a plataforma continental).
- 5 - Lançamentos de garrafas sobre a plataforma continental, a nordeste de São Mateus, evidenciam um fluxo para o norte até Mucuri ( $18^{\circ}05'S - 39^{\circ}33'W$ ) e Nova Viçosa ( $17^{\circ}55'S - 39^{\circ}22'W$ ) na Bahia, que se deve, provavelmente, aos ventos fortes de sudeste e sul nessa época.
- 6 - Movimentos em sentidos contrários nas proximidades da foz do Rio Doce e da Barra Nova, próximo a São Mateus, sugerem que os corpos-de-deriva inicialmente tenham acompanhado o fluxo forte para o sul, tendo sido posteriormente, impelidos pelos ventos prevaletentes do quadrante sul, reinantes nessa época, para o norte e para a costa.
- 7 - Pelo padrão dos percursos, esboçados nessas áreas, poderia-se assumir a existência de vórtices ciclônicos; não há, porém, o suporte de dados hidrográficos simultâneos que justifiquem essa hipótese.

## AGRADECIMENTOS

Quero deixar consignado aqui os meus sinceros agradecimentos: ao então Diretor-Geral, Vice-Alm. Alberto dos Santos Franco; ao Eng. Argeo Magliocca e Dr. Luiz Bruner de Miranda, do Departamento de Oceanografia Física, pelas facilidades concedidas na execução e utilização dos dados do "Projeto Rio Doce"; ao M. Sc., M. Ph. Frank R. Shaffer, coordenador da Missão oceanográfica do projeto, pela oportunidade oferecida e por seu interesse ao trabalho; à Sra. Marília Rios Simon e aos outros participantes, pela atenção dispensada no registro correto dos lançamentos de corpos-de-deriva a bordo; ao M. Sc. Yoshimine Ikeda, pela leitura crítica do original e pelas sugestões dadas; ao Dr. Luiz Bruner de Miranda pela leitura final do trabalho.

Aos Srs. Edison Hidalgo pela confecção dos mapas e pela execução final dos desenhos; Marco Antônio Montalban pela colaboração prestada; Benedito de Oliveira pela preparação das garrafas-de-deriva.

Um especial obrigado à Srta. Sonia Garcia Pereira, estagiária-contratada pelo Fundo de Pesquisas do Instituto Oceanográfico, pela sua ativa e dedicada colaboração em todas as fases de preparação deste trabalho, também, nas perfurações dos cartões de computador. Ao Dr. N.J. Rock pela elaboração do programa IOCE-0101 para o cálculo dos corpos-de-deriva.

Sinto-me igualmente grata ao Diretor-Geral do Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura pela remessa de dados meteorológicos, tanto da área como do período em questão (estações meteorológicas de São Mateus, Linhares e Vitória).

Quero agradecer ainda ao SEMA - Setor de Matemática Aplicada do Instituto de Física da USP pelo processamento de dados através de programas para o computador; à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela aquisição do sistema de navegação por satélite, o qual garantiu a precisão de posicionamento do N/Oc. "Prof. W. Besnard", durante as estações oceanográficas.

Agradecimentos extensivos, ainda, ao Sr. Comandante, aos Srs. Oficiais e tripulantes do N/Oc. "Prof. W. Besnard".

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. MINISTÉRIO DA MARINHA. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1957. Relatório dos cruzeiros oceanográficos do NE "Almirante Saldanha". Publicação DG-06-II e DG-06-III.

---

1960.  
Estudo das condições oceanográficas entre Cabo Frio e Vitória, durante o outono (abril-maio). Publicação DG-06-X.

EMÍLSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters of southern Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 11(2):101-112.



- LUEDEMANN, E.F. 1967. Preliminary results of drift-bottle releases and recoveries in the Western Tropical Atlantic. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 16(1):13-22.
- \_\_\_\_\_ 1969. Relatório sobre resultados obtidos com lançamento de garrafas-de-deriva, realizados durante o "Programa Rio Grande do Sul". Contrções Inst. oceanogr. Univ. S Paulo, sér. Ocean. fís., (14):1-22.
- \_\_\_\_\_ & ROCK, N.J. 1971. Studies with drift bottles in the region off Cabo Frio. In: Costlow Jr., J.D., ed. - Fertility of the sea. London, Gordon & Breach, vol. 1, p. 267-284.
- MASCARENHAS Jr., A. da S., MIRANDA, L.B. de & ROCK, N.J. 1971. A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. In: Costlow Jr., J.D., ed. - Fertility of the sea. London, Gordon & Breach, vol. 1, p. 285-308.
- MAGLIOCCA, A. & LUEDEMANN, E.F. 1970. Lista de corpos-de-deriva recuperados (1955-1963). Contrções Inst. oceanogr. Univ. S Paulo, sér. Ocean. fís., (12):1-21.
- SCHOTT, G. 1942. Die Geographie des Atlantischen Ozeans. Hamburg, Boysen Verlag, 438 p. + 27 tabs.
- SCHUMACHER, A. 1943. Monatskarten der Oberflächen - Strömungen im äquatorialen und südlichen Atlantischen Ozean. Annaln Hydrogr. Berl., 71:209-219.
- SIGNORINI, S.R. 1974. Contribuição ao estudo da circulação e do transporte de volume da Corrente do Brasil, entre o Cabo de São Tomé e a Baía de Guanabara. Dissertação de mestrado. São Paulo, Instituto Oceanográfico, 103 p.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, N.W. & FLEMING, R.H. 1942. The oceans; their physics, chemistry, and general biology. New York, Prentice-Hall, 1078 p.
- WRIGHT, L.D. *et al.* 1974. Field trip report. Preliminary reconnaissance of the coastal barriers of northeastern Brazil. January 17 - February 4, 1974. Louisiana State University, Coastal Studies Institute, 26 p. (inédito).