Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aspectos da Oceanografia Física do Atlântico Sul

Inês da Rosa Martins

Pesquisas em Geociências, 16 (16): 76-90, jan./abr., 1984.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21714>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos **UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 1984.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

ASPECTOS DA OCEANOGRAFIA FÍSICA DO ATLÂNTICO SUL

INÊS DA ROSA MARTINS*

RESUMO

A circulação oceânica pode ser de dois tipos: a circulação termoalina, que acontece quando variam a temperatura, a salinidade e a densidade em certas porções do oceano, e a circulação pela influência do vento, que se faz sentir até 600 ou 700 metros.

A circulação superficial no Atlântico, consiste de maneira geral, em dois grandes círculos ou giros que atuam em sentidos contrários no hemisfério norte e sul.

Para caracterizar as correntes superficiais do Atlântico Sul foi utilizada a nomenclatura de Boltowskoy (1970) que tem por base os "indicadores hidrológicos".

A circulação profunda foi estudada através das "massas de água" que compõem a estratificação do Atlântico Sul. Essas "massas de água" possuem características biológicas específicas, assim como, a salinidade e a temperatura.

ABSTRACT

The oceanic circulation can be of two types: thermohaline that occurs when the temperature, salinity and density vary in certain positions of the ocean, and the wind driven circulation, that happens until the depth of 600 to 700 meters.

The Atlantic surficial circulation in general consists of two main circles or "gyres" that are active in opposite directions in the South and North hemispheres.

With the purpose of characterizing the Surficial currents of South Atlantic, the Boltowskoy (1970) nomenclature was used, based on hydrologic indicators.

The deep circulation was studied through the water masses that form the South Atlantic stratification. These water masses have specific biological characteristics as well salinity and temperature.

INTRODUÇÃO – CIRCULAÇÃO OCEÂNICA

A circulação nos oceanos pode ser de dois tipos: a termoalina e a circulação influenciada pelo vento, isto é, a ação dos ventos sobre a superfície do mar.

a) Circulação Termoalina

*Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO, Instituto de Geociências – UFRGS.

Trabalho recebido para publicação em 26.08.83.

Pesquisas	Porto Alegre	n.16	p.76-90	mar.1984
-----------	--------------	------	---------	----------

O termo *circulação termoalina* é usado para o movimento da água quando variam em certas partes de sua massa; a temperatura, salinidade e densidade.

A densidade é função da temperatura e da salinidade da água do mar. O aumento da densidade da água superficial, que origina a circulação termoalina, pode verificar-se de duas maneiras:

- por resfriamento da camada superficial;
- de maneira indireta, isto é, quando há o congelamento há, também, um aumento da salinidade na água residual, o que provoca um aumento de densidade e o conseqüente afundamento dessa massa de água para profundidades maiores. Isso acontece nas altas latitudes.

Na Antártica, particularmente, o efeito do congelamento é muito importante. O gelo do mar não é puro, e parte do sal é trapeado entre os cristais de gelo, mas ele é usualmente menos salino do que a água do mar do qual ele é formado.

Resumindo, podemos dizer que a circulação termoalina origina-se como um fluxo vertical quando a água mais densa desce até as profundidades médias ou até o fundo dos oceanos, seguida por um fluxo horizontal e alcançando grandes distâncias.

O aumento de salinidade poderia ocorrer, também, devido à evaporação nas regiões tropicais, mas, geralmente, isto não acontece, pois a radiação solar que origina a evaporação ocasiona um forte aquecimento superficial, o que faz com que a densidade diminua. Como ambos efeitos atuam contrariamente, a salinidade se mantém mais ou menos constante.

Como vimos, a circulação termoalina é provocada pela radiação solar que, devido ao aquecimento desigual nos oceanos, ocasiona densidades desiguais e o conseqüente mergulho dessas águas mais densas que estão na superfície e que, devido à sua maior densidade, vão ocupando regiões mais profundas, deslocando-se depois a grandes distâncias. Também a circulação, por efeito do vento, é de maneira indireta provocada pela radiação solar, que vai aquecer, de maneira desigual, a atmosfera, originando os ventos que fluem de áreas mais densas para outras menos densas.

As correntes de fundo dos oceanos, que seguem os contornos batimétricos, incluídas na circulação termoalina, fluem, igualmente, ao longo da margem continental do Atlântico com velocidades, geralmente, competentes para transportar todos os sedimentos predominantemente finos (argilas e siltes) (WÜST, 1936 e 1955).

b) Circulação pelo Vento

A circulação por influência do vento, segundo alguns autores, vai até os 600 ou 700 metros superiores; sendo assim, é uma circulação horizontal, contrastando com a termoalina, que pode ser considerada vertical.

Os ventos vão atuar sobre as águas dos oceanos, provocando, por meio do atrito, o movimento dessas, dando, assim, origem a uma circulação tipicamente horizontal.

As correntes oceânicas resultam, portanto, dos efeitos combinados dos movimentos termalinos e da direção dos ventos. Em ambos os casos, os movimentos continuam, mesmo em lugares distantes de onde iniciaram.

CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL NO ATLÂNTICO SUL

A circulação superficial no Atlântico Sul consiste, de maneira geral, em dois grandes círculos ou giros que se desenvolvem conforme o esquema a seguir. (Figura 1).

Figura 1. Principais correntes do Atlântico Sul (mod. de Pickard, 1970).

No Atlântico Norte, as águas circulam no sentido dos ponteiros do relógio e no Atlântico Sul, em sentido contrário. No Equador, essas águas são separadas pela

Corrente Equatorial. Os dois giros são impulsionados, na zona intertropical, pelos ventos alísios.

As várias porções desse giro têm características diferentes e, por isso, as correntes que o compõem receberam denominações diversas.

Para explicar a causa da assimetria no padrão de circulação superficial dos oceanos Atlântico Norte e Sul, STOMMEL, em 1948, apresentou três tipos de forças.

Uma, causada pelo vento, que é o motivo principal pelo qual as águas no Atlântico Sul se deslocam num giro contrário aos ponteiros do relógio.

Outra força é causada por fricção das partículas que atuam em sentido contrário ao do vento. Essa força impede que haja um aumento no movimento de rotação da água. Se o vento cessasse, a rotação seria grandemente dissipada pelo arraste friccional. Se o vento e a água fossem as únicas forças que produzissem o movimento de rotação, o movimento das correntes seria simétrico.

A terceira força é devido a aceleração de Coriolis, que é resultante do movimento de rotação da terra. Essa força é proporcional, por unidade de massa, ao seno da latitude e, assim, aumenta de zero, no Equador, a $1,5 \times 10^{-4}$ nos pólos.

Essa variação latitudinal, na força de Coriolis é responsável pela assimetria no padrão de circulação dos oceanos Atlântico Norte e Sul.

Correntes Superficiais

BOLTOVSKOY (1970) utiliza *indicadores hidrológicos* para caracterizar as massas d'água do Atlântico Sul.

Entende-se por *indicadores hidrológicos* os organismos, mediante os quais, pode-se diferenciar as diversas massas de água e determinar seus movimentos. O plancto é um excelente indicador da origem das águas. Ele pode mesmo indicar a origem da água quando esta se encontra misturada com outras e apresenta propriedades físico-químicas muito diferentes das águas de origem. O plancto, entretanto, seguirá testemunhando a verdadeiro origem das águas em questão.

Os melhores indicadores são os foraminíferos, pelo fato de sua sistemática estar baseada na morfologia de suas carapaças. Há certas espécies de foraminíferos, como o *Globigerina pachyderma*, *G. quinquelobada* e outras, que trocam o sentido da direção do enrolamento da concha, segundo a temperatura do ambiente e essa variação, às vezes, é bastante brusca.

Nas águas antárticas, observa-se o predomínio das formas sinistróginas da *Globigerina pachyderma*. Nas latitudes baixas predominam as formas dextróginas.

No Atlântico Sul, esta troca de formas é observada onde a temperatura aproxima-se dos 9°C. Em outras espécies, a troca de fatores ecológicos (temperatura, salinidade, etc) ocasiona outras mudanças tais como: espessura das carapaças, perda de agulhas, trocas no tamanho, configuração da abertura, etc.

Tendo por base os indicadores hidrológicos, BOLTOVSKOY (1970) caracteriza as seguintes massas de água ou zonas no Atlântico Sul:

- a) Águas subtropicais: Corrente do Brasil, Corrente Equatorial Sul e Corrente das Guianas
- b) Zona de Convergência
- c) Águas Subantárticas: Corrente do Cabo Hornos a Malvinas
- d) Zona Costeira da Argentina
- e) Zona de influência do Rio da Prata
- f) Zona Costeira do Uruguai e Sul do Brasil

a) *Águas subtropicais*

As águas subtropicais são transportadas pela *Corrente do Brasil*. Esta corrente flui paralela à costa do Brasil até a latitude de 35°S, que é o limite austral dessa massa de água subtropical nos meses de verão; no inverno permanece de 29° a 39°, onde se encontra o limite setentrional de uma ampla zona de convergência (Figura 1). Na latitude 35°S encontra a Corrente das Malvinas, e as duas correntes infletem para leste passando a formar a Corrente Sul Atlântica. Suas águas são quentes (26°) e seu fluxo é no sentido geral SW, durante todo ano. Sua velocidade média é de cerca de 0,6 nós, podendo alcançar velocidades de até 1 nó.

A velocidade e a direção da Corrente do Brasil apresentam variações consideráveis, de acordo com a época do ano. Na parte sudoeste do Brasil, nos meses de julho, agosto e setembro, aparece junto à costa, uma contra-corrente que tende a afastar a Corrente do Brasil. Essa contra-corrente flui bem junto à costa sudoeste e é devido à Corrente das Malvinas, reforçada pela descarga do Rio da Prata. Nos outros meses, essa contra-corrente é menos pronunciada.

A Corrente do Brasil sofre a influência dos ventos do quadrante NE que prevalecem na costa leste do Brasil.

BOLTOVSKOY (1970) aponta uma fauna de foraminíferos planctônicos, típicos das águas subtropicais na área em estudo representadas pelas seguintes espécies: *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalis menardii*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinella aequilateralis*. Nas águas subtropicais, situadas próximas da costa brasileira na prolongação da Corrente das Malvinas, manifesta-se a predominância de *Globigerinoides ruber* e *Hastigerina pelágica*. As espécies subtropicais que conseguem chegar até essa área, normalmente apresentam uma diminuição de tamanho ou deficiências no desenvolvimento.

BOLTOVSKOY (1970) não faz referências, em seu trabalho, às massas de água equatoriais como a Corrente Equatorial Sul Atlântica e a Corrente das Guianas.

Corrente Equatorial Sul Atlântica. É a mais extensa e a mais forte das duas correntes equatoriais existentes no Oceano Atlântico. Na Figura 1 vemos o limite norte dessa corrente e a sua fluência para oeste, indo formar a Corrente das Guianas. Está localizada ao sul do Equador, na altura da latitude 15°S. Em julho, agosto e setembro atinge a velocidade média de 1,0 a 1,5 nós. Nos demais meses, essa velocidade média pode chegar a 2,5 nós, principalmente em janeiro, fevereiro e março,

quando a Contra-Corrente Equatorial se enfraquece. Sua temperatura é de 27°C.

Corrente das Guianas. Flui no sentido NW ao longo da costa da América do Sul entre os paralelos de 5°S e 12°N. Ela pode atingir velocidade de até 4,0 nós. Origina-se de uma parte da Corrente Equatorial Sul Atlântica que inflete para NW na altura do Cabo Calcanhar e, junto com parte da Equatorial Norte, se desloca próximo as Guianas. Alcança as maiores velocidades observadas durante o ano, entre 1°N e 6°N de latitude, em consequência da descarga do Rio Amazonas. Sua temperatura está em volta de 27°C.

b) *Zona de Convergência*

Zona de Convergência ou *Frente Hidrológica* ou *Zona de Transição*, como denomina BOLTOVSKOY (1970), é uma vastíssima zona de encontro das águas subtropicais com as águas subantárticas. A estrutura dessas águas é complicada e instável. É formada por franjas, manchas ou línguas de diferentes tipos de águas misturadas.

Pode-se, através dos indicadores hidrológicos, dividir aquelas em que há predominância das águas subtropicais, ou subantárticas. Nota-se, também, que qualquer variação na relação *exemplares subantárticas subtropicais* é acompanhada de variações térmicas e salinas. A amplitude desses fatores foi determinada por dois tipos de água de mistura individualizadas hidrologicamente. (Tabela 1).

	Temperatura °C	Salinidade ‰
Águas de mistura com predomínio de águas subantárticas	9,3 – 18,3	34,1 – 36
Águas de mistura com predomínio de águas subtropicais	17,3 – 25,0	35,2 – 36,5

A zona de convergência é uma zona de transição muito ampla que no verão se estende da latitude 34°S-49°S (15° de latitude) e no inverno alcança 18° de latitude (29,5°S-47,5°S). A variação salina parece estar melhor definida no seu limite setentrional e a da temperatura no limite austral.

A margem ocidental da zona de convergência é simultaneamente limite oriental da Corrente das Malvinas.

A forma de foraminíferos planctônicos, que se encontram na capa superficial da Zona de Convergência, são tanto de origem de águas subantárticas como subtropicais, sendo as primeiras mais freqüentes e melhor desenvolvidas. São numerosas na parte austral, a *Globigerina pachyderma*, *G. quinquilobada*, *G. brilloidea* e a *Globorotalia inflata*.

c) *Águas Subantárticas*

Corrente do Cabo de Hornos. Os oceanógrafos do século passado observaram que as temperaturas superficiais, nas imediações da Terra do Fogo e Ilha dos Estados, são superiores às de idênticas latitudes mais a leste das Ilhas Malvinas, dando como causa a influência das águas quentes que vêm do Pacífico Sul na altura dos paralelos 40-45°S e, ao mesclar-se com as águas subantárticas, formam a Corrente do Cabo de Hornos, que condiciona um ambiente hidrológico diferente da região situada pouco mais ao sul, onde ocorrem águas subantárticas típicas.

Essa diversidade de tipos de água pode ser verificada tanto na temperatura como na salinidade. Conforme BOLTOVSKOY (1970), notam-se variações, também, na forma dos foraminíferos planctônicos.

Os indicadores biológicos comprovam que as águas do Pacífico Sul influenciam tanto na Zona Fueguina como nas proximidades da Ilha dos Estados, Ilhas Malvinas e nas águas subantárticas da Passagem de Drake.

A temperatura das águas da Corrente do Cabo de Hornos, na área onde encontra a Zona de Convergência, oscila comumente entre 5,5-7,5°C no inverno, e 8-9°C no verão.

Corrente das Malvinas. Esta corrente origina-se da Corrente do Cabo de Hornos, podendo ser considerada como o ramo ocidental dessa.

Ela flui entre o continente e as Ilhas Malvinas, ao longo da costa argentina até encontrar a Corrente do Brasil, o que ocorre normalmente aos 35°S, na altura da foz do Rio da Prata. Nos meses de maio a junho é empurrada até a latitude de 30° (Tramandaí) devido, principalmente, à descarga do Rio da Prata.

Está localizada a 30 ou 50 milhas da costa, alcançando a velocidade de 3,0 nós com o rumo NW, mas pode ocorrer uma mudança de rumo para SW, sob a influência dos ventos de norte. Esses, além de poderem modificar a direção, podem também, ocasionar mudanças na intensidade. Entre julho e agosto, sua velocidade média é de 0,8 nós. Sua temperatura pode variar conforme a localização e conforme a estação do ano, desde 4°C na latitude das ilhas que lhe dão nome, até 20°C na latitude 32°C.

A salinidade, entretanto, apresenta uma menor variação, oscila entre 33,00‰ e 34,50‰.

O limite oriental da Corrente das Malvinas coincide com o limite ocidental da Zona de Convergência. A primeira determinação deste limite foi registrada, biologicamente, entre os paralelos 36,5°S e 42,5°S, tendo como base os foraminíferos bentônicos (BOLTOVSKOY, 1959b). Essa região coincide mais ou menos com a isóbata de 80 metros.

O limite ocidental dessa corrente é difícil de determinar com exatidão, porque as águas da Zona Costeira estão compostas, principalmente, por águas subantárticas. Assim, as espécies de foraminíferos planctônicos são similares às da corrente vizinha. A diferença principal consiste na pobreza quantitativa e na presença de exemplares sumamente pequenos e mal desenvolvidos.

O limite mais setentrional, onde chegam o resto das águas malvinenses, segundo os indicadores biológicos (BOLTOVSKOY, 1970), é o paralelo 22°S. As águas da Corrente das Malvinas, ao penetrarem na plataforma brasileira, afundam misturan-

do-se com águas de outras origens e distribuem-se sobre o leito oceânico, sendo cobertas pelas águas da Corrente do Brasil. Ficou também comprovado, através da fauna de foraminíferos que, no verão, a Corrente das Malvinas, em superfície, alcança, aproximadamente, o paralelo 35,5°S-36°S. No inverno, o ponto mais setentrional, em superfície, é o paralelo 34,5°S-35°S.

A Corrente das Malvinas, segundo a sua salinidade e temperatura, é formada por águas tipicamente subantárticas, sofrendo, em sua margem ocidental, certa influência da proximidade das águas costeiras e em sua porção mais austral sofre a influência da Corrente do Cabo de Hornos. Os foraminíferos mais comuns são: *Globigerina bulloides*, *G. pachyderma*, *G. quinquelobada*, *Globigerinita uvulus*, *Globorotalia inflata* e *G. truncatulinoides*.

d) Zona Costeira Argentina

Esta zona, situada ao longo de toda costa argentina, tem como limite norte a área que está sob a influência do Rio da Prata; a leste faz limite com a Corrente das Malvinas e ao sul parece estender-se até a região do estreito de Magalhães.

A temperatura das águas, nesta zona, é muito variável, tanto sob o ponto de vista geográfico como sazonal. Pode-se encontrar, no mês de fevereiro, variações de 8,5°C a 23°C, e agosto, de 4,5°C a 14°C. A salinidade oscila, comumente (THOMSEN, 1962), entre 33‰ e 33,5‰, tornando-se mais baixa nas regiões de desembocaduras.

As correntes de maré desempenham um papel bastante importante no regime hidrológico desta zona. O movimento predominante das águas é de de Sul para Norte; BOLTOVSKOY (1970) faz essa afirmação, baseado na forma de foraminíferos, cujas espécies encontradas foram, com raras exceções nos meses de verão, de origem subantártica.

Os ventos e as correntes de maré podem imprimir características hidrológicas locais a essas águas, quando, então, se nota movimentos de direção sul.

e) Zona de Influência do Rio da Prata

É bastante difícil limitar a zona de influência do Rio da Prata, por se tratar de uma zona muito variável, que depende dos ventos, alterações das correntes, regime de chuvas na bacia hidrográfica do Rio Paraná, etc. BOLTOVSKOY (1970) considera, como limite biológico desta zona, a ausência de foraminíferos vivos no plancto; isso seria a isovalina de 30‰.

f) Zona Costeira do Uruguai e do Sul do Brasil

O limite leste desta região é a Corrente do Brasil, que meridionalmente se estende até a zona de influência do Rio da Prata. Essa região é mais estreita que a anterior.

A direção fundamental das águas é norte, mas também aqui, encontra-se muitas variações, devido, especialmente, ao regime dos ventos.

A temperatura varia de acordo com a latitude e as estações do ano, de 12°C (na região mais ao sul, no inverno) a 27°C (na parte norte, no verão).

Também a salinidade apresenta variações, sendo inferior na parte sul e nas desembocaduras de rios.

É evidente, nesta região, a grande influência do Rio da Prata e das Águas Costeiras da Argentina. Conforme BOLTOVSKOY (1962, 1970), o sul do Brasil (até aproximadamente 31°C) e Uruguai pertencem à mesma província zoogeográfica que a Argentina.

O aporte de águas Malvinas, se existe, é insignificante e se produz somente no inverno.

CIRCULAÇÃO PROFUNDA

As águas que enchem as partes mais profundas dos oceanos formam-se nas plataformas continentais da Antártica pelo processo ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Seção esquemática da formação da Água de Fundo na região Antártica (mod. de Weyl-1970)

No inverno, a água do mar gela em torno da Antártica. À medida que o gelo vai se formando, rejeita grande parte do sal existente na água. Assim, a água sob o gelo aumenta de salinidade e torna-se mais densa. Resultando que, especialmente,

sobre as plataformas antárticas, a água mais densa da superfície mistura-se com a água mais quente e salgada do fundo para produzir a água de fundo Antártica.

O gelo do mar se desloca para o norte, impelido pelos ventos, antes de degelar. Como resultado desse movimento do gelo, forma-se um mínimo de salinidade no verão, na superfície da água, em lugares distantes da Antártica.

A mistura da água fria de superfície e de baixa salinidade com a água subantártica mais quente e mais salina, faz submergir a água intermediária de salinidade mínima, que flui, então, para o norte.

Assim, a água de degelo do mar Antártico nas altas latitudes, particularmente a do mar de Weddell, é uma importante fonte de formação de água de fundo.

O afundamento da água na região Antártica renova a água de fundo do oceano. Sem esta renovação, a respiração dos animais de fundo esgotaria o oxigênio dissolvido na água. A água fria de superfície Antártica tem altas concentrações de oxigênio dissolvido que é misturado durante a formação da água de fundo Antártica. À medida que as águas se movem em direção Norte, a concentração de oxigênio é reduzida pela respiração animal.

Para ter uma idéia de escala de tempo da circulação de fundo pode-se usar a radioatividade natural do carbono-14. Esse isótopo, produzido na atmosfera pela interação dos raios cósmicos com o nitrogênio, entra no mar na forma de CO_2 . Uma vez que a água submerge, além da superfície, não é mais adicionado o carbono-14 e a radioatividade decai gradualmente. Pela quantidade de carbono-14 que permanece na água profunda, pode-se fazer uma estimativa do tempo em que esta água esteve em contato com a atmosfera.

Os dados mostram que as águas do Atlântico estão circulando no fundo há mais ou menos 400 anos. As águas de fundo do Pacífico são consideravelmente mais velhas, mais ou menos 1.500 anos. Pelos dados, também de carbono-14, chegou-se à conclusão de que a circulação do Oceano Atlântico é consideravelmente mais vigorosa que a do Pacífico. Isto é resultado do maior contraste da densidade de superfície do Atlântico e, também, porque o Atlântico está em posição mais favorável para receber a água de fundo Antártica, através do Mar de Weddell.

O Atlântico comunica-se, livremente, com ambas zonas polares e dessas zonas recebe aportes de água que fluem em sentido inverso, com características peculiares.

Dessa maneira, nos oceanos encontram-se as águas superpostas umas às outras em camadas ou estratos cujas densidades diferem nitidamente, aumentando à medida em que aumenta a profundidade. Esses estratos caracterizam-se, também, por valores específicos de temperatura e salinidade, que são propriedades conservativas da água do mar.

Massas de Água do Atlântico

As camadas de água que compõem a estratificação dos oceanos, são denominadas *massas de água* e possuem características peculiares. Conseqüentemente,

conterão, em seu interior, uma flora e uma fauna características, conforme as temperaturas e salinidades da camada.

As características iniciais que as massas de água adquirem, quando estão em contato com a atmosfera, vão se modificando lentamente à medida em que as águas vão se distanciando de sua origem e se misturando, em seu caminho para o norte (no caso do Atlântico Sul), deslocando-se no oceano profundo.

Quando se fala em circulação de água profunda, tem que se ter em mente que Água Profunda e Água de Fundo representam águas cuja densidade torna-se maior quando estão em contato com a atmosfera e que depois submergem expandindo-se pelas porções mais profundas dos oceanos.

A circulação profunda está constituída pelas massas de Água Antártica de Fundo (AAF), Água Antártica Intermediária (AAI), Água Profunda (AP) e as massas de Águas Antárticas (AA) em termos amplos e genéricos.

Segundo DIEGUES (1974) as massas de água que se encontram na estratificação do Atlântico Sul, podem ser localizadas no esquema da Figura 3.

Figura 3. Esquema das massas de água do Atlântico (segundo Diegues, 1974).

AACP — Água Antártica Circumpolar	ACAS — Água Central do Atlântico Sul
AAF — Água Antártica de Fundo	ACAN — Água Central do Atlântico Norte
ASA — Água Subantártica	APAN — Água Profunda do Atlântico Norte
AAI — Água Antártica Intermediária	AF — Água de Fundo
CA — Convergência Antártica	CST — Convergência Sub-Tropical

a) Água Antártica de Fundo (AAF)

A massa de Água Antártica de Fundo contém a água mais densa de todos oceanos do mundo. Esse tipo extremo de água de fundo é encontrada no Mar de Weddell, onde a temperatura é em torno de $-0,4^{\circ}\text{C}$ a 4.000 metros de profundida-

de, e a salinidade é de $34,66^{\circ}/\text{oo}$. Ela se origina pela mistura da água que flui da plataforma continental Antártica com a Água Circumpolar Antártica. A primeira com temperaturas de $-1,9^{\circ}\text{C}$ e a salinidade de $34,62^{\circ}/\text{oo}$, e a Água Circumpolar tem temperaturas de $0,5^{\circ}\text{C}$ e salinidades de $34,68^{\circ}/\text{oo}$. As densidades destes dois tipos de água são respectivamente 27,89 e 27,84 e a densidade da água de fundo é de 27,86.

A origem da Água de Fundo se deve às águas superficiais, de salinidade de aproximadamente $34,62^{\circ}/\text{oo}$, que ao sofrerem um resfriamento e cederem calor à atmosfera aumentam, então, sua densidade e com um mar de estratificação mais baixa ou quase constante, submergem. No seu afundamento, por efeito da compressão adiabática e mistura com a Água Circumpolar alcançam a temperatura de $-0,9^{\circ}\text{C}$.

A Água Antártica de Fundo é formada no Mar de Weddell, com salinidade de $34,66^{\circ}/\text{oo}$, entre as longitudes 30°W e 30°E .

Essa massa de água, característica do fundo do assoalho oceânico, originada pela convecção termoalina nas plataformas do continente Antártico, expande-se pelos oceanos: Atlântico, Índico e Pacífico, chegando até as latitudes de 30°N , onde parte de suas características já se perderam pela mistura, em seu trajeto, com outros tipos de água. Seu eixo de expansão é deslocado para a esquerda do Hemisfério Sul como resultado da força de Coriolis, originada pelo movimento de rotação da terra.

No Atlântico Sul, a corrente Antártica de Fundo flui ao longo do declive continental do Brasil e Argentina, a velocidades de $15\text{cm}/\text{seg}$ (WÜST, 1955).

Essa velocidade pode ser maior em determinadas regiões, alcançando de 20 a $25\text{cm}/\text{seg}$ (WÜST, 1957), devido à influência das marés.

Depois de ultrapassar o Equador, onde a componente da força de Coriolis é zero, a Água Antártica de Fundo é defletida para a direita contra o flanco ocidental da Cadeira Mesoceânica.

b) *Água Antártica Circumpolar (AACP)*

Encontra-se a pouca distância da água de superfície até profundidades de 3.000 a 4.000 metros. É uma água com características típicas das altas latitudes, com temperaturas acima de $0,5^{\circ}\text{C}$ e salinidades em torno de $34,7^{\circ}/\text{oo}$. Dentro dessa massa de água, a temperatura atinge o máximo de $2,5^{\circ}\text{C}$ a profundidades de 500 a 600m, abaixo das quais ela decresce em direção ao fundo.

A salinidade atinge seu máximo a profundidades entre 700 a 1.300 metros, abaixo das quais decresce em direção ao fundo. Vê-se que, dentro desse corpo de água, as diferenças de temperatura não excedem a 2°C e abaixo, a profundidades em torno de 800 metros, as diferenças de salinidade não excedem a $0,1^{\circ}/\text{oo}$.

c) *Água Subantártica (ASA)*

Situa-se entre as duas Convergências (Antártica e Subtropical) e abrange os 500m superiores da Zona Subantártica. Dentro dessa região, pode-se distinguir duas

massas de água acima da Água de Fundo: a Água Subantártica e a Água Antártica Intermediária. Ela possui uma temperatura média em torno de 8° a 9°C, e salinidade que varia em torno de 34,0/oo a 34,6/oo. Numa secção de salinidade aparece como uma língua em direção ao sul. No verão pode alcançar temperaturas de 14°C. Explica-se essa variação de temperatura por se encontrar na superfície, sujeita a variações sazonais e nas proximidades da zona de mistura como são as Convergências.

d) *Água Antártica Intermediária (AAI)*

Origina-se, essa massa de água, na região da Convergência Antártica com temperaturas entre 2°C e 7°C e salinidade baixa, em torno de 34,1/oo a 34,7/oo. Segue para o Norte com uma espessura média de 500m, e a profundidades de 500 a 1.000m aproximadamente. À medida que avança como uma língua para o Norte, sua salinidade vai aumentando e pode alcançar 20° de latitude no Hemisfério Norte. No Oceano Atlântico se tem seguido muito bem o curso de movimento da Água Antártica Intermediária por meio da distribuição do oxigênio, e assim se tem determinado velocidades de 3 a 7cm/seg. O teor de oxigênio dissolvido é maior do que 6ml/l.

Nessas massas de Águas Antárticas a picnoclina está ausente, se bem que a estratificação de densidade é positiva, isto é, aumenta com a profundidade e os gradientes são fracos. Deste modo, a circulação e a perturbação de superfície se fazem sentir até grandes profundidades. Por esta razão, produz-se o movimento de grandes quantidades de água. Os movimentos verticais são suaves, tornando-se maiores e em diferentes sentidos na zona de Convergência e Divergência. Os ventos predominantes são do oeste e pelas razões, antes apontadas, produz-se uma circulação geral das Águas Antárticas para leste.

e) *Água Central do Atlântico Sul (ACAS)*

O termo Água Central é, geralmente, usado para descrever a massa de água existente entre as convergências subtropicais, isto é, entre a zona tropical e equatorial de um lado a outro do Equador entre as latitudes norte e sul, de 40° a 50°, mais ou menos. Estende-se desde a superfície até profundidades de 1.000 metros com uma termoclina permanente.

Essa massa de água pode ser dividida em diversas unidades, conforme suas características físicas, dependendo da localização geográfica e da profundidade. Assim, a massa de Água Central no Atlântico Sul, que é de nosso interesse, possui na superfície, a temperatura de 18°C e salinidade de 35,9/oo a profundidade de 500m ou mais, a temperatura é de 7°C e salinidade 34,6/oo.

f) *Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)*

É a maior massa de água do Atlântico. Origina-se no mar de Irminger e Labrador, onde as águas geladas da superfície submergem e formam uma massa quase homogênea a 3.000m de profundidade. Nessa região, a água do Gulf Stream, com salinidade acima de 35⁰/oo, mistura-se com a água de superfície Subantártica com salinidade 34⁰/oo, formando uma nova massa de água com salinidade em torno de 34,9⁰/oo, temperatura de 3⁰C e a densidade de 1,02782gm/cm³, que é suficientemente alta para escoar por baixo da Água Central do Atlântico Norte, seguindo rumo ao sul, ao longo da margem continental do leste dos Estados Unidos (DEFANT, 1941) até misturar-se com Água Circumpolar Antártica.

A Água Profunda Norte Atlântica é caracterizada por valores relativamente altos de oxigênio: 5-7ml/l. Sua temperatura oscila entre 2,2⁰C e 3,5⁰C e a salinidade é em torno de 34,90⁰/oo a 34,97⁰/oo. Localiza-se entre a Água Antártica Intermediária e a Água Antártica de Fundo.

Na zona Subantártica seu centro encontra-se entre 1.500 e 3.000m de profundidade, sendo relativamente mais quente em contraste com a Água Antártica Intermediária e a Água Antártica de Fundo.

Na zona Antártica transborda para o Norte e para o Sul, misturando-se e contribuindo para a formação da Água Antártica Intermediária, da Água Antártica de Fundo e da Água Circumpolar Antártica.

A partir das considerações abordadas neste capítulo, com relação às massas de águas do Atlântico Sul, em especial as existentes na região do talude continental do Rio Grande do Sul, pode-se concluir alguns aspectos relativos à ocorrência de camadas de sedimentos mais grosseiros (silte arenoso e silte grosseiro) na unidade inteiramente lamosa da sequência sedimentar denominada Cone do Rio Grande (MARTINS, 1984):

BIBLIOGRAFIA

- BOLTOVSKOY, E. 1959b. *La corriente de Malvinas (un estudio en base a la investigación de foraminíferos)*. Buenos Aires, Servicio de Hidrografía Naval.
- . 1962. Planktonic foraminifera as indications of different water masses in the South Atlantic. *Micropaleontology*, New York, 8(3), 1964.
- . 1970. *Masas de água (característica, distribución, movimientos) en la superficie del Atlantico Sudoeste, según indicadores biológicos – Foraminíferos*. Buenos Aires, Servicio de Hidrografía Naval.
- DEFANT, A. 1941. Die absolute topographie des physikalischen Meeresniveaus und der Druckflächen, sowie die Wasserbewegungen im Atlantischen ozean. *Deut. Atlant. Exped. "Meteor" 1925-1927*, Wiss. Ergeb. 6: 191-260.
- DIEGUES, F.M.F. 1974. A circulação e as massas de água do Atlântico Sul. In: *Oceanografia*. Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, p.87-97.

- MARTINS, I. R. (1984). Modelo Sedimentar do Cone do Rio Grande. (Neste volume)
- STOMMEL, H. 1960. *The Gulf of Stream: a physical and dynamical description*. Univ. of California Press., Berk. 202p.
- THOMSEN, H. 1962. *Massas de água características del Oceano Atlântico, parte Sudoeste*. Buenos Aires. Servicio de Hidrografia Naval; H. 632.
- WÜST, G. 1936. Schichtung und zirculation des Atlantischen ozeans. Das Bodenwasser und die Strabosphäre. *Wiss. Erg. Deutsch. Atlant. Exp. "Meteor"* 1925-27, 6: 1-288.
- . 1955. Stromgeschwindigkeiten im Tiefen und Bodenwasser des Atlantischen ozeans. *Deep-Sea Research*, London, 3: 373-97, Suplemento.
- . 1957. Quantitative untersuchungen zur Statik und Dynamik des Atlantischen ozeans: Stromgeschwindigkeiten und Strommengen in den Tiefen des Atlantischen ozeans. *Wiss. Erg. Deutsch. Atlant. Exp. "Meteor"* 1925-27, 6: 261-80.