

MATÉRIA ORGÂNICA NA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA: ORIGEM, IMPORTÂNCIA E IMPLICAÇÕES

Audrey Macêdo de Carvalho^{*}
Glariston de Oliveira Filho^{**}
Evanildo A. Santos^{**}
Regina Silva dos Santos^{**}
Vera Lúcia Câncio Souza Santos^{***}

* Professora do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas das Faculdades Jorge Amado – FJA e doutoranda em Sedimentologia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA. E-mail: dreymacedo@yahoo.com.br

** Alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas das Faculdades Jorge Amado – FJA.

*** Professora do Departamento de Química Analítica, Universidade Federal da Bahia – UFBA. E-mail: veraluci@ufba.br

Resumo: *O presente trabalho tem por finalidade apresentar as origens da matéria orgânica, em sedimentos de parte da plataforma continental brasileira, associada à desembocadura de rios brasileiros de grande porte, onde se enfatizam a apreciável extensão de sua bacia de drenagem; a influência da vegetação, da erosão, do transporte de material em suspensão e da descarga lançada para o oceano Atlântico, bem como sua importância e implicações para o ciclo global de carbono. A matéria orgânica pode apresentar diferentes origens, alóctone ou continental e autóctone, ou produzida in situ. Ao longo da plataforma continental, a matéria orgânica apresentou origem continental em trechos associados à desembocadura dos principais rios brasileiros e origem autóctone, principalmente, costa afora. De uma maneira geral, os resultados mostram que a preservação da matéria orgânica nos sedimentos da plataforma continental brasileira está associada, principalmente, a argilominerais. Os teores de carbono orgânico indicam que a plataforma continental brasileira representa um importante sumidouro de carbono do planeta, podendo ser apontada, localmente, como background para a manutenção do equilíbrio do ciclo global de carbono.*

Palavras-chave: plataforma continental brasileira; sedimentos; matéria orgânica; carbono.

Abstract: *The present work has the purpose of presenting the origins of the organic matter in sediments of part of the Brazilian continental platform associated to the discharge of Brazilian rivers of great importance where the appreciable extension of its drainage watershed are emphasized; the influence of the vegetation, of the erosion, of the transport of material in suspension and of the discharge thrown to the Atlantic Ocean, as well as its importance and implications to the carbon global cycle. The organic matter can present different origins, alóctone or continental and autochthonous, or produced in situ. Along the continental platform, the organic matter presented continental origin in passages associated to the discharge of the main Brazilian rivers and autochthonous origin, mainly, along the coast. In a general way, the results show that the preservation of the organic matter in the sediments of the Brazilian continental platform is associated, mainly, to the clay minerals. The concentration of organic carbon indicates that the Brazilian continental platform represents an important drain of carbon of the planet, and it could be indicated locally, as background to the maintenance of the balance of the carbon global cycle.*

Keywords: Brazilian continental platform; sediments; organic matter; carbon.

1 INTRODUÇÃO

A deposição da matéria orgânica nos sedimentos marinhos está relacionada a diferentes origens (naturais e antrópicas) e seus reservatórios, ao longo do tempo, são importantes para a manutenção do equilíbrio no ciclo global de carbono.

Geralmente, estudos sobre a matéria orgânica (MO) em sedimentos marinhos têm se concentrado em locais próximos aos continentes e estuários. A maior parte dos trabalhos sobre MO enfocam, por exemplo, a importância do registro quantitativo dos compostos orgânicos presentes para os estudos sobre sua origem, importância e implicações. (MADUREIRA, 2002). Entretanto, devido ao alto custo de cruzeiros científicos e pela própria dificuldade de se coletar amostras em regiões onde a coluna d'água ultrapassa a isóbata de 20m de profundidade, poucos trabalhos têm examinado a MO em sedimentos do oceano Atlântico Sul, particularmente na plataforma continental brasileira (PCB).

A MO pode ser estimada pela concentração de carbono total presente na fração lama (argila e silte) dos sedimentos marinhos. Através das técnicas de microcromatografia em analisador de CHN (PEREIRA, 2001; MOLLENHAUER et al., 2003); cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) (MADUREIRA, 2002; PESSÔA NETO, 2001); infravermelho (IV) (PEREIRA, 2001); análise isotópica de Carbono 13 e 14 (OGRINC, 2003), entre outras, pode-se detectar a presença e a origem da matéria orgânica nos sedimentos marinhos e avaliar suas implicações para o ciclo global de carbono.

2 MATÉRIA ORGÂNICA: ORIGEM, IMPORTÂNCIA E IMPLICAÇÕES

2.1 Ciclo Global do Carbono

A dinâmica do ciclo global do carbono (CGC) é muito variável, quer no espaço, quer no tempo. (OGRINC, 2003). O CGC consiste na transferência desse elemento (via queima, respiração, reações químicas) para a atmosfera ou para o mar e a sua reintergração na matéria orgânica via assimilação fotossintética (Figura 1).

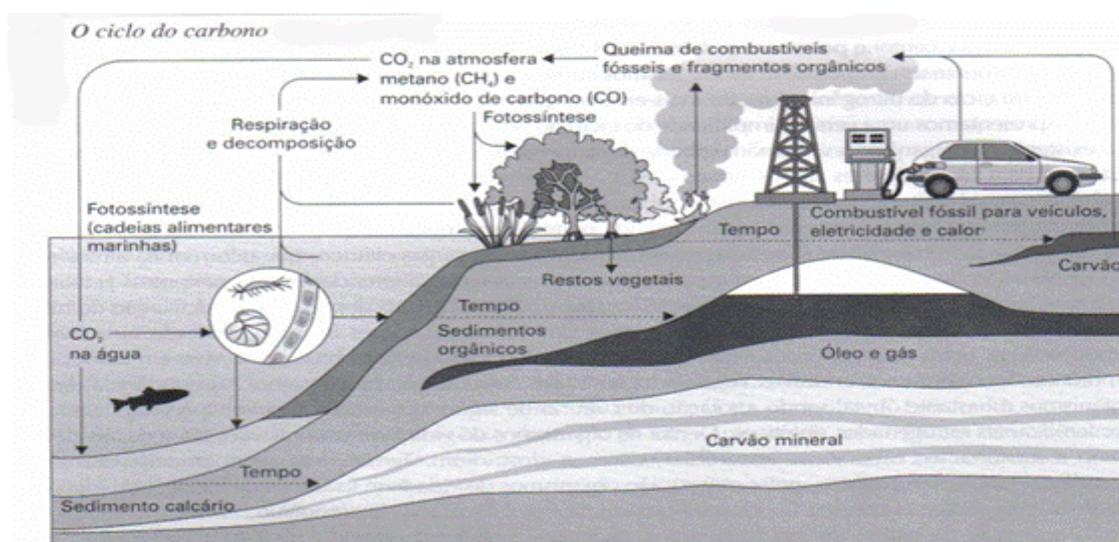


FIGURA 1 - Ciclo global de carbono.

FONTE: Braga (2002).

O carbono inicia seu ciclo através dos seres fotossintetizantes. A MO gerada na fotossíntese é distribuída ao longo do ciclo pelos animais (produtores e consumidores) e decompositores. Estes últimos são capazes de decompô-la e transformá-la em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), aumentando sua capacidade de transporte. Parte do dióxido de carbono se desprende para a atmosfera ou se dissolve na água. Por um lado, as águas que contêm dióxido de carbono reagem com os sais de cálcio dissolvidos para formar carbonatos e bicarbonatos cálcicos. Estes se precipitam por agentes orgânicos ou inorgânicos e contribuem para a formação do calcário. Contudo, o dióxido de carbono que desaparece do ciclo por esse processo não volta por completo à atmosfera. Durante a silicificação dos calcários são desprendidos teores insignificantes de dióxido de carbono porque a quantidade de rochas carbonatadas tende a aumentar. Por outro lado, de forma mais lenta, ao longo dos milhões de anos houve a incorporação de restos de vegetais e animais aos processos geológicos da crosta terrestre. Nesses processos, os organismos foram transformados em combustíveis fósseis e acumulados ao longo da crosta. (BRAGA, 2002).

Outro fator relevante é a ocorrência de metano no planeta. A quantidade de carbono seqüestrado na forma de metano sugere que este seja importante para o equilíbrio do CGC. (KVENVOLDEN, 2002). Nos oceanos o metano pode ocorrer como gás, sendo o principal constituinte do gás natural, ou na forma sólida, de estrutura rígida cercada por moléculas de água, conhecida como metano hidratado. (SLOAN, 1998).

2.2 O Efeito Estufa

A camada protetora da Terra, constituída por vapor de água (H_2O) e gases de estufa como o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e, principalmente, o dióxido de carbono (CO_2), reflete a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, impedindo que parte desta seja perdida para o espaço, o chamado efeito estufa. Como consequência, dá-se o aquecimento da superfície da troposfera. Este processo natural é imprescindível para a manutenção da vida no planeta. Contudo, a elevação dos gases de efeito estufa (GEE) de origem antrópica provoca o aquecimento da Terra, intensificando processos de desertificação e inundações, perdas de produtividade agrícola e de áreas agricultáveis. (KVENVOLDEN, 2002). Segundo Rocha (2004), os GEE também podem intensificar fenômenos como furacões, tufões, ciclones e tempestades.

De acordo com o relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 1995) nos últimos 200 anos cerca de 405 ± 30 gigatoneladas (gigatoneladas, 10^{12}Kg) de carbono foram libertados para a atmosfera. Essas emissões adicionaram-se às que ocorriam naturalmente e, por não serem compensadas totalmente pela assimilação fotossintética, levaram ao aumento da concentração total na atmosfera.

Os oceanos, a vegetação e o solo são importantes reservatórios de carbono. Estes dois últimos contêm cerca de 3,5 vezes mais carbono que a atmosfera, porém os oceanos armazenam uma quantidade 50% superior à atmosférica, o que os torna um importante sumidouro de carbono no planeta. (KVENVOLDEN, 2002).

A assimilação do carbono nos oceanos se dá, principalmente, nos sistemas: interface atmosfera-oceano, lâmina d'água, organismos marinhos e sedimentos. (MADUREIRA et al., 2002). Especialmente o último sistema nos fornece um registro histórico do processo de deposição do carbono e nos permite avaliar suas possíveis origens nos oceanos.

2.3 Matéria Orgânica

O carbono difere dos outros elementos pelo fato de formar mais compostos que todos os outros juntos, cerca de 400 mil, e por sua capacidade de formar cadeias e anéis. (BARBOSA, 2004). Esse elemento é o principal constituinte da MO, participando em 49% do seu peso orgânico seco. (BRAGA, 2002). A natureza geoquímica da MO permite que ela facilmente se incorpore às frações de argila e silte (lama) nos sedimentos e seja carregada através dos rios e depositada no fundo oceânico. (PEREIRA, 2001).

Os rios são os principais agentes de transporte dos detritos (sedimentos) dos continentes para o mar. As cargas de sedimentos intemperizados são carregadas pelos rios de três maneiras (PAIVA, 2001):

- **Suspensão:** Representada pelas partículas de silte e argila que se conservam em suspensão no fluxo d'água.
- **Carga do leito:** representada pelas partículas de areia, cascalho ou fragmentos de rochas que rolam, deslizam ou saltam ao longo do leito.
- **Dissolvida:** representada pelos constituintes intemperizados das rochas que são transportados em solução química no fluxo d'água.

A matéria orgânica associada aos sedimentos na fração lama pode apresentar diferentes fontes. Sua origem pode estar relacionada a fontes naturais ou antrópicas exógenas ou produzida *in situ* pela decomposição e acumulação de organismos oceânicos. Portanto, a natureza do sedimento oceânico deve, de uma maneira geral, espelhar variações na quantidade de material orgânico presente na zona eufótica (região de influência luminosa) da coluna d'água, as possíveis transformações bioquímicas que ocorrem durante o afundamento dessa biomassa, bem como variações no fluxo de material procedente do continente. Entretanto, mesmo após a deposição desse material orgânico exógeno no fundo do oceano, ele ainda está sujeito a uma série de processos biogeoquímicos, principalmente na interface oceano-água e nos primeiros centímetros do sedimento antes que seja soterrado a maiores profundidades. Para interpretação das possíveis origens desse material é necessário examinar os biomarcadores presentes nos sedimentos (Tabela 1).

TABELA 1- Correlação com possíveis origens da MO nos sedimentos e seus biomarcadores geoquímicos.

ORIGEM	BIOMARCADORES	TÉCNICA ANALÍTICA
terrígena	IPC – índice preferencial de carbono; hidrocarbonetos lineares (n-alcenos); HPA's (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos); razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa (CG); cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos; infravermelho, entre outros.
calcárea	% em peso seco de carbonato	Método clássico
algas coralinas	% em peso seco de carbonato	Método clássico
fitoplânctons	ácidos graxos monoinsaturados; alquenonas; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
zooplâncton	Esteróis; alquenonas; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
bactérias	ácidos graxos monoinsaturados; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
animais	ácidos graxos poliinsaturados; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
vegetais	ácidos graxos poliinsaturados; ácidos húmicos e fúlvicos; % (p/p) de carbono e nitrogênio e a razão C/N; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
diatomáceas	ácidos graxos poliinsaturados; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
dinoflagelados	Ácidos graxos poliinsaturados; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
algas	Esteróis; alquenonas; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
bentos	Esteróis; razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS); cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.
solos	Hidrocarbonetos, razão $C_{12/13}$ e datação de C_{14} .	Infravermelho; cromatografia gasosa; cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa; cromatografia gasosa acoplada a detector de isótopos.

FONTE: modificado de Madureira (2002), Pereira (2001) e Pessoa Neto (2001).

Os biomarcadores geoquímicos funcionam como uma impressão digital do ambiente e permitem avaliar a importância do estudo da MO nos sedimentos marinhos através dos parâmetros: produtividade primária (biomassa de fitoplâncton), fluxo de material terrestre, mudanças climáticas, exploração de petróleo e gás e presença de poluentes. (STEPHENS, 1997; SONZOGNI, 1998; PFANNKUCHE, 1999; WEAVER, 1999). As atividades antrópicas, como queimadas, desmatamento, uso indiscriminado de agrotóxicos no solo, lançamento de dejetos industriais e a queima de combustíveis fósseis, entre outras, podem promover o transporte de

poluentes associados à matéria orgânica através dos rios até o mar. Essas contribuições podem implicar em mudanças no ambiente, através de reações biogeoquímicas, e gerar o aumento das concentrações de gás carbônico na atmosfera.

3 OBJETIVO

O presente trabalho tem por finalidade apresentar as possíveis origens da MO em sedimentos, de parte da PCB, associada à desembocadura de rios, enfatizando a apreciável extensão de sua bacia de drenagem; a influência da vegetação, da erosão, do transporte de material em suspensão e da descarga lançada para o oceano Atlântico, bem como sua importância e implicações para o ciclo global do carbono.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Brasil possui uma área de 8.512.000 Km², com 9.200 Km de linha de costa. A bacia do Amazonas e a bacia do rio da Prata são responsáveis pelos maiores aportes de sedimentos para a PCB, porém bacias de menor extensão ao longo da costa também contribuem para o transporte de sedimentos para o oceano Atlântico Sul.

Segundo a teoria da tectônica de placas, a margem continental brasileira (MC) - transição fisiográfica entre os continentes (crosta continental) e as bacias oceânicas (crosta oceânica) - é do tipo "Atlântica". Situa-se a meia distância das bordas da placa Sul-Americana e mantém-se tectonicamente passiva. Nela encontra-se bem caracterizada a PCB. Suas características morfológicas mais salientes são:

- costas razoavelmente baixas e de relevo moderado;
- estabilidade tectônica;
- províncias fisiográficas bem desenvolvidas, da margem continental e bacia oceânica até a Cordilheira Mesoatlântica.

A PCB está situada na parte leste do oceano Atlântico Sul, entre as Coordenadas 5° 00' e 30° 00' de latitude sul e 35° 00' e 55° 00' de longitude oeste, fazendo limites ao Norte com a Guiana, e ao Sul com o Chui.

Sua extensão vai até a cota batimétrica de 40-70 metros, nas regiões Norte e Leste, e de 100-160 metros, na região Sul; com área de 721.000 Km²; declividade média em torno de 0,1°; largura variável de 5 Km (ao largo de Salvador-BA) a 100 Km (na costa Nordeste), ampliando-se até 350 Km na foz do rio Amazonas. Para o Sul atinge a largura máxima de 230 Km na altura de Santos-SP; mas a média reduz-se para 130 Km. (ZEMBRUSCKY, 1972).

A PCB é uma área de grande importância geológica, econômica, ecológica e política. Corresponde à província oceânica mais bem conhecida e estudada, por ser estratégica e produtora de petróleo e outros recursos minerais, local mais favorável para a pesca e rota obrigatória de navios. É o prolongamento do próprio continente. (PROJETO REMAC, 1971). Tem configuração mais ou menos plana, suavemente inclinada mar adentro, de fácil indicação nos mapas batimétricos.

Em 4 de janeiro de 1993, o governo brasileiro sancionou a Lei nº 8.617, que tornou os limites marítimos brasileiros coerentes com os limites preconizados pela CNUDM (Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar).

A plataforma continental (PC) de um Estado costeiro compreende o leito e o subsolo das áreas submarinas que se estendem além do seu mar territorial, em toda a extensão do prolongamento natural do seu território terrestre, até ao bordo exterior da margem continental, ou até uma distância de 200 milhas marítimas das linhas de base a partir das quais se mede a largura do mar territorial, nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância. (CNUDM, art. 76, par. 1).

A definição de PC, consagrada pelo parágrafo 1º do artigo 76 da CNUDM, tem um enfoque jurídico (PCJ) e pouco tem a ver com o conceito fisiográfico ou geomorfológico de plataforma continental (PCG) de Heezen, Tharp e Ewing (1959). Segundo esses autores, a PCG é uma área plana, com relevo muito suave e gradiente sempre inferior a 1:1000. Mundialmente, está limitada a profundidades menores que 460m, com predominância de profundidades inferiores a 185m, razão pela qual comumente se utiliza a isóbata de 200 m como o limite da PCG. A sua largura varia de poucas milhas a mais de 200 milhas marítimas. Sua borda externa – ou "quebra da plataforma" – é marcada quando o gradiente passa, bruscamente, de menos de 1:1000 para maior do que 1:40. (Figura 2).

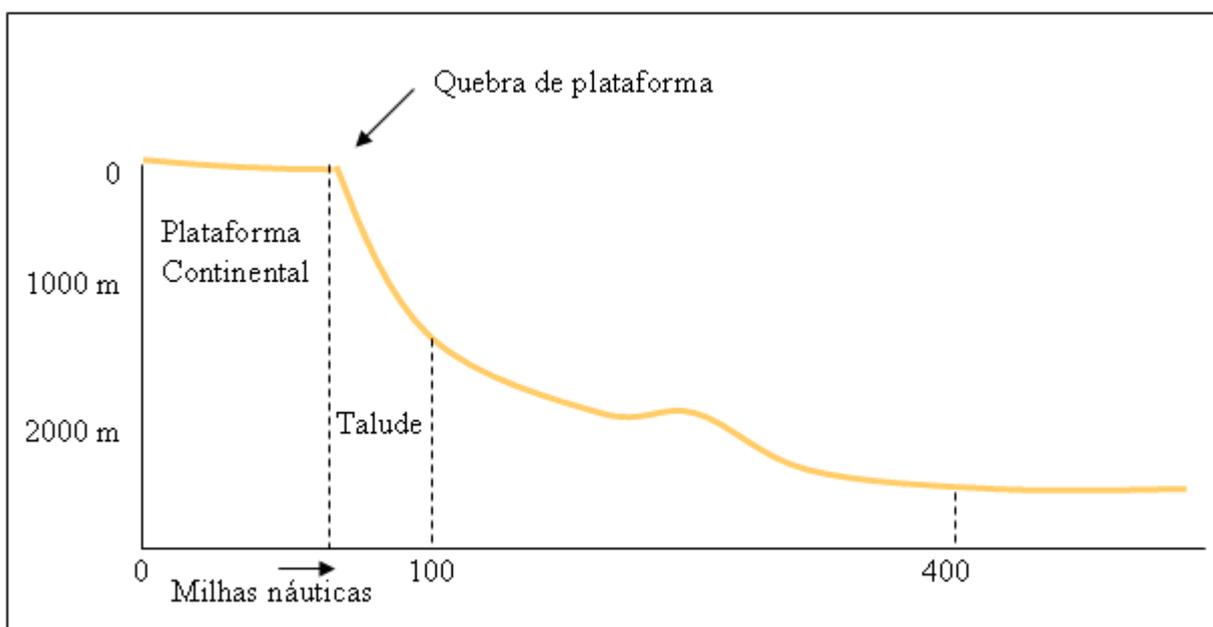


FIGURA 2 - Esboço do Perfil de uma Bacia Oceânica Típica.

Os Projetos REMAC (reconhecimento global da margem continental brasileira), de 1972, e REVIZEE (recursos vivos da zona econômica exclusiva), de 1994, utilizaram diferentes classificações para a divisão da PCB e servem como base para o levantamento de dados das principais áreas de concentração de lama e matéria orgânica. De acordo com o Projeto REMAC, a PCB se divide em: Norte Brasileira – compreendida entre o cabo Orange, no Amapá, e o cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte – distingue-se por grande variedade de feições morfológicas; Margem Leste – compreendida entre a Ponta do Calcanhar, no Rio Grande do Norte, e a cidade de Itapemirim, no Espírito Santo – e Sul, cadeia de Vitória-Trindade até além da fronteira com o Uruguai. Por outro lado, o Projeto REVIZEE dividiu a costa brasileira em quatro grandes regiões: Norte (da Foz do rio Parnaíba à fronteira marítima com a Guiana); Nordeste (de Salvador à Foz do Rio Parnaíba, incluindo o Atol das Rocas e os Arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo); Central (do Cabo de São Tomé a Salvador, incluindo as Ilhas de Trindade) e Sul (do Chuí ao Cabo de São Tomé).

A distribuição de sedimentos na PCB é controlada por vários fatores interdependentes, entre os quais a morfologia de fundo, sua produtividade primária, a circulação oceânica, a deposição de calcita e o aporte de terrígenos. Este último, carregado através de rios pertencentes às principais bacias hidrográficas (Figura 3).

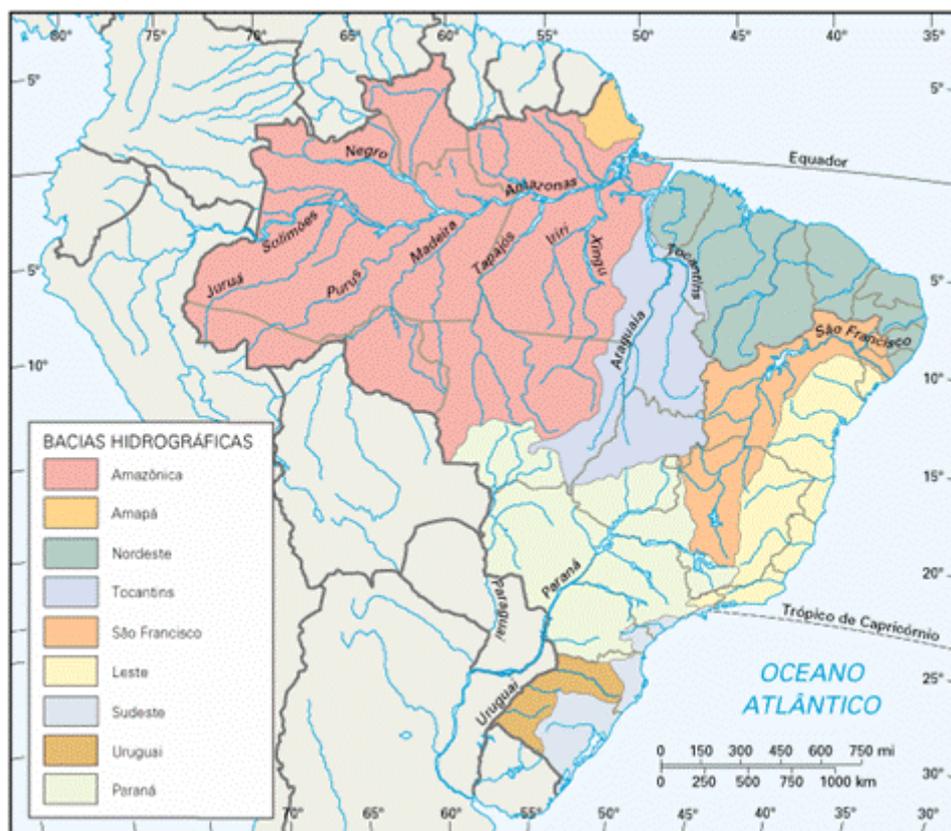


FIGURA 3 - Mapa brasileiro de bacias hidrográficas
FONTE: www.ana.gov.br

5 Resultados e Discussão

5.1 Origem da Matéria Orgânica na Plataforma Continental Brasileira

5.1.1 Plataforma Continental Norte Brasileira

As características geoambientais do rio Amazonas têm sido descritas na literatura, onde se enfatizam a apreciável extensão de sua bacia de drenagem e a influência da floresta, da erosão, da sazonalidade, do considerável índice pluviométrico, do transporte de material em suspensão e da notável descarga lançada para o oceano Atlântico. (DEGENS; KEMPE; RICHEY, 1991). (Figura 4).

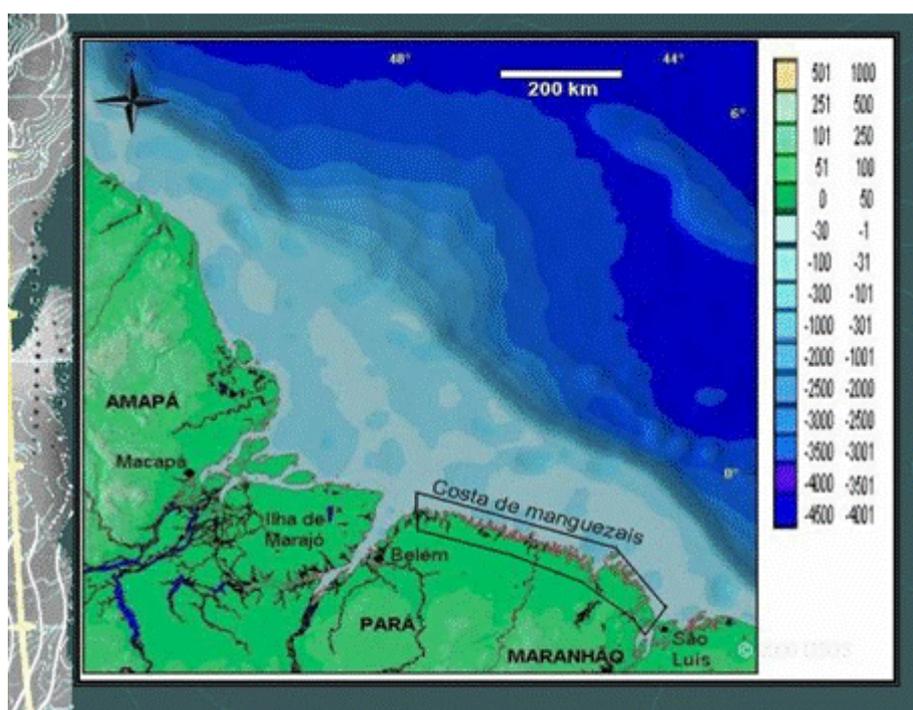


FIGURA 4 - Mapa da Costa Amazônica
FONTE: www.mma.gov.br

Os estudos de Zemrusky (1972) assinalam que a fácies lamosa da plataforma continental Norte Brasileira é limitada externamente pela isóbata de 30m. Na fácies lamosa identificou-se a predominância da origem fluvial devido à presença de restos vegetais e de minerais pesados imaturos (POMERANCLBLUM; COSTA, 1972) pertencentes ao complexo estuarino amazônico. Este complexo é constituído pelos estuários do Amazonas e do Pará/Tocantins, que incluem numerosos pequenos rios, canais, igarapés e ilhas, e são separados pela Ilha de Marajó.

Mollenhauer (2004), em seu estudo sobre a acumulação de carbono orgânico em sedimentos, determinou as concentrações de carbono orgânico na região do oceano Atlântico Sul. Este estudo foi realizado

na região tropical e subtropical do oceano Atlântico Sul, entre as coordenadas de 10°N e 40-50°S. Foram coletadas 1.118 amostras de sedimentos superficiais e analisou-se o conteúdo de carbono orgânico em percentagem de seu peso seco.

Os resultados da composição elementar e isotópica das amostras mostraram que as concentrações mais elevadas de carbono orgânico nos sedimentos chegaram a 9% (peso seco) nas estações próximas às linhas de costa associadas à desembocadura de rios.

Os teores mais elevados de produtividade primária (biomassa de fitoplâncton, g de Carbono/ m², ano), determinados por imagem de satélite pelo mapa global de pigmentação fotossintética “Coastal Zone Color Scanner” (CZCS), ocorreram nas costas Norte, Leste e Sul, próximo a regiões de influência de grandes bacias hidrográficas. (MOLLENHAUER, 2004 apud ANTONIE et al., 1996). (Figura 5).

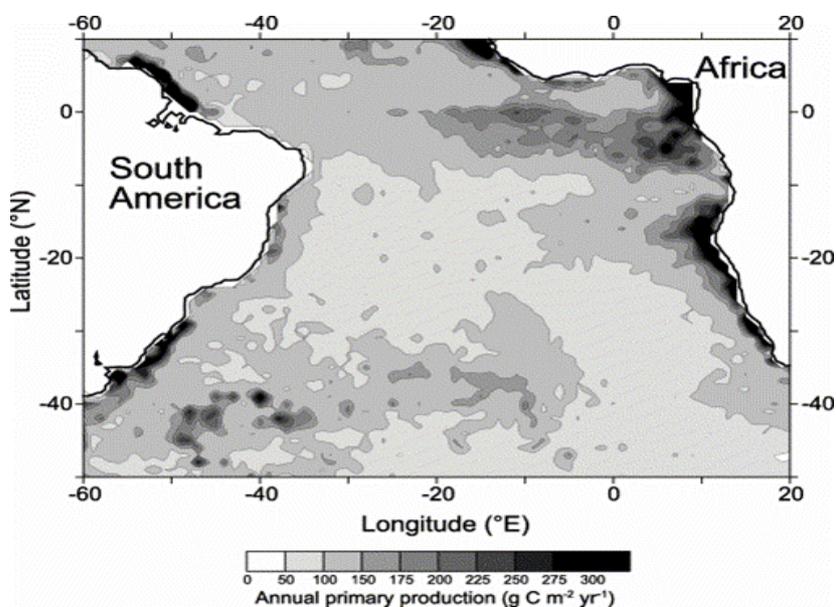


FIGURA 5 - Produtividade primária em sedimentos superficiais do oceano Atlântico Sul.
FONTE: modificado de Mollenhauer (2004 apud ANTONIE et al., 1996).

Na costa Norte a descarga de matéria orgânica associada ao transporte de sedimentos não é distribuída diretamente a “*offshore*” e, sim, dispersada pela ação das correntes em direção à costa do Amapá. Estes resultados indicam que esse trecho é dominado por lama de origem continental. Já no cone do Amazonas a acumulação de carbono orgânico é dominada pela produção marinha autóctone. (MOLLENHAUER et al., 2004). Isto pode ser estimado pela concentração de carbono orgânico incorporado aos sedimentos de fundo. (Figura 6).

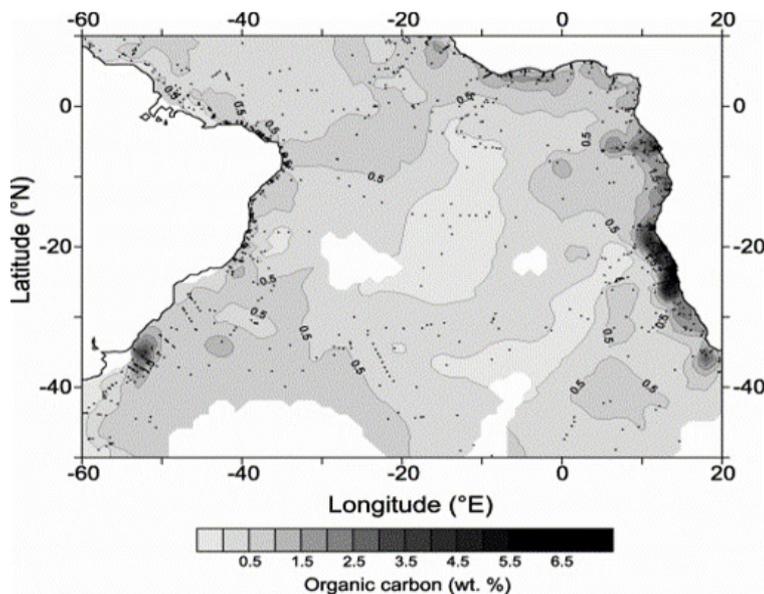


FIGURA 6 - Carbono orgânico em sedimentos superficiais do oceano Atlântico Sul. FONTE: Mollenhauer et al. (2004).

Durante o Programa REVIZEE (recursos vivos da zona econômica exclusiva) Pereira (2001) coletou amostras de material em suspensão (M.S.) que chegam ao oceano em diferentes pontos da costa Norte, com o objetivo de avaliar a origem da matéria orgânica associada aos sedimentos. Determinou-se C, N e H elementar por microcromatografia em analisador de CHN e, como ferramenta para identificação da origem da MO, recorreu-se às análises de Infravermelho (IV).

Constatou-se que as concentrações mais elevadas de material em suspensão localizam-se em pontos mais próximos à costa, diminuindo costa-afora. Esses dados levam a concluir que a distribuição do M.S. está inversamente associada ao aumento de salinidade, fato observado por Gibbs (1970).

Os teores encontrados para C elementar orgânico estendem-se de 1,11% a 2,05%, enquanto que os teores de N, de 0,03% a 0,13%. Esses teores produzem índices de relação C/N, variando de 9,64 até o máximo de 68,3. Estes últimos caracterizam, provavelmente, um material rico em produtos de decomposição de celulose, de origem vegetal.

Observou-se, através dos espectros de IV, o amplo domínio de compostos inorgânicos, como os argilominerais, sílica e colóides de ferro e titânio sobre a matéria orgânica contida nas amostras. Os espectros de absorção na região do IV de ácidos húmicos e fúlvicos, de diferentes origens, são semelhantes, porém não são idênticos. As diferenças, sutis, são resultantes de breves alterações em suas composições. Os aspectos mais interessantes dos espectros registrados dizem respeito ao aparecimento das nítidas, porém fracas, bandas de absorção no intervalo de 2959 – 2855 cm^{-1} , atribuídas aos grupos metileno $-\text{CH}_2-$ de hidrocarbonetos e à presença de fraca, porém nítida, banda em torno de 1385 cm^{-1} referente aos grupos carboxila e/ou carbonila. A

interpretação mais imediata desses resultados leva à conclusão de tratar-se de material húmico presente na matéria orgânica oriunda de lixiviações e drenagem de solos amazônicos típicos, tais como podzólicos e latossólicos. Com efeito, a julgar pela predominância desses tipos de solos em áreas da floresta amazônica (equatorial, quente, úmida) ao longo das margens do curso do Amazonas, pela notável presença de material húmico nessas águas fluviais (LEENHEER, 1980) e pelo transporte e despejos desse material nas águas costeiras do oceano Atlântico, à foz do grande rio, é de se esperar que haja, ainda, influência de material húmico na matéria orgânica transportada pelos sedimentos em suspensão.

5.1.2 Plataformas Continentais Nordeste e Central Brasileira

Na região que vai do Ceará (CE) à Paraíba (PB) a acumulação de carbono orgânico é dominada pela produção marinha autóctone devida, principalmente, ao baixo suprimento de sedimentos do continente. (MOLLENHAUER et al., 2004). (Figura 6).

Na região de Alagoas (AL) e Sergipe (SE) a fração lama dos sedimentos é predominantemente associada à desembocadura do rio São Francisco e é, geralmente, moderna, exceto a da cabeceira dos cânions do São Francisco e de Japarutuba, cuja deposição parece sugerir mais baixo nível do mar, já que a distribuição dos sedimentos modernos do rio está limitada a cerca de 5 Km da costa. (SUMMERHAYERS; MELO; BARRETO, 1976). (Figura 7).

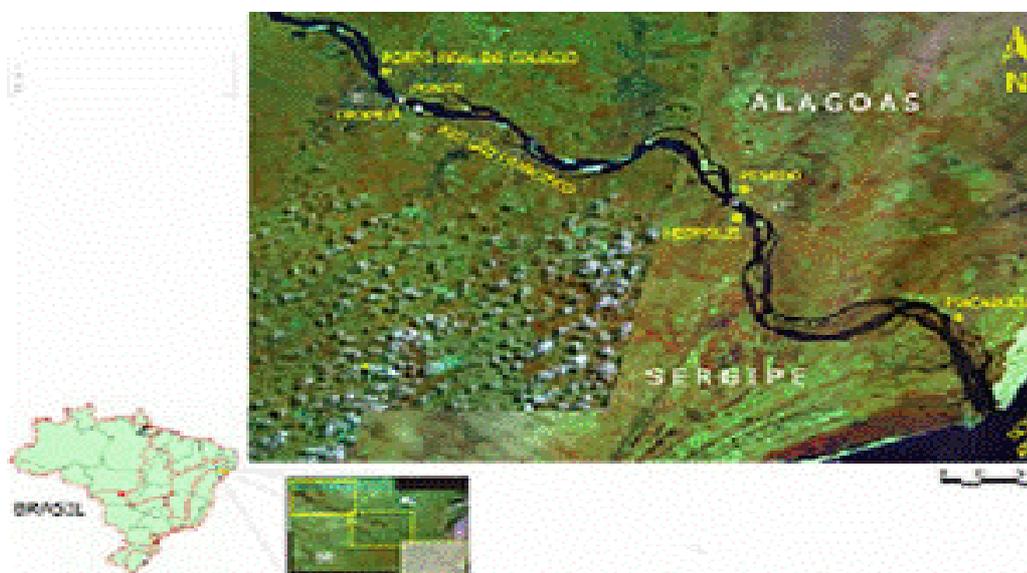


FIGURA 7 – Mapa da região de Sergipe (SE) e Alagoas (AL) associada à desembocadura do rio São Francisco.
FONTE: www.mma.gov.br

Segundo Mollenhauer et al. (2004), na região que vai da Bahia (BA) ao Espírito Santo (ES) – parte da costa Central - a acumulação de carbono orgânico tem origem terrestre devido, provavelmente, à influência de grandes bacias que elevam o suprimento de sedimento do oceano, como também, da produção “*in situ*” originada de organismos marinhos. (Figura 6). O Estado da Bahia, especialmente, apresenta rios com relevante capacidade de drenagem e concentração de lama ao longo de sua plataforma continental. (Figura 8).

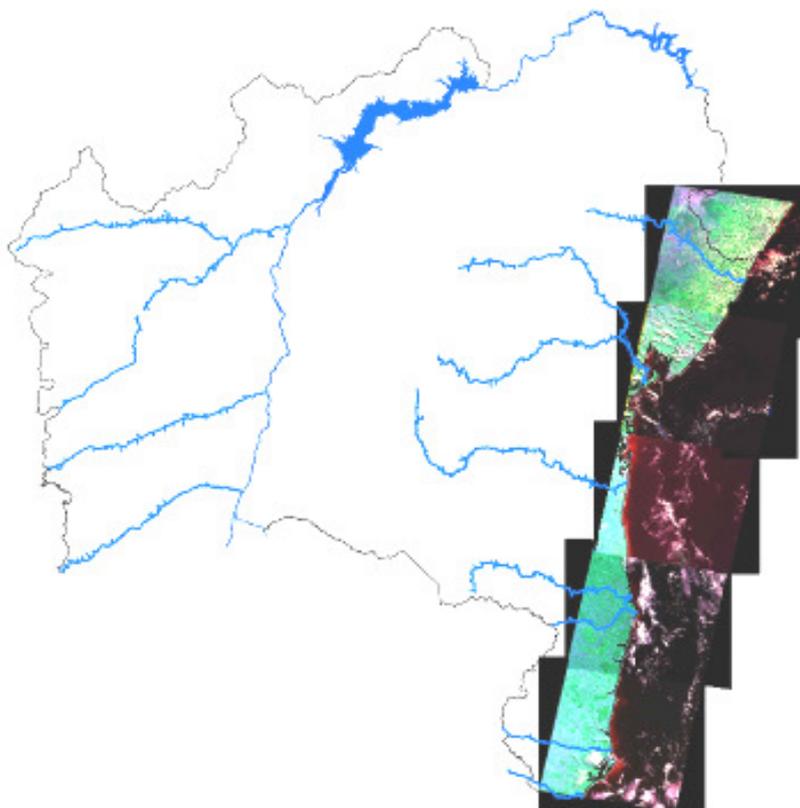


FIGURA 8 - Mapa em mosaico mostrando as principais desembocaduras de rios no Estado da Bahia (BA).
FONTE: www.srh.ba.gov.br

Durante a realização dos cruzeiros do Programa REVIZEE - Costa Central, Pessoa Neto (2001) coletou 22 amostras de sedimentos em diferentes pontos no trecho de Salvador (BA) ao cabo de São Tomé (RJ) (SCST), com o objetivo de estimar a origem da MO e determinar níveis de poluição por componentes orgânicos nessa região. (Figura 9).

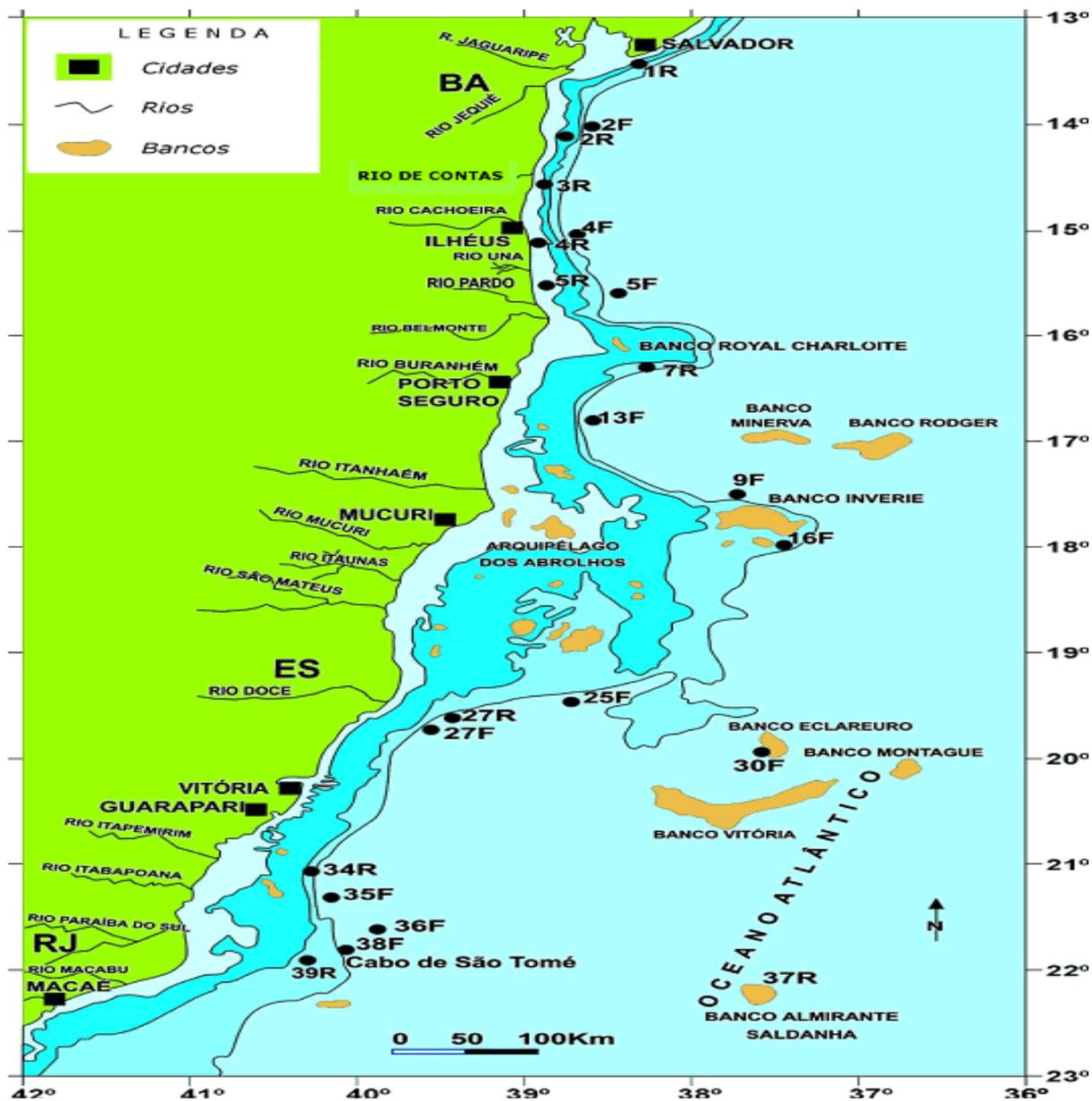


FIGURA 9 - Mapa da Costa Central do Brasil com os pontos coletados.
 FONTE: modificado de Pessoa Neto (2001).

Os parâmetros investigados foram carbonato, teores de lipídios, carbono orgânico total, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e *n*-alcanos (*n*-ALC) presentes nos sedimentos. As estações foram classificadas de acordo com a profundidade: raso (R) e fundo (F).

Os teores de carbonato dos sedimentos amostrados na SCST (Figuras 8 e 10) variaram de 22,97 % p/p (ponto 39R, localizado na área da bacia petrolífera na direção do Cabo de São Tomé, RJ) a 99,07 % p/p (ponto 7R, próximo ao banco Royal Charlotte), nas amostras do *setor raso*. Para o *setor fundo*, a variação foi de 35,56 % p/p (ponto 27F, na direção do Rio Doce, ES) a 99,70 % p/p (ponto 9F, próximo ao banco Inverte - Figura 10).

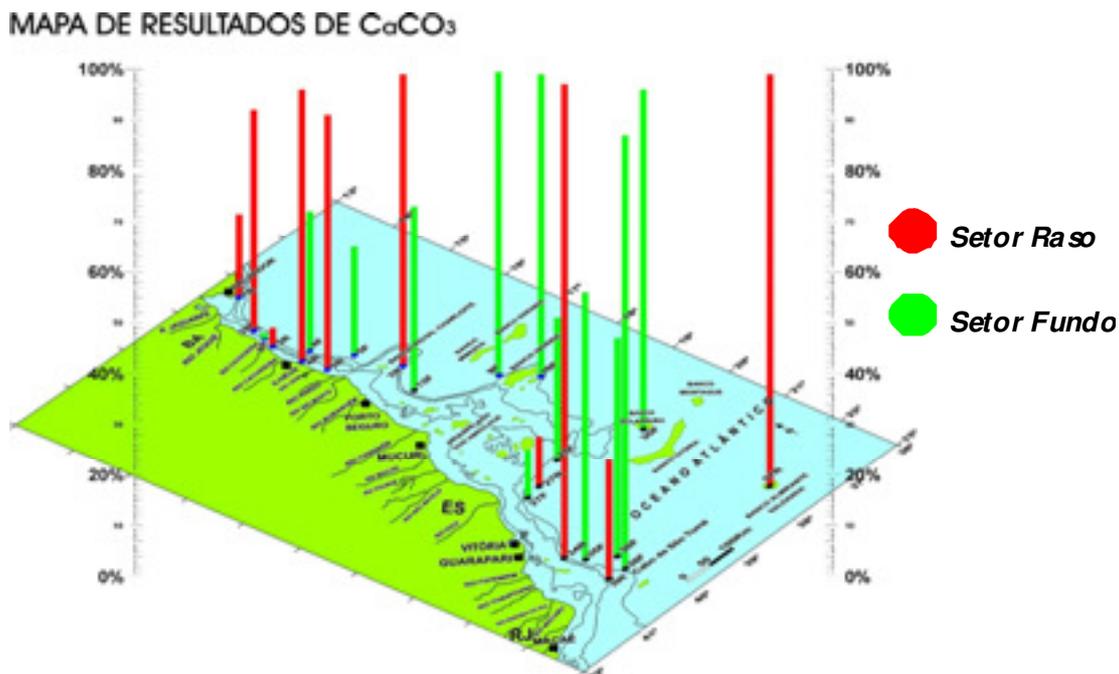


FIGURA 10 - Panorama da distribuição dos teores de CaCO_3 nos sedimentos dos setores *Raso* e *Fundo* da SCST.
 FONTE: Pessoa Neto (2001)

Os resultados encontrados na SCST indicam que os sedimentos desta região são predominantemente carbonáticos. O carbonato nos sedimentos pode ser derivado principalmente de atividades de algas calcárias associadas a outros organismos que encontram, na PC norte e nordeste brasileira, condições favoráveis ao seu desenvolvimento. (SKINNER et al, 1982). Em algumas estações foram coletadas amostras de lama com baixo teor de carbonato, indicando origem siliciclástica, como pode ser observada no ponto 3R próximo à desembocadura do rio de Contas.

Os teores de carbono orgânico total (COT), para o setor raso, variaram de 0,11 % (ponto 39R) a 0,74 % p/p (ponto 3R). Para o setor fundo, os teores de COT apresentaram-se entre 0,12 % (ponto 2F) a 0,90 % (ponto 5F). (Figuras 11.1 e 11.2).

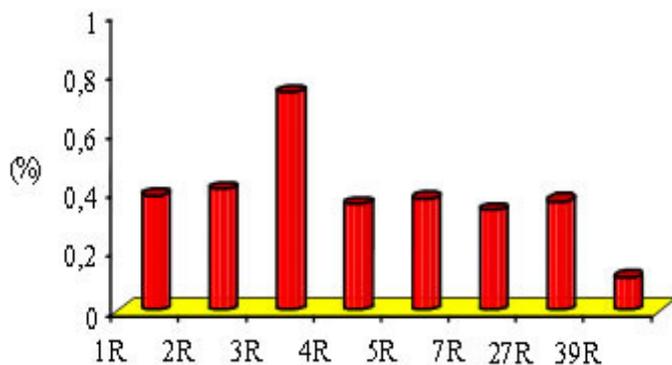


FIGURA 11.1 – Teores de COT n Setor Raso

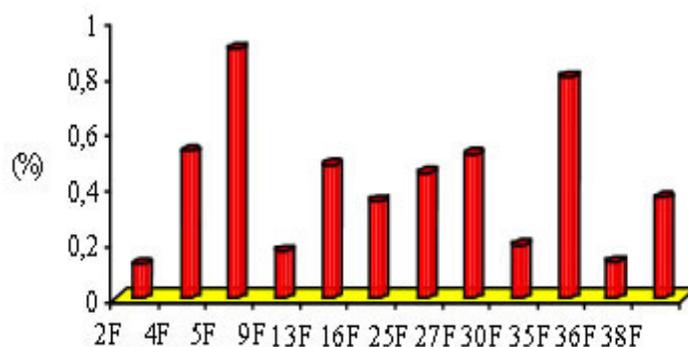


FIGURA 11.2 – Teores de COT no Setor Fundo

Os resultados mostraram que a origem da MO é continental em locais próximos às desembocaduras de rios. Na estação 1R, próxima à baía de Todos os Santos (BA) (BTS), na 27 R, próxima ao Porto Tubarão no Espírito Santo (ES) e na 39R, próxima à influência do rio Paraíba do Sul (RJ), os resultados de hidrocarbonetos lineares e aromáticos, como também o índice preferencial de carbono (IPC) mostram origem antrópica para a MO.

As amostras coletadas no limite da PC - 2R, 2F, 4R, 4F, 5R, 5F, 9F e 13F - apresentaram teores e tipos de carbono indicativos de origem biogênica para MO a partir da análise dos resultados de IPC e hidrocarbonetos.

5.1.3 Plataforma Continental Sul Brasileira

No Brasil, outro sistema fluvial que pode contribuir de maneira relevante para o conteúdo de carbono orgânico nos sedimentos da PCB é aquele constituído pelo rio da Prata. (MOLLENHAUER et al., 2004). (Figuras 5 e 6). Apesar da descarga dos sedimentos se dar fora da PCB, o material é transportado pelas correntes, atingindo a costa sul do Brasil. Nessa região os resultados mostraram origem terrígena e biogênica para a matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A MO associada aos sedimentos na PCB possui diferentes origens. Ao longo da PC a MO apresentou origem continental em trechos associados à desembocadura dos principais rios brasileiros e origem autóctone, principalmente, costa-afora da PCB.

Na Costa Norte brasileira os resultados mostraram que os sedimentos são dispersados pela ação das correntes em direção à costa do Amapá, e a origem da MO é, predominantemente, terrígena, devido à presença de restos de vegetais, animais e solo dos tipos podzólicos e latossólicos. Já no cone do Amazonas, a acumulação de CO é dominada pela produção marinha autóctone.

A Costa Nordeste, no trecho que vai do Ceará (CE) à Paraíba (PB), apresenta baixo suprimento de sedimentos devido, provavelmente, à ausência de grandes bacias de drenagem e é dominada pela produção marinha autóctone.

Já no trecho que vai de Alagoas (AL) a Sergipe (SE) a PC é dominada por sedimentos oriundos do rio São Francisco. A fração lama dos sedimentos é predominantemente associada à desembocadura deste rio, sendo

geralmente moderna, exceto as das cabeceiras dos cânions São Francisco e Japarutuba, cuja deposição sugere mais baixo nível do mar. (SUMMERHAYERS; MELO; BARRETO, 1976).

A Costa Central no trecho SCST é dominada por MO sedimentar de origem continental nas estações próximas às desembocaduras de rios (REVIZEE, 1994); por outro lado, nos pontos próximos ao limite da PC, os sedimentos apresentaram origem biogênica, associada, provavelmente, à produtividade primária. (MOLLENHAUER et al., 2004). Apenas nas estações 1R na baía de Todos os Santos (BA), 27R, próximo ao rio Doce (ES), e 39R, próximo ao rio Paraíba do Sul (RJ), os resultados apresentaram indicações de MO de origem antrópica. Através dos baixos teores de carbonato encontrados nas estações 3R e 27R, próximas às desembocaduras dos rios de Contas (BA) e Doce (ES), respectivamente, os resultados indicam presença de lama siliciclástica. (PESSÔA NETO, 2001).

A Costa Sul apresenta outro sistema fluvial que pode contribuir de maneira relevante para o conteúdo de MO nos sedimentos da PCB. Apesar da descarga dos sedimentos se dar fora da PCB, o material oriundo da bacia do rio da Prata é transportado pelas correntes marinhas em direção ao Sul do Brasil. Nessa região os resultados mostraram origem terrígena e biogênica para a MO. (MOLLENHAUER et al., 2004).

De uma maneira geral, os resultados mostram que a preservação da MO nos sedimentos da PCB está associada, principalmente, a argilominerais. Os teores de CO indicam que a PCB representa um importante sumidouro de carbono do planeta, podendo ser apontada como *background* para a manutenção do equilíbrio do CGC.

Recomenda-se a realização de estudos na PCB, principalmente nos sistemas interface coluna d'água-sedimento, com o objetivo de melhor esclarecer a interação entre o carbono inorgânico dissolvido (CID) na coluna d'água e o carbono orgânico (CO) acumulado nos sedimentos, bem como em testemunhos de 1(um) metro ou mais de profundidade. de modo a possibilitar o registro de dados sobre o comportamento da acumulação de CO do período quaternário até os dias atuais.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

BERNER, R. A. Biogeochemical cycles of carbon and sulfur and their effect on atmospheric oxygen over Phanerozoic time. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecology**, v. 73, p. 97-122, 1989.

CARVALHO, A. M. de. **Estudo geoquímico de metais pesados em sedimentos do oceano Atlântico – trecho – Salvador (BA) ao cabo de São Tomé (RJ)**. **Geoquímica e Meio Ambiente**. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 1999.

- COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribution de los sedimentos em la plataforma continental norte-nordeste do Brasil. Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions. UNESCO, p. 261-284, 1968. In: Relatórios do Projeto REVIZEE, Centro de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 1994.
- DEGENS, E. T.; KEMPE, S.; RICHEY, J. E. **Biogeochemistry of major world rivers**. Scope 42. Wiley, Brisbane; 1991.
- EISMA, D.; AUGUSTINUS, P. G. E. F.; ALEXANDER, C. Recent and subrecent changes in the dispersal of Amazonas mud. **Netherland Journal Sea Research**, v. 28, n. 3, p. 181-192. 1991.
- FASS, R. W. Mass-physical and geotechnical properties of surficial sediments and dense nearbed suspensions on the Amazon continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 6(1/2), p. 189-208, 1986.
- GERSHANOVICH, D.E.; GORSHKOVA, T.I.; KONIUKHOV, A.I. Organic matter in recent sediments of continental margins. In: ORGANIC matter in Recent and Fossil Sediments and Methods of Its Investigation. Nauka, Moscow (in Russian). Goldhaber, M.B. and Kaplan, I.R., 1975.
- GIBBS, R. J. "Circulation in the Amazon River Estuary and the adjacent Atlantic Ocean". **Journal of Marine Research**, n. 28, p. 113 – 123, 1970.
- GIBBS, R. J. Amazon River sediment transport in the Atlantic Ocean. **Geology**, v. 4, p. 45-48, 1976.
- HEDGES, J. I.; KEIL, R. G. Sedimentary organic matter preservation: an assessment an speculative synthesis. **Marine Chemistry**, v. 49, p. 81-115, 1995.
- HENRY, R.; NUNES, M. A.; MITSUKA, P. M.; LIMA, N. de; CASANOVA, S. M. C. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos- SP, v. 58, 1998.
- IPCC. **Relatório do Painel Internacional de Mudanças Climáticas**. 1995. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 17 out. 2005.
- KEMPF, M.; MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Estudo da plataforma continental da área do Recife. – Generalidades sobre o fundo. Trab. Oceanogr. Univ. Federal de Pernambuco, (9/11), p. 125-148, 1970. In: Relatórios do Projeto REVIZEE, Centro de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 1994.
- KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. A. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. In: PROJETO REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS. Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, v. 8, p. 1-55, 1979.
- KUEHL, S.A.; DEMASTER, D. J.; NITTROUER, C. A. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 6(1/2), p. 209-225.
- KVENVOLDEN, K.A. Methane hydrate in the global organic carbon cycle. **Terra Nova**, v. 14, p. 302-306, 2002.
- LEENHEER, J. A. Origin and nature of humic substances in the waters of the Amazon river basin. **Acta Amazônica**, v. 10, n. 3, p. 513-526, 1980.

- MADUREIRA, L.A. dos S.; Compostos orgânicos em sedimentos marinhos: uma viagem ao fundo do oceano Atlântico Norte. **Química Nova**, v. 25, n. 5, p. 814-824, 2002.
- MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, v. 27, n. 5/6, p. 213-250, 1997.
- MILLIMAN, J. D.; SUMMERHAYES, C. P.; BARRETTO, H. T. Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: A model. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 86, p. 610-614, 1975. In: PROJETO REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS. Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, 1972.
- MILLIMAN, J. D.; BARRETTO, H. T. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part I. Background. **Contr. Sedimentology**, v. 4, p. 1-10, 1975.
- MOLLENHAUER, G.; SCHNEIDER, R. R.; JENNERJAHN, T.; MULLER, P.J.; WEFER, G. Organic carbon accumulation in the South Atlantic Ocean: its modern, mid-holocene and last glacial distribution. **Global and Planetary Change**, v. 40, n. 3, p. 249-266, 2004.
- MUEHE, D. **Caracterização físico-natural da plataforma continental interna e área costeira adjacente**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1995. 70 p.
- OGRINC, N.; FAGANELI, J. Stable carbon isotopes in pore water of coastal marine sediments (the gulf of trieste, N Adriatic). **Acta Chim. Slov.**, v. 50, p. 645-662, 2003.
- OLSON, J. S.; GARRELS, R. M.; BERNER, R.A.; ARMENTANO, T. V.; DYER, M. I.; TOALON, D.H. The natural carbon cycle. In: TRABALKA, J. R. (Ed.) **Atmospheric Carbon Dioxide and Global carbon Cycle**. US Dep. Energy, Washington, DC, 1985. p. 175-213.
- OTTMANN, F. Estudo das amostras do fundo recolhidas pelo Navio E. Almirante Saldanha, na região da embocadura do Rio Amazonas. *Trab. Inst. Marit. Oceanogr., Univ. de Recife*, v. 1, n. 1, p. 77-106, 1959. In: Relatórios do Projeto REVIZEE, Centro de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 1994.
- PEREIRA, S. B. A natureza geoquímica da matéria orgânica transportada para a foz do rio Amazonas (Brasil, região norte). Programa REVIZEE. Portugal, 2001. p. 73- 74.
- PESSOA NETO, A. R. **Estudo geoquímico em sedimentos do trecho oceânico do Atlântico de Salvador (BA) ao cabo de São Tomé (RJ)**. **Geoquímica e Meio Ambiente**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente). Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia, 2001.
- PREMUZIC, E. T.; BENKOVITZ, C. M.; GAFENEY, J. S.; WALSH, J.J. The nature and distribution of organic matter in the surface sediments of world oceans and seas. **Organic Geochemistry**, v. 4, p. 63-77, 1982.
- PROJETO REMAC - **Reconhecimento das margens continentais brasileiras** PETROBRÁS, v. 1 a 11, 1972.
- ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental**. São Paulo: Bookman, 2004. 154 p.

SUMMERHAYERS, C. P.; COUTINHO, P. N.; FRANÇA, A. M. C.; ELLIS, J. P. Upper continental margin sedimentation of Brazil. Part III. Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. **Contr. Sedimentology**, v. 4, p. 44-78, 1975. In: Relatórios do Projeto REVIZEE, Centro de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 1994.

SUMMERHAYERS, C. P.; MELO, U.; BARRETO, H. T. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments of southeastern Brazil. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 6, n.4, p. 819-828, 1976.

STEPHENS, M. P.; KADKO, D. C.; SMITH, C. R.; LATASA, M. **Geochemistry Cosmochim. Acta**, v. 61, p. 4605, 1997.

ZEMBRUSCKY, S. G. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias adjacentes. In: PROJETO REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS. Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, v. 7, p. 129-177, 1972.

ZIMMERMAN, A. R.; CANUEL, E. A. A geochemical record of eutrophication and anoxia in Chesapeake Bay Sediments: anthropogenic influence on organic matter composition. **Marine Chemistry**, v. 69, p. 117-137, 2000.