

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/228834182>

Geoquímica de sedimentos da plataforma continental do Estado do Ceará-Brasil

Article · January 2008

CITATIONS

2

READS

463

5 authors, including:



[Helena Becker](#)

Universidade Federal do Ceará

42 PUBLICATIONS 699 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Modelling and improvement of the integrated urban water system of Fortaleza/CE, including sewer, stormwater and coastal waters [View project](#)



ebook entitled: Advances in chromatographic analysis [View project](#)



Geoquímica de sedimentos da plataforma continental do Estado do Ceará - Brasil

Ruth Maria Bonfim Vidal^a, Helena Becker^b & George Satander Sá Freire^a

Recebido em 01 de agosto de 2008 / Aceito em 22 de maio de 2009

Resumo

O objeto deste trabalho é levantar e sistematizar informações sobre a geoquímica dos sedimentos encontrados na plataforma continental do Estado do Ceará, contribuindo para o conhecimento da distribuição de elementos traços na plataforma continental do Nordeste do Brasil. A área em estudo está localizada entre as latitudes de 1° N e 5° S e 30° e 40° W de longitude. Foram analisadas amostras de sedimentos coletadas em 8 estações durante os anos de 1997 (verão), 1998 (outono) e 2000 (primavera), resultando em 19 amostras. Quanto à cobertura sedimentar, foram encontradas as seguintes fácies: areia quartzosa, areia carbonática, fragmentos de conchas e algas calcárias *Lithothamnium* e *Halimeda*. Os fragmentos de conchas apresentaram as maiores concentrações totais de metais, enquanto nas algas *Lithothamnium* foi detectado o maior teor de carbonato. Há uma forte correlação entre ferro, manganês, zinco e chumbo em todas as frações analisadas, sendo que nas citadas frações a relação média entre ferro e manganês é da ordem de 1:25, assim como também foi encontrado expressiva correspondência entre as concentrações de cromo e carbonato nas amostras que apresentaram teor de carbonato maior que 20%. Nas amostras de areia quartzosa, fragmentos de conchas e *Halimeda*, identificaram-se resultados próximos quanto à distribuição de ferro, manganês, zinco e cromo.

Palavras-Chave: Sedimento marinho, Metais, Algas calcárias, Carbonato, Matéria orgânica

Abstract

*The object of this work is to systematize information about geochemistry of sediments found in the Ceará State continental shelf, contributing to the knowledge about the distribution of trace elements within the continental shelf of northeastern Brazil. The study area is located between 1° N and 5° S latitudes, as well as between 30° and 40° W longitudes. We analyzed samples of sediments, collected at eight stations, during the years of 1997 (summer), 1998 (autumn) and 2000 (spring), resulting in 19 samples. In reference to the sedimentary cover, we found the following types: quartz sands, carbonate sands, fragments of shells, calcareous algae *Halimeda* and *Lithothamnium*. The fragments of shells have the highest total concentration of metals, while in algae *Lithothamnium*, there is the highest level of carbonate. A strong correlation between iron, manganese, zinc and lead can be observed in all the samples properly examined. In the above aforesaid samples, the average ratio between iron and manganese was about 1:25, and it was also found that a significant correlation between the concentrations of chromium and carbonate in the samples, showed up carbonate contents, which are higher than 20%. Samples of quartz sand, shells and fragments of *Halimeda*, were identified with similar results, concerning the distribution of iron, manganese, zinc and chromium.*

Keywords: Marine sediments, Metals, Calcareous algae, Carbonate, Organic matters

^aLaboratório de Geologia Ambiental (LGA) - Depto Geologia, ^bLaboratório de Química Ambiental (LAQA) - Depto Química Analítica e Físico-Química, Universidade Federal do Ceará. Campus Universitário do Pici, Blocos 913 e 940, 60451-970, Fortaleza – CE. E-mail: tutavidal@yahoo.com.br, becker@ufc.br, freire@ufc.br.

1. Introdução

Através de uma avaliação recente na literatura, percebe-se que o monitoramento de teores metálicos em sedimentos marinhos vem tendo uma ênfase considerável, posto que a contaminação do meio ambiente e em especial o ambiente marinho, pode ter origem em diversas fontes. As fontes antrópicas de origem terrestre contribuem, em termos globais, para a contaminação marinha com taxas de cerca de 70 a 80% da carga de poluentes, enquanto que, taxas de apenas 20 a 30%, são de origem de atividades localizadas *in situ*, tais como o transporte marinho, descarga direta de emissários submarinos e exploração de recursos minerais da plataforma continental (Crossland *et al.*, 2005).

Na análise química de metais em sedimentos marinhos, diversos métodos analíticos foram desenvolvidos, destacando-se o de Kryc *et al.* (2003) que empregaram procedimentos de extração sequencial para a avaliação do teor de metais pesados, bem como para identificação da composição elementar dos componentes individuais mineralógicos, em cinco tipos de sedimentos marinhos utilizados como materiais de referência. Este estudo sistemático teve, entre outros, o objetivo de encorajar futuras comparações entre resultados de extrações sequenciais, de geoquímica marinha e de comunidades paleoceanográficas.

Em relação à região Nordeste do Brasil, pode ser citado o trabalho desenvolvido por Sales *et al.* (1994), que caracterizaram algas calcárias do litoral cearense, quanto aos teores de carbonato, matéria orgânica e elementos principais, tais como cálcio, sódio e potássio, dentre outros. Nesta mesma região, Mont'Alverne (1982) e Freire (1985) estudaram a concentração de metais pesados em amostras carbonáticas biodetríticas.

A decomposição de amostras de sedimentos, geralmente deve ser realizada sob elevadas temperatura e pressão. Decomposições empregando aquecimento resistivo com bombonas de teflon em bloco digestor são amplamente utilizadas, entretanto o

tempo necessário para a execução desta abertura é demasiadamente longo. Com o advento dos fornos de microondas sob elevada pressão, houve uma redução considerável no tempo de preparo das amostras, além da diminuição dos riscos de contaminação.

Sandroni & Smith (2002) apresentaram o desenvolvimento de uma metodologia de determinação de metais em SRM, onde foram avaliados três procedimentos de decomposição de amostras de lodo, solo e sedimento empregando forno de microondas e a detecção foi realizada com uso do ICP-OES. Foram analisados os metais Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn. O programa de aquecimento do forno de microondas, de melhor desempenho, usava um tempo total de 36 min e empregava uma mistura de ácido contendo HF e água régia invertida (HNO₃:HCl 3:1), o que permitiu a total solubilização da amostra. Os teores de recuperação dos elementos estudados foram satisfatórios, com valores próximos ao de referência. Para a amostra de sedimento, entretanto, o percentual de recuperação para Fe, Mg e V ficaram em torno de 50%. Este trabalho mostrou relevante importância para o desenvolvimento da metodologia de análise deste tipo de amostra, pois foram avaliados vários parâmetros importantes para os processos biogeoquímicos, tais como carbonato, matéria orgânica e metais tais como o ferro, manganês, cobre, zinco, chumbo e cromo. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo analisar os teores de matéria orgânica, carbonato, ferro, manganês, cobre, cromo, chumbo e zinco, caracterizando geoquimicamente as amostras de areia quartzosa, areia carbonática, fragmento de conchas e as algas calcárias *Halimeda* e *Lithothamnium*, coletadas na área dos bancos continentais do nordeste brasileiro.

2. Área de estudo

A área de estudo situa-se dentro do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (Programa REVIZEE), na sub-área II, setor 1, o qual está localizado a oeste de 35° W até a foz do rio Parnaíba,

possuindo 250.000 km² de área (Fig. 1). Esta região é de domínio da Corrente Norte do Brasil, com sentido E para W, com presença de bancos oceânicos rasos e com profundidade variando entre 50 e 350 m. A plataforma continental dessa região caracteriza-se por apresentar-se com pequena declividade de 1:670 a 1:1 000 até 70 m de profundidade e largura que varia de 100 km no extremo oeste a 40 km no extremo leste. Podem-se distinguir, claramente, através de marcadores sedimentares, dois setores, de modo que se encontram areias quartzosas e sedimentos clásticos que predominam até a isóbata de 20 m. A esta faixa segue-se uma mais larga, até cerca de 70 m de profundidade na plataforma continental externa, dominada por algas calcáreas (Lacerda & Marins, 2006). Vários autores (Mabesoone & Coutinho, 1970; Mabesoone *et al.*, 1972; Milliman & Summerhayes, 1975; Summerhayes *et al.*, 1975; 1976; Barbosa *et al.*, 1986; Tintelnot, 1996) sugeriram que os dois setores podem ser caracterizados por diferentes fácies sedimentares: 1)

Organogênica, caracterizada por areias e cascalho constituído por biodetritos de algas calcárias. Esta fácies é dominada por algas calcárias vivas representadas pelos gêneros *Lithothamnium* -spp. (algas vermelhas) e *Halimeda* spp. (algas verdes); e 2) Terrígena, caracterizada por sedimentos siliciclásticos. Pesquisas realizadas mostram que do ponto de vista geoquímico, entretanto, estas subfácies são similares (Coutinho & Morais, 1970), caracterizando-se pela presença de elevado teor de matéria orgânica, cuja origem está na biomassa das próprias algas (média de 44%) e carbonatos biogênicos (média de 86%) e baixo conteúdo de material clástico (Freire *et al.*, 2004).

3. Metodologia

3.1. Amostragem

Foram estabelecidas 8 estações de coleta, em função da profundidade, resultando em 19 amostras de sedimentos coletados no final do verão de 1997

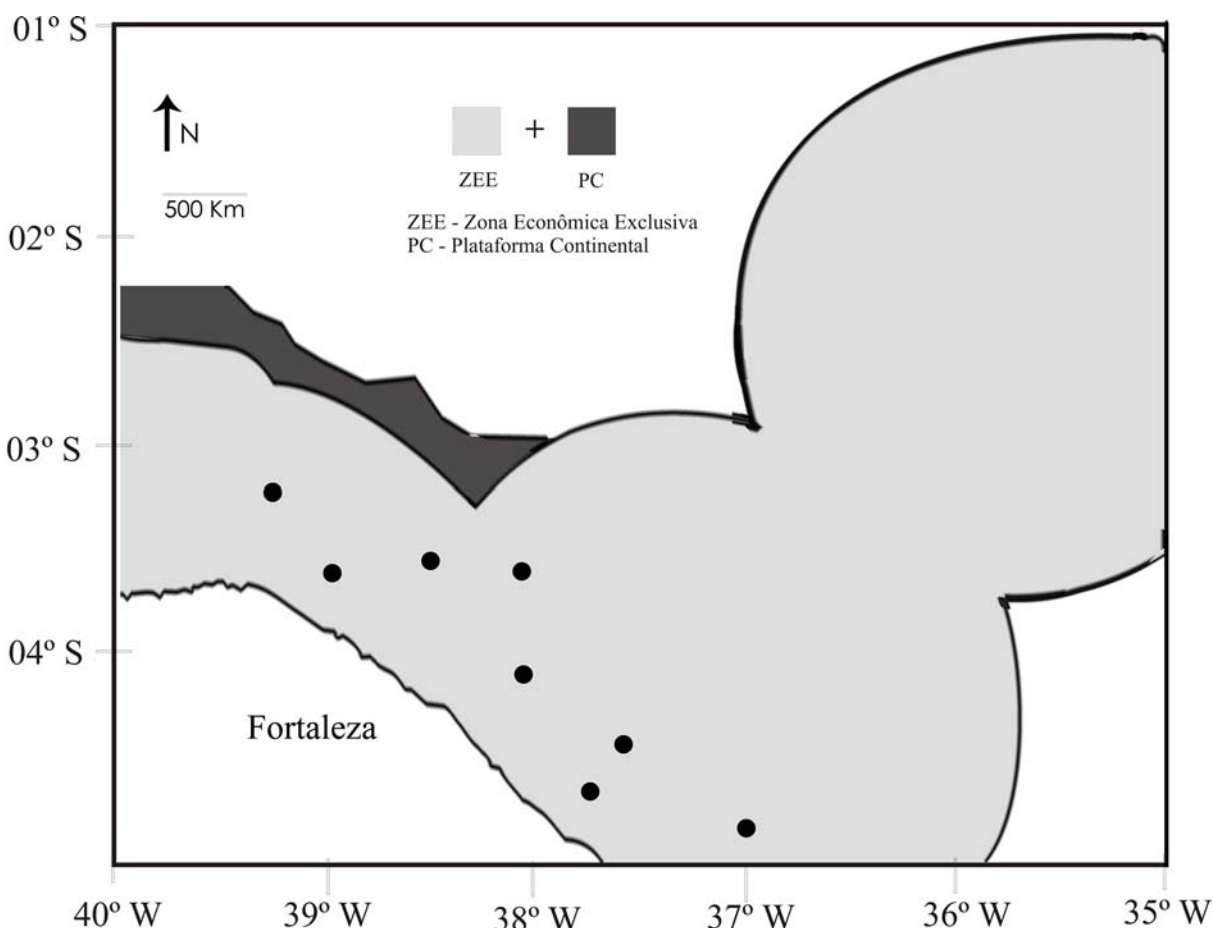


Fig. 1. Áreas da Zona Econômica Exclusiva prospectadas pelo Programa REVIZEE.

(REVIZZE NE II), final do outono de 1998 (REVIZZE NE III) e no final da primavera de 2000 (REVIZZE NE IV), da cobertura sedimentar da plataforma continental do Estado do Ceará - nordeste brasileiro, na área localizada entre as coordenadas 3° e 5° de latitude S e 39° e 36° de longitude W.

As amostras foram coletadas através do uso de draga retangular de arrasto, a qual estava revestida internamente por plástico e tecido, para evitar a contaminação e a perda do material fino (Fig. 2). Após o arrasto, o tecido e seu conteúdo foram ligeiramente lavados com água destilada. As amostras foram então acondicionadas em sacos plásticos e congeladas. Após a coleta, as amostras foram catalogadas e os procedimentos de dessalinização, secagem e peneiramento foram realizados. A secagem foi feita em uma estufa Technal, equipada com bandejas de borosilicato e submetidas por 48 horas à temperatura de 60°C. Após a secagem, as amostras foram quarteadas e peneiradas em peneiras de PTFE, com malhas de 2,0 mm e em seguida armazenadas em frascos de PVC.

As amostras de sedimentos de cada estação foram compartimentadas, separando-se os vários tipos de sedimentos encontrados, o que resultou em amostras de algas calcárias *Halimeda* e *Lithothamnium*, areia carbonática, areia quartzosa e fragmen-

tos de conchas (Fig. 3).

3.2. Análise

Para a decomposição das amostras empregou-se forno de microondas (*Multiwave*, ANTON PAR), equipado com um rotor de capacidade de 10 frascos, com utilização de 2,0 mL de água régia ($\text{HNO}_3\text{:HCl}$ 1:3) e 5 mL de HF. Em todos os procedimentos as amostras digeridas foram retomadas em



Fig. 2. Draga retangular usada nas coletas de sedimentos a bordo do NOc. Antares.

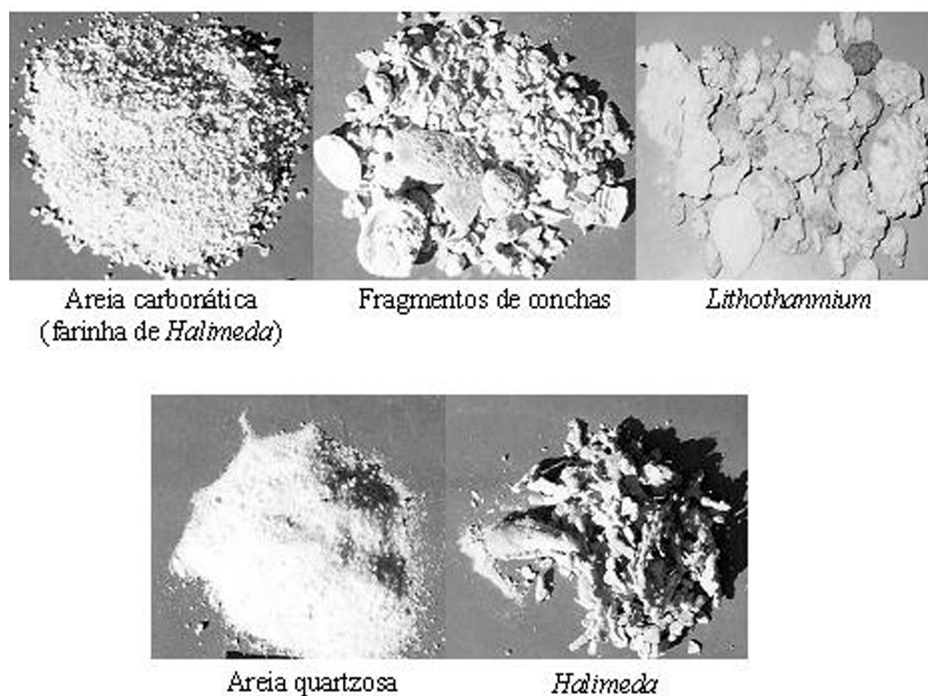


Fig. 3. Tipos de sedimentos encontrados nas amostras coletadas a bordo do NOc. Antares.

um volume total de 50 mL. O programa utilizado foi dividido em três etapas, com tempo total de 36 min.

Para a análise das concentrações de metais, foi empregado um espectrômetro de emissão atômica modelo Optima 4300 (PERKIN ELMER), com nebulizador pneumático de fluxo cruzado, sendo utilizado o método da curva de calibração com soluções padrão. A determinação do teor de metais foi realizada em dois comprimentos de ondas para cada elemento, com o intuito de prevenir qualquer interferência na quantificação. Todas as soluções foram preparadas empregando-se água purificada num sistema mili Q. Para a construção da curva de calibração foram empregadas soluções padrões multielementares, a partir de soluções estoque de 1000 mg/L dos elementos Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Fe e Zn. Todos os reagentes utilizados eram da marca Agros. Por fim, os valores dos limites de detecção para a determinação dos metais nos sedimentos podem ser vistos na Tabela 1.

A concentração de matéria orgânica (M.O.) foi determinada pelo método de Walkey-Black que consiste numa titulação de retorno, onde a matéria orgânica é oxidada por uma mistura de ácido sulfúrico concentrado e sulfato de prata, este último para corrigir a salinidade, e dicromato de potássio, usando a difenilamina como indicador. A determinação de carbonato (CO_3^{2-}) foi gravimétrica, a qual consiste na liberação do carbonato da amostra por ataque com ácido clorídrico. Ambos os métodos foram segundo Loring & Rantala, 1992.

Tab. 1. Valores dos limites de detecção dos metais determinados nas amostras de sedimentos.

Elemento	Limite de detecção ($\mu\text{g/g}$)	Comprimento de Onda (nm)
Cr	0,013	267.716
Cu	0,009	327.393
Mn	0,002	257.610
Fe	0,030	239.562
Pb	0,010	220.353
Mn	0,002	257.610
Zn	0,010	206.200

4. Resultados e discussão

Nas amostras coletadas no final do verão de 1997 foram encontradas frações de areia quartzosa, *Halimeda* e fragmentos de conchas. Na coleta no final do outono de 1998 detectaram-se frações de areia quartzosa, *Halimeda*, areia carbonática, *Lithothamnium* e fragmentos de conchas, enquanto as coletas realizadas no final da primavera de 2000 forneceram frações de *Halimeda*, areia carbonática e *Lithothamnium*. Nas amostras, a maior quantidade presente foi de *Halimeda*, o que corrobora com o estudo de Mont'Alverne (1982), o qual descreveu a sedimentação da plataforma continental nordestina, afirmando que os sedimentos grossos da plataforma continental externa e média consistem de carbonatos biogênicos caracterizados principalmente pelos depósitos de *Halimeda*, ocorrendo também a presença de *Lithothamnium*.

Pode-se observar na Tabela 2, que as amostras de areia quartzosa são as que apresentaram menores teores de carbonato (teores <10%), seguido das amostras de fragmentos de conchas (teor médio de 30,9%). Em seguida, estão às amostras de *Halimeda*, onde foram detectados teores de carbonato acima de 50%. As amostras de areia carbonática mostraram-se com teores de carbonato (87%) próximo aos das *Halimedas* (91,9%). As amostras que detiveram os maiores teores deste parâmetro foram as de *Lithothamnium* com concentrações acima de 90%. Estes valores também são de acordo com Mont'Alverne (1982), que encontrou valores de carbonato acima de 90% para as algas coralíneas da espécie *Lithothamnium*, na plataforma continental de Pernambuco. E com Sales *et al.* (1994) encontraram valores de carbonato acima de 80% para as *Lithothamnium*, na plataforma continental do Ceará.

De acordo com Baturin (1988), análises efetuadas no oceano Atlântico mostraram que nos sedimentos a concentração de manganês é muito variável, como se pode observar na Tabela 3, a qual apresenta também a classificação do tipo de sedimento (terrígeno ou biogênico), com base nos valores de carbonato. Deste modo, baseados nesta classificação, podemos considerar, de acordo com os resultados encontrados (Tab. 2), que as amostras de areia quartzosa e fragmentos de conchas são terrígenas,

Tab. 2. Concentrações médias dos parâmetros analisados para as amostras de sedimentos.

Elemento	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	MO (%)	CO ₃ ⁼ (%)
Areia carbonática	142,4	5,5	0,7	0,03	0,01	2,5	0,6	87
Lithothanmium	159,2	9,1	0,009	0,03	0,01	4,3	1,1	91,9
Halimeda	472,6	17,9	5,2	13,6	1,3	3,6	0,7	55,7
Areia quartzosa	481,2	17,2	12,4	2,1	1,7	3,8	0,3	5,3
Fragmentos de conchas	797,6	28,8	10,5	43	15,5	1,6	0,9	30,9

Tab. 3. Concentração de manganês em sedimentos do oceano Atlântico.

Tipo de sedimento	Mn (ppm)	Nº amostras
Terrígeno com baixo teor de calcário (10-30% de calcário)	1 - 325	54
Biogênico com alto teor de calcário (> 50% de calcário)	1 - 298	110

enquanto as outras fácies (areia carbonática, *Lithothanmium* e *Halimeda*) são biodetríticas.

Lacerda & Marins (2006), estudando a plataforma continental do Rio Grande do Norte, constataram a existência dos seguintes suportes geoquímicos:

a) Suporte geoquímico representado pelos argilominerais, representados pelo Fe e Al de origem estritamente continental, confirmada pela sua não correlação com os carbonatos e aos quais se associam principalmente Ba, Cd e Pb. No nosso estudo, pode-se dizer que os resultados são próximos com relação às amostras de areia quartzosa, onde encontramos valores elevados de ferro e os menores teores de carbonato e matéria orgânica (Tab. 2), além de não apresentarem correlações significativas entre ferro e carbonato. Associados ao ferro estão principalmente, zinco e chumbo (Tab. 4).

b) Suporte geoquímico representado pelos carbonatos de origem estritamente marinha. Este suporte foi reconhecido nas amostras de areia carbonática, *Lithothanmium* e *Halimeda*, que apresentaram os mais elevados teores de carbonato (Tab. 3) e, que não se associam com nenhum metal (Tab. 5).

Estes autores ainda citam um último suporte geoquímico que considera a matéria orgânica presen-

te nos sedimentos correlacionando positivamente com o teor de carbonatos, o que também pode ser observado, em nosso estudo, para as *Halimeda*, cujo coeficiente de correlação (CO₃⁼/ M.O.) é de 0,7685 (Tab. 5).

Analisando individualmente cada uma das cinco fácies de sedimentos amostradas podemos relatar, com base nas concentrações médias dos parâmetros analisados, que os resultados obtidos indicaram que somente as amostras de areia quartzosa, fragmentos de conchas e de *Halimeda* apresentaram concentrações detectáveis para todos os parâmetros analisados, enquanto que as amostras contendo areia carbonática mostraram-se com teores de chumbo e zinco abaixo do limite de detecção (LD de 0,03 e 0,01 µg/g, respectivamente), nas amostras de *Lithothanmium* foram encontrados teores de cobre, chumbo e zinco também abaixo do LD (0,009, 0,03 e 0,01 µg/g, respectivamente). Os maiores teores de metais foram encontrados nas amostras de fragmentos de conchas, enquanto que as algas *Lithothanmium*, apresentaram maiores concentrações de carbonato. As algas *Halimedas* possuem matéria orgânica em maiores quantidades que as demais frações pesquisadas, enquanto as areias carbonáticas mostraram os menores teores de metais e, nas areias quartzosas encontraram-se os menores valores de matéria orgânica e carbonato. Em média, ferro e manganês mostraram maiores teores nos fragmentos de conchas, enquanto o cromo possui menor concentração nesta fração. Ferro e manganês mostraram uma relação de aproximadamente 1:25, sendo essa relação, individualmente, a seguinte: areia quartzosa 1:28; fragmentos de conchas 1:28; *Halimeda* 1:26; areia carbonática 1:26 e *Lithothanmium* 1:18

Tab. 4. Matriz de correlação para as amostras de areia quartzosa.

	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	MO	CO ₃ ⁼
Fe	1,000							
Mn	0,200	1,000						
Cu	-0,200	0,000	1,000					
Pb	0,447	0,671	0,447	1,000				
Zn	0,707	0,000	-0,354	0,395	1,000			
Cr	-0,513	0,513	0,462	-0,115	-0,726	1,000		
M.O.	0,4769	-0,600	0,100	-0,112	0,354	0,205	1,000	
CO ₃ ⁼	-0,2505	-0,500	0,000	0,112	0,707	-0,205	0,7553	1,000

Tab. 5. Matriz de correlação para as amostras de *Halimeda*.

	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	MO	CO ₃ ⁼
Fe	1,000							
Mn	0,314	1,000						
Cu	0,116	0,522	1,000					
Pb	0,394	0,212	0,770	1,000				
Zn	0,130	0,393	0,133	0,417	1,000			
Cr	-0,714	0,257	0,377	0,030	0,131	1,000		
M.O.	-0,190	0,406	0,088	-0,554	-0,531	0,319	1,000	
CO ₃ ⁼	-0,464	-0,725	-0,691	-0,770	-0,664	-0,203	0,7685	1,000

(com média é 1:25).

Entre as amostras com os maiores teores de carbonato, pode-se observar uma variação semelhante entre carbonato e cromo, ou seja, enquanto os fragmentos de conchas apresentam o menor valor de carbonato e cromo (30,9% e 1,6 ppm, respectivamente), a alga *Lithothamnium* aparece com os maiores valores de carbonato e cromo (91,9% e 4,3 ppm, respectivamente). De uma maneira geral, na amostras de areia quartzosa, *Halimeda* e fragmentos de conchas percebe-se variação semelhante, o mesmo acontecendo entre areia carbonática e *Lithothamnium* (Fig. 4).

As relações entre os teores de Fe, Mn, Zn e Cr para as amostras de *Halimeda*/areia quartzosa

são 0,98, 1,04, 0,9 e 0,94, respectivamente. Nas amostras de fragmentos de conchas/*Halimeda* as relações são 1,69, 1,61, 11,9 e 0,44. E para as amostras de fragmentos de conchas/areia quartzosa são 1,66, 1,67, 10,30 e 0,42. Os outros parâmetros analisados não apresentam relações semelhantes entre estas amostras. Como pode ser observado na Figura 5, há uma forte semelhança na distribuição de ferro, manganês, chumbo e zinco, para todas as amostras de sedimentos.

O fato de o ferro ser o mais abundante dos metais analisados também nos sedimentos biogênicos se deve à necessidade do mesmo, para o metabolismo de todos os seres marinhos. A semelhança entre os processos de remoção de ferro e manganês,

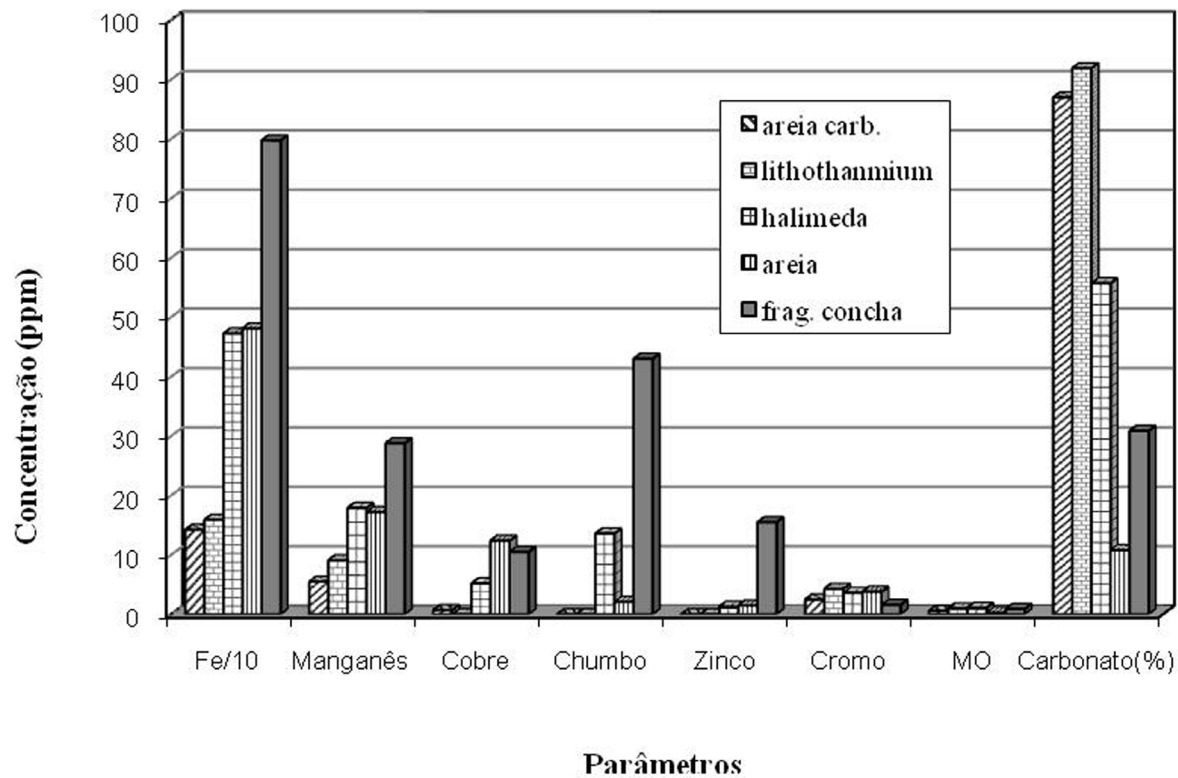


Fig. 4. Concentrações médias dos parâmetros analisados nas amostras de sedimentos coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

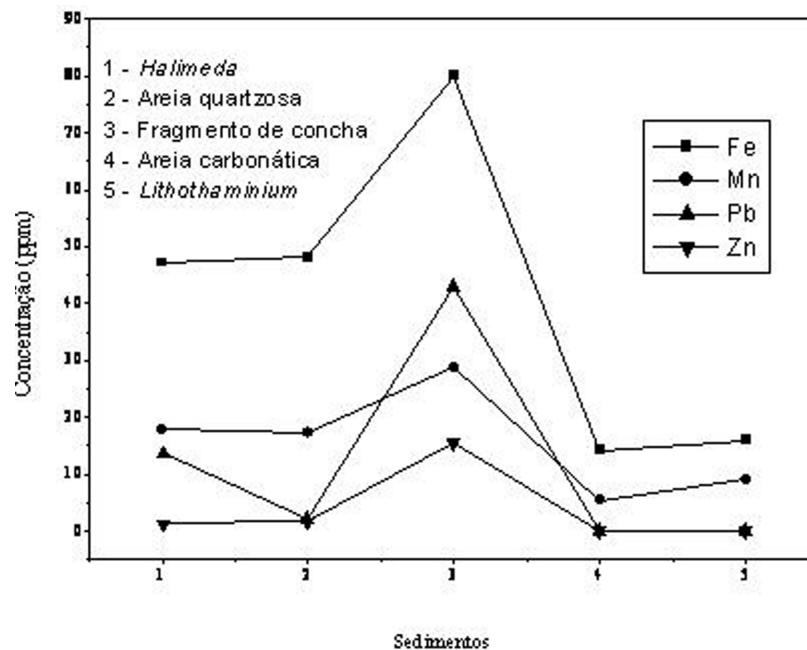


Fig. 5. Distribuição das concentrações médias de ferro, manganês, chumbo e zinco nas amostras de sedimentos coletadas no verão de 1997, outono de 1998 e primavera de 2000.

além de explicar a forte correlação que existe entre estes metais, faz com que o manganês também se apresente de maneira abundante em todos os tipos de sedimentos analisados. Os maiores teores de ferro

e manganês em relação aos outros metais podem ser devidos à própria geologia da região. Vale ressaltar que, segundo Baturin (1988), o manganês só é incorporado aos sedimentos biogênicos depois da morte

dos organismos. A forte correlação entre ferro, manganês, chumbo e zinco pode ser explicada pelo fato destes metais serem adsorvidos pelos óxidos de ferro e manganês. Portanto, quanto maior a concentração destes óxidos, maior a adsorção e por conseqüência, maior o teor dos outros metais nos sedimentos.

As amostras de *Halimeda*, fragmentos de conchas e areia quartzosa exibem semelhanças na distribuição dos metais, sendo, porém, a concentração de cobre sempre maior que a de cromo, confirmando o fato de que, o cromo não é adsorvido pelos óxidos formados, aparecendo em menores concentrações.

Nas amostras de *Lithothamnium* e areia carbonática (rica em foraminíferos e outras formas de organismos), o cobre e cromo variaram de maneira oposta onde o cromo aparece em concentrações maiores que o cobre, o que pode sugerir que, para esses organismos, este metal é mais importante, sendo, portanto, absorvido em maior quantidade. Este fato parece também ser confirmado quando se verifica que a matéria orgânica nestes dois tipos de amostras tem tendência semelhante ao cromo, ou seja, quanto mais matéria orgânica, maior absorção, conseqüentemente, maior concentração de cromo.

O tratamento estatístico realizado limitou-se às amostras de *Halimeda* e areia quartzosa devido à pequena quantidade de dados obtidos para as amostras de *Lithothamnium*, fragmentos de conchas e areia carbonática. Construiu-se, para as amostras de areia quartzosa e *Halimeda*, uma matriz de correlação baseada no coeficiente de correlação de Spearman, o qual foi usado pelo número relativamente pequeno de informações.

De acordo com as matrizes das amostras de areia quartzosa e com base na Tabela 4, verifica-se a forte correlação positiva existente entre carbonato e ferro, zinco e matéria orgânica, e negativa entre carbonato e manganês. Pode-se perceber ainda a forte correlação positiva entre o ferro com o zinco e com a matéria orgânica. O manganês, por sua vez, correlacionou-se muito bem com chumbo (positivamente) e com matéria orgânica e levemente com carbonato (negativamente). O zinco correlacionou-se positivamente com carbonato e negativamente com cromo.

Já nas amostras de *Halimeda* (Tab. 5), verificou-se uma forte correlação negativa entre carbonato

to e manganês, cobre, chumbo, e zinco, além de uma dependência expressiva positiva entre chumbo e cobre e negativa entre ferro e cromo.

Ainda com base nos dados estatísticos, confirma-se que as amostras de areia quartzosa e *Halimeda* apresentam realmente grande semelhança quanto à distribuição dos parâmetros analisados pois, de acordo com os resultados obtidos com o teste de Mann-Whitney (Tab. 6), com nível de significância de 0,05, observou-se que apenas as variáveis M.O. e CO_3^{2-} se mostraram com distribuição diferentes ($p > 0,05$) em relação aos sedimentos (*Halimeda* e areia quartzosa), confirmando origens diferentes, relativamente a classificação, dos anteriormente citados suportes geoquímicos.

4. Conclusões

Os sedimentos da plataforma continental do Ceará mostraram-se claramente de origens diferenciadas, de modo que ocorrem sedimentos terrígenos, de origem continental com elevados teores de ferro e baixos níveis de carbonato e matéria orgânica e sedimentos biodétricos de origem marinha, caracterizando-se pelas altas concentrações de carbonato, possuindo forte correlação com a matéria orgânica, já que esta é basicamente de origem dos próprios organismos que formam esta fácies sedimentar.

Os sedimentos analisados apresentam-se com altos teores de ferro, o que pode ser relacionado com a característica geoquímica dos sedimentos desta

Tab. 6. Teste de Mann-Whitney.

	P
Fe	0,7150
Mn	0,5839
Cu	0,8538
Pb	0,4859
Zn	0,7865
Cr	0,9269
M.O.	0,270
CO_3^{2-}	0,0441

região do país e com baixos teores de metais pesados (dentro da normalidade), denotando que a região ainda não está impactada por ações antrópicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geologia Marinha (LGMA) e Laboratório de Estudos em Química Analítica (LEQA) da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio nas análises e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro recebido.

Referências Bibliográficas

- Barbosa, L.M., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M. & Martin, L., 1986, Geologia do Quaternário costeiro de Alagoas. In: Dantas, J.R.A. (ed), Mapa Geológico do Estado de Alagoas. DEM/DNPM, Brasília.
- Baturin, G.N., 1988, The Geochemistry of Manganese and Manganese Nodules in the Ocean. D. Reidel Publishing Company, 342p.
- Coutinho, P.N. & Morais, J.O., 1970, Distribuição dos sedimentos na plataforma continental norte-nordeste do Brasil. Arquivos de Ciências do Mar, **10**: 79-90.
- Crossland, C.J., Kremer, H.H., Lindeboom, H.J., Marshall-Crossland, J.I. & Lê Tessier, M.D.D.A., 2005, Coastal Fluxes in the Anthropocene. Springer Verlag, Berlin, 231p.
- Freire, G.S.S., 1985, Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFPe, 168p.
- Freire, G.S.S., Lima, S., Maia & L.P., Lacerda, L.D., 2004, Geochemistry of continental shelf sediments of the Ceará Coast, NE Brazil. In: Lacerda, L.D., Santelli, R.E., Duursma, K., Abrão, J.J. (eds.), Facets of Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments, Springer Verlag, Berlin, 365-378.
- Kryc, K.A., Murray, R.W. & Murray, D.W., 2003, Elemental fractionation of Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mn, P, and Ba in five marine sedimentary reference materials: results from sequential extractions. Analytica Chimica Acta, **487**: 117-128.
- Lacerda, L.D. & Marins, R.V., 2006, Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. Geoquímica brasiliensis, **20** (1): 123-135.
- Loring, D.H. & Rantala, R.T.T., 1992, Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 383p.
- Mabesoone, J.M. & Coutinho, P.N., 1970, Litoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. Trabalho do Instituto de Oceanografia, UFPe, **13**: 1-21.
- Mabesoone, J.M., Kempf, M. & Coutinho, P.N., 1972, Characterization of surface sediments on the northern and eastern Brazilian shelf. Trabalho do Instituto de Oceanografia, UFPe, **13**: 41-48.
- Mont'Alverne, A.A.F., 1982, Estudos dos calcários na plataforma continental de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFPe, 197p.
- Milliman, J.D. & Summerhayes, C.P., 1975, Upper continental margin sedimentation off Brazil. Contributions to Sedimentology, **4**: 1-175.
- Sales, H.B., Melo, L.M, Sampaio, R.L. & Freire, G.S.S., 1994, Otimização de abertura de algas calcáreas de plataforma continental do Ceará. 33. Congresso Brasileiro de Química, Fortaleza, Revista de Química Industrial, **3**: 03-06.
- Sandroni, V. & Smith, C.M.M., 2002, Microwave digestion of sludge, soil and sediment samples for metal analysis by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Analytica Chimica Acta, **468**: 335-344.
- Summerhayes, C.P., Coutinho, P.N., França, A.M.C. & Ellis, J.P., 1975, Salvador to Fortaleza, North-eastern Brazil, Contributions to Sedimentology, **4**: 44-77.
- Summerhayes, C.P., De Memlo, U. & Barreto, H.T., 1976, The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off southeastern Brazil. Journal of Sedimentary Petrology, **46**: 819-828.
- Tintelnot, M., 1996, Late Quaternary changes on the NE-Brazilian continental margin as revealed by clay mineral and calcium carbonate fluctuations. In Ekau, W., Knoppers, B. (ed.), Joint Oceanographic projects: JOPS-II Cruise Report and First Results. Center for Marine Tropical Ecology, Bremen, 104-115.