



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

YURI TORQUATO NORONHA DE MELO

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE MATÉRIA ORGÂNICA, NITROGÊNIO,
ALUMÍNIO, DENSIDADE E POROSIDADE EM DOIS PERFIS
SEDIMENTARES DO BAIXO JAGUARIBE**

FORTALEZA

2016

YURI TORQUATO NORONHA DE MELO

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CARBONO ORGÂNICO, NITROGENIO,
ALUMÍNIO, DENSIDADE E POROSIDADE EM DOIS PERFIS SEDIMENTARES
DO BAIXO JAGUARIBE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda
Coorientadora: Dra. Karen Figueiredo Oliveira

Fortaleza
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M486d Melo, Yuri Torquato Noronha de.
Distribuição temporal de matéria orgânica, nitrogênio, alumínio, densidade e porosidade em dois perfis sedimentares do Baixo Jaguaribe / Yuri Torquato Noronha de Melo. – 2016.
45 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda.
Coorientação: Profa. Dra. Karen Figueiredo Oliveira.
1. Razão C/N. 2. Estuário. 3. Sedimentos. I. Título.

CDD 551.46

YURI TORQUATO NORONHA DE MELO

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CARBONO ORGANICO, NITROGÊNIO,
ALUMÍNIO, DENSIDADE E POROSIDADE EM DOIS PERFIS SEDIMENTARES
DO BAIXO JAGUARIBE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Oceanografia do
Instituto de Ciências do Mar
(LABOMAR) da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em
Oceanografia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Drude de
Lacerda

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Drude de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais,.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me guiar em todos os momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. Drude e à Profa. Dra. Rozane por me darem a oportunidade de realizar esse trabalho, além da excelente orientação.

À Dra. Karen por me ensinar as técnicas necessárias à realização desse estudo, por me ajudar de forma imensurável, e também pela paciência e compreensão nos momentos de dificuldade.

À todos os colegas do LBC (Julia, Victor Moura, Agda, Samara, Isabelle, Isabel, Mariany, Andréa, Ana Paula, Leonardo, Raissa, Milena e Ana Cristhyna), pelo companheirismo em todos os momentos, sentimento de equipe, além da ajuda e conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos Victor e Igor que me ajudaram na elaboração dos gráficos presentes nesse trabalho

Aos meus amigos João, Franklin, Rafael Viana, Rafael Xavier e Ítele pela amizade cultivada durante essa jornada.

Aos meus pais que me dão todo apoio em quaisquer momentos da minha vida, principalmente nos mais difíceis.

À minha avó Abigail e ao meu Avô Francisco por me criarem quando criança com muito amor, e que são uma das minhas grandes fontes de inspiração como ser humanos.

Muito Obrigado!

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o teor de matéria orgânica (MO), Nitrogênio Total (NT), Alumínio (Al), Porosidade e Densidade duas localidades na região do Baixo Jaguaribe para determinar possíveis mudanças climáticas ocorridas na região durante diferentes épocas. O primeiro em um lago próximo ao município de Aracati – CE e outra em uma zona de manguezal próximo à foz do Rio Jaguaribe. Os dados foram relacionados com resultados de datação através de carbono 14 (^{14}C), com o intuito de analisar a variação entre as contribuições alóctones e autóctones de matéria orgânica (MO) de acordo com a razão C/N e minerais para as áreas de acordo com possíveis fenômenos climatológicos ocorridos com tempo geológico. O testemunho coletado próximo ao município de Aracati-CE abrangeu uma coluna de sedimentos depositados por cerca de 6.000 anos, além de uma granulometria mais fina, baixa densidade e alta porosidade. Utilizando a variação de Matéria Orgânica, a quantidade de Al e referencial bibliográfico foi possível dividir o testemunho em três períodos: o primeiro entre 0 a 90 cm de profundidade apresentou menores concentrações de MO e Al, o intervalo entre 90 e 170 cm de profundidade apresentou um aumento de MO, os dois primeiros intervalos apresentaram uma provável contribuição autóctone e alóctone devido a concentração estável de Al, e o terceiro intervalo caracterizado por um aumento de Al provavelmente por contribuição alóctone pluvial devido a possível mudança da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), para latitudes mais ao sul entre 3.000 a 6.000 anos atrás. O testemunho coletado na zona de mangue apresentou três intervalos e uma variação de Al semelhante à zona de lago, com um tempo geológico médio entre 2.000 anos. Os valores de MO e NT apresentaram índices mais elevados em zonas superficiais, e índices abaixo da média em zonas mais profundas a partir de 70 cm, devido provavelmente a um aumento do nível do mar entre 2.100 a 1.100 anos atrás, o que deve ter proporcionado menores taxas de MO graças à contribuição de sedimento com maior granulometria pela ação da maré. Entre 170 a 230 cm ocorreu um aumento da taxa de Al, que provavelmente se deve a um input pluviométrico anterior ao referido aumento do nível do mar. Além, disso, ocorreram três picos da razão C/N, indicando uma contribuição de MO por plantas superiores vasculares. Apesar dos resultados encontrados e a contextualização com os fenômenos climáticos que provavelmente ocorreram na época, é necessário uma datação mais exata que aumente a confiabilidade dos dados. Além disso a análise de outros parâmetros como os isótopos de carbono e

nitrogênio (^{13}C e ^{15}N), podem levar a uma maior compreensão da fonte desses elementos para o ecossistema.

Palavras-chave: Razão C/N, Estuário, Sedimentos.

ABSTRACT

Paleoclimatology studies represent an important source for the understanding of the phenomena that occurred in various regions of the planet and tend, gradually, modified the biota composition, as well the local geomorphology. This work aimed to evaluate the content of Total Organic Carbon (MO), Total Nitrogen (NT), Aluminum (Al), Porosity and density of two points of the Baixo Jaguaribe Basin, the former in a lake near Aracati-CE city and the latter in an area of mangrove swamp near the mouth of the estuary. The data were analyzed through ^{14}C dating results, in order to analyze the variations between allochthonous and autochthonous contributions of Organic Matter (MO) and minerals in the areas, according to possible climatological phenomena in geological time. In addition to that, the data were also used to infer the input of the continental or oceanic contribution of organic matter, according to the C/N ratio. Testimony collected near Aracati-CE that have been submitted in a geological middle time (about 6.000 years), showed a finer grain size due to the low density and high porosity. Using the variation of MO, the amount of Al, and bibliographical references, it was possible to split the testimony in three geological periods: the first between 0 to 90 cm, presents lower concentrations of MO and Al, the second between 90 and 170 cm shows an increase of MO, the first two intervals showed a probable autochthonous and allochthonous contribution, due to stable concentration of Al, and the third range characterized by an increase of Al, probably due to some pluvial event of allochthonous origin, likely due to a change of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), for the southern latitudes between 3.000 to 6.000 years ago. The testimony collected in mangrove area presented three intervals and a variation of Al similar to the Lake zone, with a geological time between 2.000 years. The values of OM and TN showed higher indices in shallow areas, and below average indexes in deeper areas from cm, probably due to a sea level rise between 2.100 to 1.000 years ago, which must have provided lower rates of MO caused for the contribution of sediments with highest particle size by the action of the tides. In the range 170 to 230 cm, there was an increased rate of Al, which probably is due to the rainfall input, before the sea level rise. In addition, three peaks of C/N ratio have been displayed which indicated a contribution of MO by higher plants. In spite of the results and the contextualization with the climatic phenomena that probably occurred at the time, it is necessary to improve the procedure of dating to a better reliability of data. In conclusion, the analysis of other parameters such as the

carbon and nitrogen isotopes (^{13}C e ^{15}N) can lead to a better understanding of the source of these elements to the ecosystem.

Keywords: C/N Ratio, Estuary, Sediments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Delimitação da área de estudo e localização dos pontos de coleta, Ceará – Brasil.....	18
Figura 2	– Textura dos testemunhos de lago e de manguezal em Aracati e Fortim-Ceará, respectivamente.....	19
Figura 3	– Esquema simplificado de reações envolvidas no processo para determinação de nitrogênio total.....	21
Figura 4	– Conversão de sulfato de amônio em amônia no processo de digestão de sedimentos, para determinação de nitrogênio total.....	21
Figura 5	– Formação de borato de amônio no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total.....	21
Figura 6	Formação de cloreto de amônio no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total.....	22
Figura 7	- Cálculo do nitrogênio total de cada amostra no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total.....	22
Figura 8	- Cálculo da porcentagem de MO em cada amostra por queima a 450°C.....	23
Figura 9	– Cálculo de porosidade dos sedimentos.....	23
Figura 10	– Variação entre profundidade e idade dos testemunhos de lago, Aracati – CE, Brasil.....	26
Figura 11	– Variação de MO, NT e C/N no testemunho 1308, Aracati – CE Brasil.....	30
Figura 12	– Porosidade, densidade e alumínio no testemunho 1308, Aracati – CE Brasil.....	31
Figura 13	– Variação entre profundidade e idade aproximada do testemunho de mangue localizado na foz do Rio Jaguaribe, Fortim – CE Brasil.....	33
Figura 14	– Variação de MO, NT e C/N no testemunho de mangue coletado no estuário do Rio Jaguaribe, Fortim – CE, Brasil.....	37

Figura 15 – Porosidade, densidade e alumínio no testemunho de mangue coletado no estuário do Rio Jaguaribe, Fortim – CE, Brasil.....	38
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Datação do testemunho de lago próximo a Aracati,CE.....	25
Tabela 2 – Datação do testemunho de mangue (1309) localizado na foz do Rio Jaguaribe, Fortim, CE.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
3.	METODOLOGIA	16
3.1	Coleta e área de estudo	16
3.2	Análises químicas	19
3.2.1	<i>Nitrogênio total</i>	19
3.2.2	<i>Matéria Orgânica, Densidade Aparente e Porosidade</i>	22
3.2.3	<i>Alumínio</i>	23
3.2.4	<i>Datação</i>	24
3.2.5	<i>Correlação</i>	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Lago	24
4.1.1	<i>Datação e variação dos parâmetros analisados</i>	23
4.1.2	<i>L1 (0 – 88 cm)</i>	27
4.1.3	<i>L2 (88 – 170)</i>	28
4.1.3	<i>L3 (170 – 260)</i>	29
4.2	Mangue	32
4.2.1	<i>Datação e variação dos parâmetros analisados</i>	32
4.2.2	<i>M1 (0 -70)</i>	34
4.2.3	<i>M2 (70 – 170)</i>	35
4.2.4	<i>M3 (170 -230)</i>	36
5,	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Segundo Lamb et al. (2006), os ambientes costeiros como estuários, lagunas e bacias tendem a preservar grandes camadas de sedimentos do período Quaternário, o que oferece uma grande oportunidade para investigar como era o clima no passado, as mudanças dos níveis oceânicos e de outras mudanças nos ecossistemas locais. Além disso, existem estudos que afirmam que o nordeste brasileiro sofreu algumas variações de insolação e mudanças climáticas abruptas durante a última era glacial (CRUZ et al., 2009).

Somado a esses pontos, a principal razão da região Nordeste do Brasil representar uma área chave em termos de estudo sobre mudanças paleoambientais no período do Cenozoico - Quaternário, é devido ao seu clima semiárido localizado próximo a latitudes equatoriais (ZOCATELLI et al, 2012).

A origem do material depositado pode ser estimada pelo uso de traçadores. Neste estudo, utilizamos a relação entre carbono e nitrogênio total (C/N), as concentrações de alumínio no sedimento de dois testemunhos, além da densidade e porosidade dos sedimentos. A utilização da relação entre carbono total e nitrogênio total se baseia na vasta utilização desse parâmetro em estudos paleoceanográficos na diferença entre fontes aquáticas (fitoplantônicas) e fontes terrestres (vegetais superiores) de matéria orgânica (BIANCHI & CANUEL, 2011). Essa relação pode variar entre 4 e 8 no ambiente marinho e outros ambientes aquáticos dominados pela produtividade algal; e acima de 12 no ambiente terrestre, já que nesse caso a vegetação é composta principalmente por lignina e celulose, que são pobres em nitrogênio (PRAHL *et al.*, 1980). Assim, essa relação é usada como proxy na pesquisa paleoclimática, pois serve como uma ferramenta para compreender as fontes de matéria orgânica sedimentar, conduzindo a informações sobre a ecologia, clima e a circulação oceânica em diferentes épocas da história terrestre (ISHIWATARI e UZAKI, 1987). Portanto, o registro sedimentar pode prover uma importante introspecção na história e desenvolvimento dos ecossistemas analisados (ENGSTROM & WRIGHT, 1984). Contudo, nem sempre a razão C/N pode ser utilizada para a diferenciação entre fontes de origem aquática ou terrestre, portanto é importante analisar outros fatores que supostamente poderiam afetar o aumento ou diminuição da produção primária de acordo com o tempo geológico.

O alumínio é um metal conservativo, isto é, apresenta pouca reatividade ao

longo de seu transporte. É o metal principal formador de argilas e, portanto, também é um excelente indicador do aporte da bacia de drenagem para corpos aquáticos. A densidade e porosidade também podem ser utilizadas para auxiliar na identificação da origem do material presente no sedimento e assim inferir os processos sedimentares dominantes em um dado ambiente deposicional. Assim, é de interesse analisar a distribuição e concentração desses indicadores no passado e no presente, com o objetivo de tanto procurar entender o ecossistema e os processos climáticos que possivelmente agiram na região (MANN et al., 2009).

As áreas de estudo desse trabalho estão localizadas na Bacia Inferior do Rio Jaguaribe. Por ser uma região estuarina de considerável extensão, apresenta uma influência marcante nos eventos biológicos e geológicos presentes e passados; tudo isso devido à capacidade dos sedimentos costeiros receberem matéria orgânica por fontes autoctones, ou seja, fontes in situ, que incluem a produtividade primária particularmente a fitoplanctônica; e fontes alóctones, que no caso correspondem à matéria orgânica que tem origem em região diferente à qual foi depositada, sendo transportada para as regiões de acumulação de sedimentos pelos rios e pelo escoamento superficial.

2 OBJETIVOS

Quantificar a matéria orgânica, nitrogênio total, alumínio, densidade e porosidade, em perfis de sedimentos lacustre e estuarino para avaliar a variação temporal na deposição desses elementos, e inferir sobre a origem do material depositado e dos processos envolvidos em seu transporte e sedimentação.

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta e área de estudo

A área utilizada para o estudo foi o estuário do baixo Jaguaribe, localizado no setor leste do Estado do Ceará. Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, a bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe possui uma extensão de 137 km de curso, com uma área de drenagem de 8.893 km², precipitação média entre 1270 milímetros e 470 milímetros, com um total de 207 açudes, se estendendo da ponte do Peixe Gordo até a sua foz no Oceano Atlântico cobrindo um total de 12 municípios (SRH, 2005), por onde é utilizado tanto para atividades de lazer como econômicas.

Em relação à sua geologia, a planície do Rio Jaguaribe apresenta diversas formações superficiais: Areias marinhas, Lama Lacustre, Areias fluviais, Argilas orgânicas basais e dunas eólicas. Além disso, os sedimentos aluviais geralmente formam planícies fluviais e terraços, aflorando nas porções marginais ao rio (VERÍSSIMO et al., 1996). A Formação Barreiras é encontrada próxima aos municípios de Aracati e Fortim, onde são encontrados sedimentos cenozoicos constituídos por argilas variegadas e arenitos avermelhados (VERÍSSIMO et al., 1996). Próximo à foz do Rio Jaguaribe a geologia é completada pelos sedimentos de dunas e paleodunas, formados em ambientes antigos de sedimentação, como depósitos eólicos, terraços e esporões no ambiente praiial (MAIA, 1993). O regime pluviométrico do Baixo Jaguaribe é controlado principalmente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Ventos de Leste, esta primeira caracterizada por ter sua latitude variando de acordo com os meses do ano, se encontrando, em épocas de seca no estado, um pouco ao norte do Equador (PHILANDER, et al 1996). Durante os meses de agosto e setembro, a ZCIT encontra-se à 14° N do equador, período correspondente ao clima seco no nordeste cearense; já entre março e abril a ZCIT se encontra a 4°S, causando o período chuvoso na região no Nordeste Brasileiro (MELO et al., 2009). Devido às constantes mudanças na latitude da ZCIT, essa zona provavelmente deve ter influenciado a deposição e produção primária na região em épocas mais antigas, como vêm influenciando atualmente pelo regime de chuvas. Para esse trabalho foram utilizados dois testemunhos coletados no Baixo Jaguaribe, um em uma região de dentro de um lago próximo ao município de Aracati (4° 34' 10.89" S; 37° 43' 21.52" O), com elevação de 1 metro (Figura 01), e outro dentro de um lago próximo ao município de Fortim (4° 25' 22.19" S; 37° 46' 23.45" O), com elevação de 6 metros (Figura 02). Ambos os testemunhos foram escolhidos devido a diferente proximidade com o oceano.

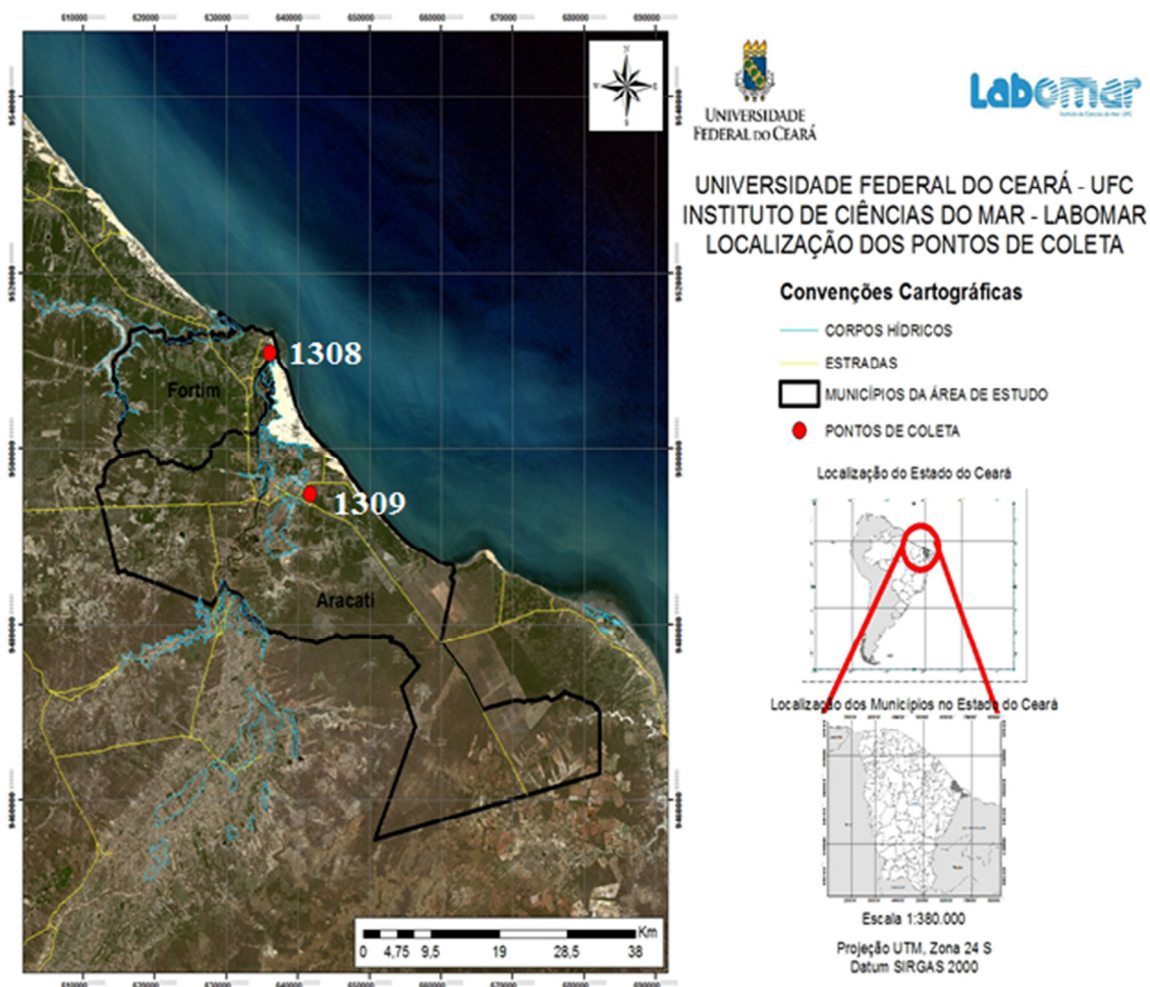


Figura 01: Delimitação da área de estudo e localização dos pontos de coleta, Ceará - Brasil.

Após a coleta foram retiradas fotos dos testemunhos (figura 03), onde a textura aparente do sedimento de cada testemunho dos foi observada. Os testemunhos foram encaminhados ao Laboratório de Biogeoquímica Costeira dentro do Instituto de Ciências do Mar (Labomar) – Universidade Federal do Ceará (UFC), onde foi retirado o excesso de umidade e guardados em sacos plasticos obedecendo uma distância em profundidade de 2 cm entre cada amostra. Os locais foram escolhidos devido a proximidade de ambos com o oceano e assim a influencia do regime de maré, como também a contribuição da bacia de drenagem, o que podem influenciar na granulometria e deposição dos elementos analisados nesse estudo.

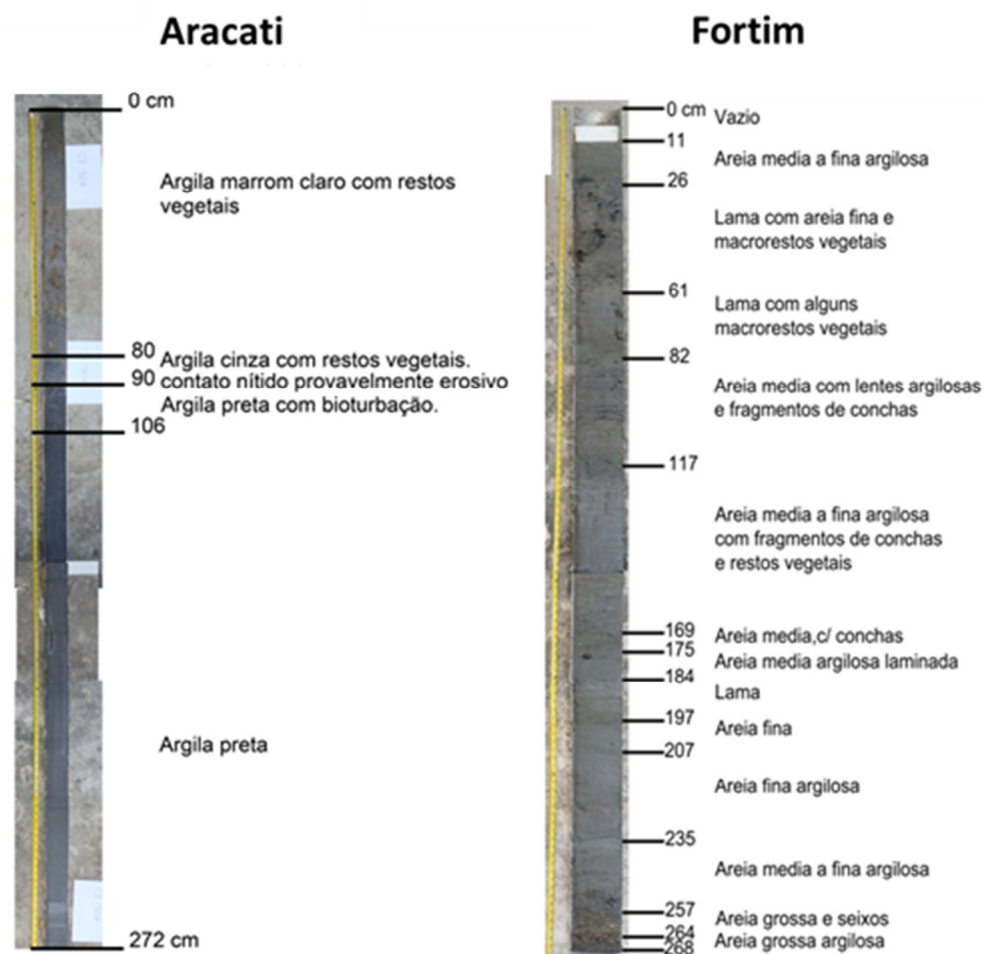


Figura 02: Textura dos testemunho de lago e de manguezal, obtidos em Aracati e Fortim - Ceará, respectivamente

3.2. Análise químicas

3.2.1. Nitrogênio total

Para a análise de Nitrogênio total em sedimento, foi utilizado como guia o estudo de GALVANI & GAERTNER (2006). Esse estudo adapta o método de Kjeldahl para determinação de Nitrogênio total e proteína bruta em sedimento. Todo o procedimento foi realizado no Laboratório de Biogeoquímica Costeira da Universidade Federal do Ceará. Os reagentes utilizados como as também os procedimentos para a determinação do NT se encontram descritos abaixo

I. Mistura Catalisadora:

500 g de sulfato de sódio anidro são misturados em um recipiente com 25g de sulfato de cobre pentaidratado.

II. Solução receptora indicadora:

São adicionados 3 ml de solução alcoólica de vermelho de metila 0,1% e 7,5mL de solução alcoólica de verde de bromocresol 0,1% em 500 mL de ácido bórico 2%.

III. Hidróxido de Sódio (NaOH) 40%:

400g de hidróxido de sódio em lentilhas são dissolvidas em 1 litro de água destilada até se obter uma solução transparente.

IV. Ácido sulfúrico, p.a, concentrado

V. Ácido clorídrico (HCL) 0,01 mol/L

O sedimento foi pesado através de uma balança analítica de precisão até aproximadamente 0,2 g. Cada amostra representou uma variação de 2 cm de profundidade em relação a outra até chegar a profundidade máxima de cada testemunho. Cada amostra foi analisada em duplicata obedecendo às regras estatísticas. Foram adicionados 2g da mistura catalisadora em cada tubo de ensaio contendo as amostras. Em seguida, os tubos foram levados à capela para a etapa de digestão. Na etapa de digestão os tubos de ensaio contendo sedimento receberam 5mL de ácido sulfúrico p.a, concentrado, e foram colocados no bloco digestor, até atingir uma temperatura entre 360° e 400°C. Na etapa de digestão, o carbono presente na MO é oxidado à dióxido de carbono (CO₂). O dióxido de carbono se desprende e a solução passa de uma cor escura para um verde claro ou branco pastoso, dependendo da amostra. O nitrogênio sob forma de amina, amida e nitrila é convertido em amônia que reage com o ácido sulfúrico, transformando o complexo em sulfato de amônio (NH₄)²(SO₄) que ao esfriar forma cristais (Figura 04).

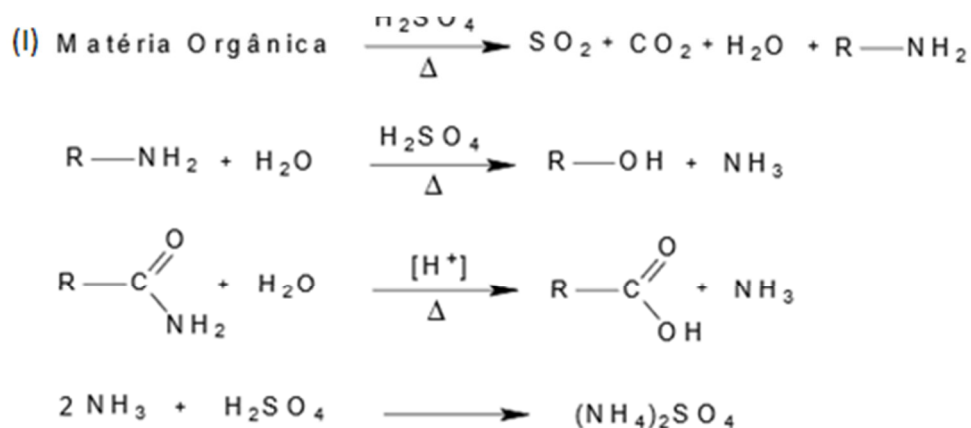


Figura 03: Esquema simplificado de reações envolvidas no processo para determinação de nitrogênio total

A etapa seguinte à digestão é a destilação. No destilador de nitrogênio, o sulfato de amônio obtido é tratado com hidróxido de sódio para a liberação de amônia (Figura 05). A amônia é coletada em um Erlemeier contendo a solução indicadora de ácido bórico, que de uma cor avermelhada, passa a apresentar uma tonalidade mais azul devido a formação de borato de amônio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$), até atingir um volume onde toda a amônia já se despreendeu, mais ou menos aos 50 ml de solução (Figura 06).

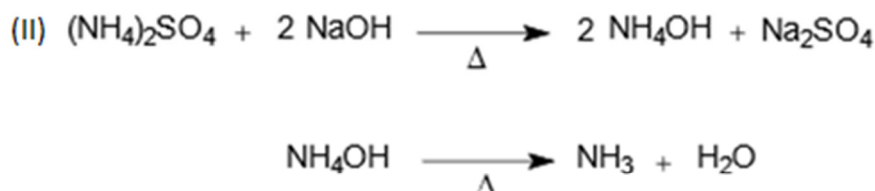


Figura 04: Conversão de sulfato de amônio em amônia no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total



Figura 05: Formação de borato de amônio no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total

O borato de amônio obtido na etapa de destilação é titulado com uma solução de ácido clorídrico 0,01 mol/L até a viragem do indicador, quando a solução passa da cor azulada para uma avermelhada novamente devido a formação de Cloreto de amônio (NH_4Cl) (Figura 07)



Figura 06: Formação de Cloreto de amônio no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total

O nitrogênio total foi calculado pela seguinte equação, segundo (GALVANI & GAERTNER, 2006) (Figura 08):

$$(V) \text{NT} = \frac{(\text{Va} - \text{Vb}) \times \text{F} \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{\text{P1}}$$

Figura 07: Cálculo do nitrogênio total de cada amostra no processo de digestão de sedimentos para determinação de nitrogênio total

Onde:

NT = teor de nitrogênio total na amostra, %;

Vb = volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em ml

Va = volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação dos brancos, em ml

F = fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L

P1 = massa da amostra em gramas

3.2.2. *Matéria orgânica, Densidade aparente e Porosidade*

A MO presente nos sedimentos foi determinado através do método de perda por ignição, que passou a ser amplamente utilizado desde o estudo publicado por DEAN (1974). Esse método consiste na estimativa do conteúdo de matéria orgânica usando a relação entre a massa perdida por ignição e o peso total da amostra (SANTIESTEBAN, 2004), dependendo da temperatura ao qual o sedimento foi trabalhado. Nesse estudo, todo o método para a determinação de matéria orgânica por via seca, segue o trabalho realizado por JEFFERY, et al (1992).

Os cadinhos foram transferidos para uma mufla a uma temperatura de 450°C, durante uma noite para retirar qualquer resquício de matéria orgânica presente. Foram

transferidos para um dessecador e quando já esfriados, os cadinhos foram pesados em uma balança analítica de precisão, onde foi em seguida adicionado 1g de sedimento seco de cada amostra, onde o peso total obtido. Os cadinhos contendo sedimento foram novamente levados para calcinação na mufla à uma temperatura em 450°C por 16 horas. As amostras foram transferidas para um dessecador, onde após resfriados, foram pesados novamente para a obtenção da massa residual. Onde a porcentagem de sólidos fixos em cada amostra foi expressa pela equação abaixo (Figura 09)

$$\% \text{ MO} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_1}$$

Figura 08: Cálculo da porcentagem de MO em cada amostra por queima a 450°C

Onde:

m1 = massa do cadinho + sedimento

m2 = massa do cadinho + sedimento calcinado

Para a obtenção da densidade as amostras foram mantidas em uma superfície retangular onde foram pesados o conjunto (amostra + retângulo) e anotado o peso. As amostras foram transferidas para uma lata de alumínio numerada e de peso conhecido, onde foi de novo pesado. Foram então colocadas na estufa a 105°C, e após 24 horas, retiradas, deixadas esfriar e pesadas novamente (EMBRAPA, 1997). O cálculo da densidade aparente resulta da razão entre massa seca / volume do cilindro ou retângulo.

A porosidade foi obtida por método similar à densidade. Contudo se considerou em seu cálculo a diferença entre a massa úmida e a massa seca (Figura 10):

$$\text{Porosidade (\%)} = ((\text{massa úmida} - \text{massa seca}) / (\text{volume do cilindro})) \times 1/100$$

Figura 09: Cálculo de porosidade dos sedimentos

3.2.3. Alumínio

Para a quantificação das concentrações de alumínio (Al) foram pesadas, cerca de 0,5 gramas, digeridas através da técnica de extração parcial, utilizando 12 mL de água-

régia 100% (HNO₃: HCL, 1:3). As amostras foram levadas ao forno micro-ondas Mars Xpress, e os extratos produzidos foram posteriormente quantificados por espectrofotometria de absorção atômica de chama.

3.2.4. Datação

O método de datação por ¹⁴C foi realizado nos dois testemunhos analisados nesse estudo. Esse método tem como base o decaimento radioativo de ¹⁴C, já que ao morrer, os organismos param de absorver carbono na biomassa e passam a perder tanto carbono orgânico, como ¹⁴C para o ambiente, servindo, esse último, como guia para determinar a idade da amostra analisada até cerca de 50.000 anos (Martin & Johnson, 1995). A datação dos testemunhos foi feita por espectrofotometria de massa (Zocatelli *et al.*, 2012). O número de amostras por testemunho foi baseado na profundidade de ambos, dessa forma foram realizadas datações em 12 amostras no testemunho de lago, e 10 amostras no testemunho de mangue testemunho de lago. Além disso, para o intervalo entre as amostras analisadas nos dois testemunhos, foi tomado como base a diferença de textura aparente no momento de coleta (Figura 03).

3.2.5. Correlação

Os resultados de MO e NT, assim como os teores de porosidade e densidade foram correlacionados usando-se a função CORREL do software Excel da Microsoft.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Lago

4.1.1 Datação e variação dos parâmetros analisados

A datação desse perfil apresentou uma sedimentação constante e crescente até certa profundidade. Porém alguns erros foram encontrados: uma maior idade entre 132 e 133 centímetros, quando comparado com 158 e 159 centímetros, uma idade (6.410 anos) superior a todas as outras profundidades em cerca de 95.5 a 99.5 centímetros e uma sedimentação bastante baixa a partir de 108 e 109 centímetros de profundidade, prejudicando uma análise mais detalhada das mudanças paleoambientais que ocorreram

na região onde o testemunho foi coletado. Contudo é possível dizer que o testemunho engloba um período aproximado de 6.000 anos de sedimentação, se fizermos uma média entre as três zonas mais profundas.

Tabela 01: Datação do testemunho de lago próximo a Aracati,CE

Profundidade (cm)	Idade aproximada (anos bp)
CE 1308 10-11	2980 ± 40
CE 1398 39-40	2980 ± 40
CE 1308 77-78	3170 ± 30
CE 1308 88-89	3575 ± 30
CE 1308 91-92	5635 ± 40
CE 1308 91 – 95	5885 ± 50
CE 1308 95.5 - 99.5	6410 ± 45
CE 1308 108 – 109	6050 ± 35
CE 1308 132-133	6065 ± 35
CE 1308 158 – 159	6050 ± 35
CE 1308 210 – 211	6085 ± 35
CE 1308 267- 268	6105 ± 35

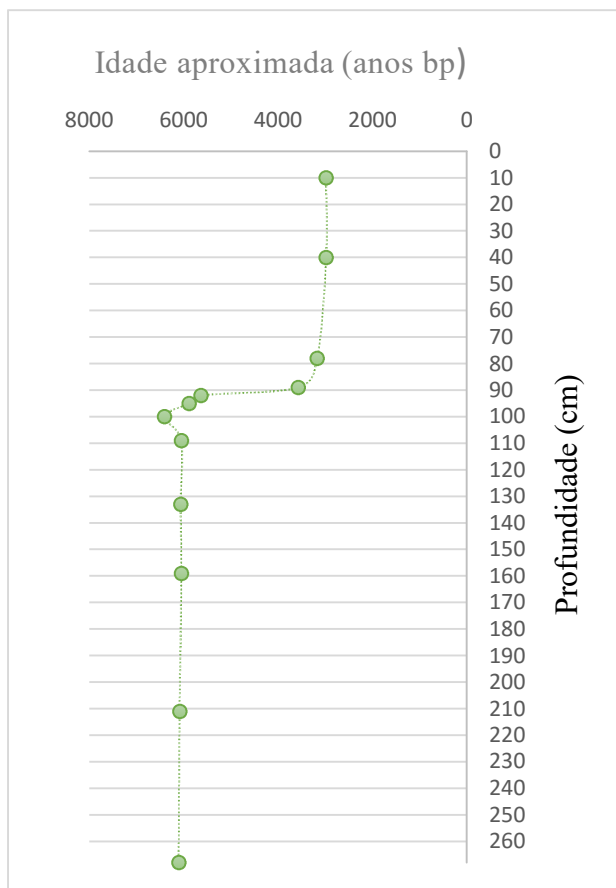


Figura 10: Variação entre profundidade e idade aproximada do testemunho de lago, Aracati – CE, Brasil.

A concentração de nitrogênio total (NT) variou entre 0,6% na profundidade de 20 cm e 4,2% na profundidade de 124 cm, além de maiores valores entre 90 a 260 cm. A partir desta profundidade as concentrações de NT diminuiriam substancialmente entre 90 cm até a superfície (figura 11).

A concentração de MO apresentou valores maiores que o de NT. O valor máximo apresentado foi 14,6% aos 104 cm e o menor valor foi de 3,7% a 52 cm de profundidade, os maiores valores se encontravam entre 260 até 90 cm de profundidade, onde, a partir desse intervalo ocorreu um decréscimo acentuado da concentração de MO até a superfície (figura 11). A MO teve a mesma variação apresentada pelo NT ($r = 0.879$). A equivalência entre os teores de MO e NT nesse testemunho é devida ao fato que os ciclos do C e N serem interligados graças às suas características dinâmicas interativas nos reservatórios biológicos intermediários de produção primária, nos domínios terrestres, nas costas e nos oceanos, assim como nos solos e nos sedimentos orgânicos (LEARMEN, et al 2004).

Com os dados de NT e MO foi possível elaborar um gráfico da relação

Carbono/Nitrogênio (C/N) (figura 12). Os valores da razão C/N observados variaram entre 2,5 na profundidade de 124 cm e 12,5 na profundidade de 20 cm. Além disso, entre 15 até 25 cm de profundidade a razão C/N apresentou valores iguais ou superiores a 8,0. Razões C/N acima de 8,0 indicam que houve uma contribuição maior por plantas superiores, rica em lignina, conseqüentemente com maior teor relativo de carbono orgânico, e mais refratário à decomposição. Razões C/N menores que 8,0 sugerem uma maior contribuição da produtividade primária fitoplânctônica, que tem menor concentração relativa de carbono orgânica e é menos refratária a decomposição (PRAHL, 1980).

As concentrações de Al foram menores (5.431 $\mu\text{g/g}$) a uma profundidade de 72 cm, e a maiores (82.748 $\mu\text{g/g}$), a aproximadamente 212 cm de profundidade (figura 14). Além disso, houve um aumento brusco na concentração desse elemento entre 180 e 230 cm.

A porosidade variou entre 40% a 2 cm, até 80% em 216 cm (figura 14). A densidade apresentou um pico máximo entre 0 e 2 cm, 1,6 g/cm^3 , e um pico mínimo, 0,57 g/cm^3 , a 270 cm (figura 14), com uma correlação significativa, com a porosidade ($r = -0.598$). A porosidade foi levantada para se determinar a granulometria dos sedimentos, onde ambas devem apresentar uma correlação negativa. Solos arenosos apresentam uma densidade maior que 1,5 g/cm^3 , já solos mais argilosos, uma densidade em torno de 0,90 g/cm^3 . Já quando maior a porosidade, mais fino tende a ser o sedimento, e quando menor a porosidade, mais grosso é o sedimento.

A partir da variação das concentrações observadas, o testemunho foi dividido em três intervalos.

4.1.2. L1 (0 – 88 cm)

Esse intervalo, representando os últimos 3,000 a 4,000 anos, apresentou as menores concentrações de MO (3,8% em 50 cm até 7,6% em 88 cm) e NT (0,6% em 20 cm até 1,6% em 40 cm) quando comparado com o restante do testemunho. A razão C/N apresentou um pico, em cerca de 12,9 aos 20 cm. Esse elevado valor da razão C/N sugerem uma importante contribuição alóctone para o lago, embora a grande variabilidade de C/N (3,3 até 12,9) sugira períodos de em que ocorreram maior importância da produção primária autóctone.

Zocatelli et al. (2012) avaliou as mudanças paleoclimáticas ocorridas no Lago do Boqueirão, Rio Grande do Norte, onde entre 3.000 a 2.050 anos atrás ocorreram rápidas

variações entre climas secos e chuvosos e que acabaram por contribuir com uma variação do teor de MO nos sedimentos, com contribuição de origem alóctone em períodos chuvosos e autóctone em períodos secos. Dessa forma, devido à proximidade com o Baixo Jaguaribe, esse período de rápidas mudanças pluviométricas no Lago Boqueirão podem ter influenciado nas variações e no pico da relação C/N nesse intervalo. Esse clima intermediário de pluviosidade que provavelmente contribuiu com uma possível variação de contribuição alóctone e autóctone pode ser demonstrado também pela concentração de alumínio, que apresentou elevada variação de concentração. Outro fator que pode ter influenciado a baixa concentração de MO foi à alta densidade ($> 1 \text{ g/ cm}^3$), apesar da baixa porosidade dos sedimentos desse período. Solos com grande quantidade de MO apresentam densidades menores, em torno de $0,90 \text{ g cm}^3$, já solos arenosos, tem densidade maior que $1,5 \text{ g/ cm}^3$ (SANTOS, 2007). Além disso, pode também ter ocorrido uma compactação do solo, que aumentou a densidade, diminui o espaço poroso, e também a oxigenação do sedimento (MEURER, 2006). Já altos valores apresentados pela razão C/N entre 15 a 20 cm deve indicar uma MO de origem de plantas superiores (PRAHL, 1980), contudo o mesmo não ocorre no restante do testemunho, provavelmente devido ao fato que o local onde o perfil foi coletado se apresentou como lago durante grandes períodos e assim com uma contribuição de MO mais fitoplantônica.

4.1.3. L2 (88 – 170 cm)

Nesse intervalo as concentrações de MO e NT aumentaram significativamente e a relação C/N tendeu a variar menos, quando comparadas ao intervalo L1. Isso talvez se deva ao fato de que a partir de 90 cm de profundidade o sedimento apresenta uma granulação mais fina, que permite uma melhor adsorção da matéria orgânica (MARTINS, 2005). O próprio nitrogênio por sua vez, tende a se acumular mais rapidamente em sedimentos mais finos na forma de amônia, causando uma diminuição da relação C/N graças a perda nitrogênio inorgânico para a água intersticial (MEYERS, 1997). Além disso, a própria granulometria também está relacionada com a quantidade de alumínio do sedimento, pois tende a se acumular em grãos mais finos assim como a MO (HEDGES, 1993), como também com a porosidade e densidade (SHÖN, 1996). Nesse intervalo a densidade do sedimento tendeu a diminuir e a porosidade aumentar, mostrando uma relação inversa, assim como vista no intervalo L1. Contudo, a densidade (cerca de $0,90 \text{ g cm}^3$) apresentou condições bastante favoráveis para o acúmulo de MO

(SANTOS, 2007), devido provavelmente a presença de um material bem mais argiloso, já que partículas mais finas tem menor densidade e maior porosidade (NEU, 2005). Já o alumínio, que da mesma forma que a MO, apresenta uma relação inversamente proporcional com material grosso (MARTINS, 2005), apresentou quantidades semelhantes ao intervalo L1. Contudo, segundo estudos, a região do nordeste brasileiro apresentava um clima mais úmido durante o período inicial e médio do Holoceno (CRUZ et al, 2009), correspondente entre 6.000 a 3.000 anos atrás (HOGUIN & RESTIFO, 2012), já que a posição da ZCIT tendeu mais ao sul durante esse período (HAUG et al, 2001), indo contra com a suposta contribuição apenas autóctone. Porém, devido aos erros de datação dos testemunhos, é difícil determinar com exatidão o período geológico correspondente em todos os intervalos. Além disso, JACOB (2003) ao analisar as mudanças paleoambientais na Lagoa do Cacó – Maranhão chegou à conclusão que apenas entre 6.000 a 5.000 anos atrás, ocorria uma sedimentação mais lenta com uma maior filtragem de minerais, que poderia estar relacionada a uma maior pluviosidade na região. Dessa forma caso os intervalos L1 e L2 sejam mais recentes que esse período, provavelmente não houve significativa contribuição alóctone pelo regime.

4.1.4. L3 (170 – 260 cm)

Esse intervalo apresenta características semelhantes ao intervalo L2 em termos de MO. Contudo, apresenta as maiores concentrações de alumínio. As concentrações de Al mais elevadas sugerem um aumento da contribuição alóctone e pode estar associada à um período de aumento da pluviosidade entre 3.000 a 6.000 anos (CRUZ et al, 2009), com um maior transporte de minerais da bacia de drenagem para o lago entre 5.000 a 6.000 anos (JACOB, 2003). Apesar da baixa razão C/N, a maior pluviosidade provavelmente pode ter contribuído para aumentar a produção de MO, pois como se trata de uma região de lago, os períodos com maior concentração de MO podem estar relacionados à acumulação de MO pela rápida incorporação de carbono presente nas membranas das macrófitas no sedimento (TURCQ, 2002). O NT também pode ser alto já que é mais conservada em períodos em que os lagos se encontram em níveis elevados, graças a maior pluviosidade, devido a um favorecimento de condições anóxicas próximas à interface água-sedimento (VERSCHUREN, 1996), o que pode ter contribuído para uma variação ainda menor da razão C/N. Além disso, a porosidade, assim como a densidade do sedimento se mantiveram praticamente constantes, sugerindo uma mesma origem dos sedimentos durante todo esse intervalo.

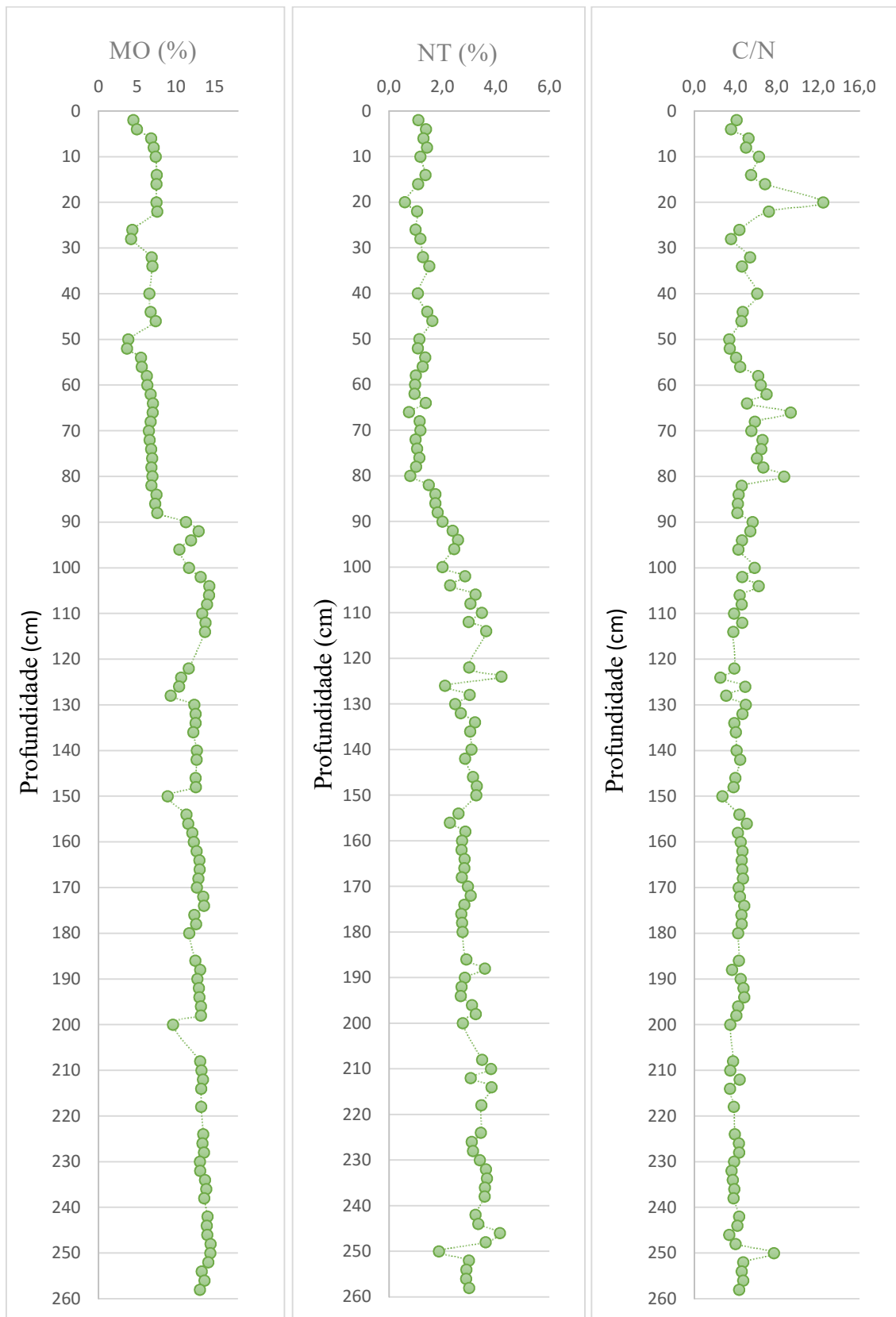


Figura 11: Variação de MO, NT e C/N no testemunho 1308, Aracati – CE, Brasil.

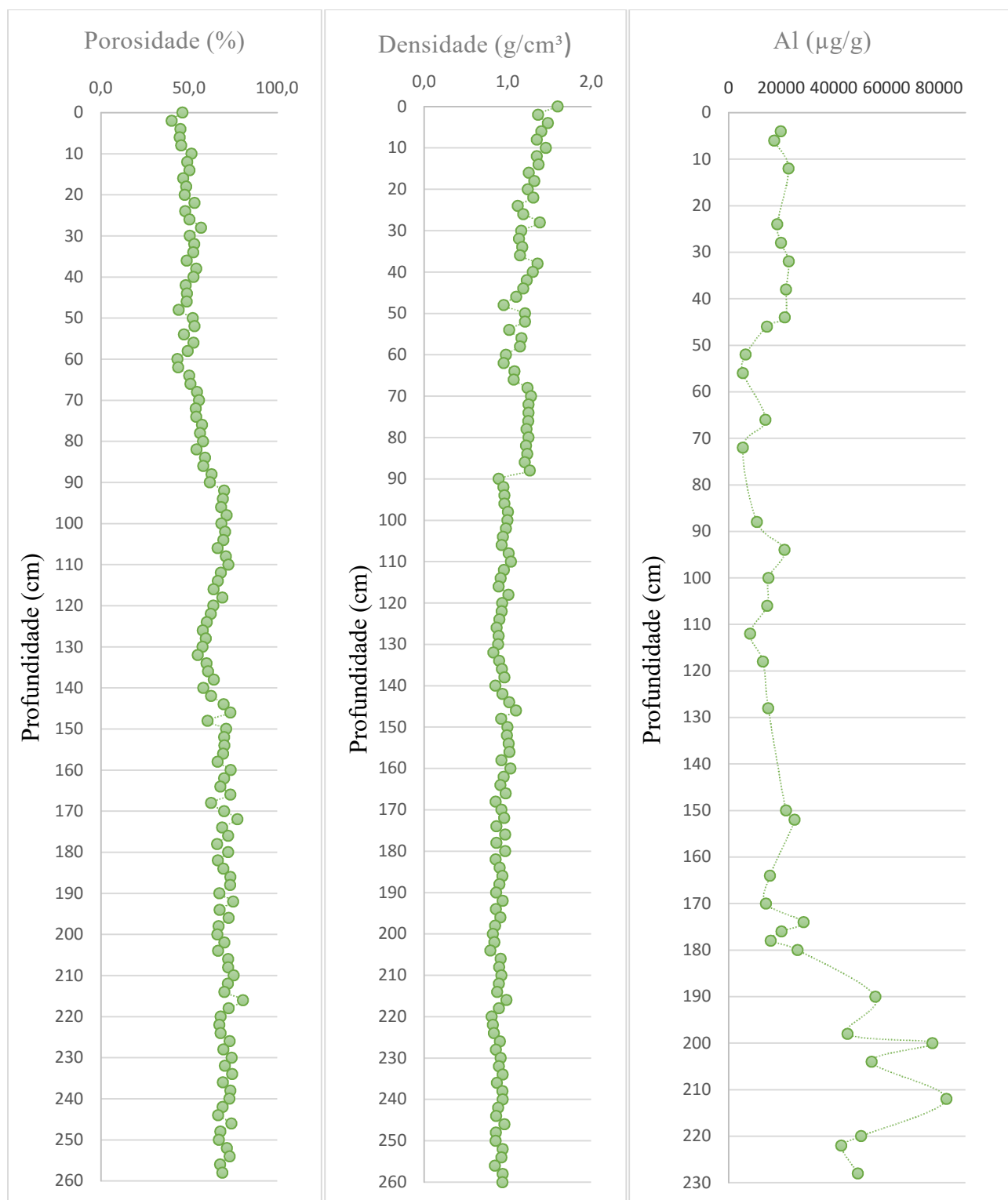


Figura 12: Porosidade, densidade e alumínio no testemunho 1308, Aracati – CE, Brasil.

4.2 Mangue

4.2.1. Datação e variação dos parâmetros analisados

A datação desse testemunho apresentou um tempo geológico aparentemente menor que o testemunho coletado no lago. Contudo existem alguns erros notáveis: varias zonas mais profundas do testemunho apresentam uma idade inferior às zonas superficiais que as antecedem, de 0 até cerca de 82 cm não há uma idade mais precisa entre nenhum dos sedimentos, a idade geologica mais antiga está entre 108 e 110 cm, correspondendo a cerca 2.240 anos e a idade geológica mais recente está entre 154 e 156 cm, correspondendo a mais ou menos 980 anos.

Tabela 02: Datação do testemunho de mangue (1309) localizado na foz do Rio Jaguaribe, Fortim, CE

Profundidade (cm)	Idade Aproximada (anos b.p)
CE 1309 12-14	Posterior à 1950
CE 1309 48-50	Posterior à 1950
CE 1309 68-70	Posterior à 1950
CE 1309 108-110	2240 ± 35
CE 1309 130-132	1085 ±30
CE 1309 154-156	980 ±30
CE 1309 170-172	1230±30
CE 1309 179-180	1535±30
CE 1309 198-200	1215±30
CE 1309 230-232	1435±30

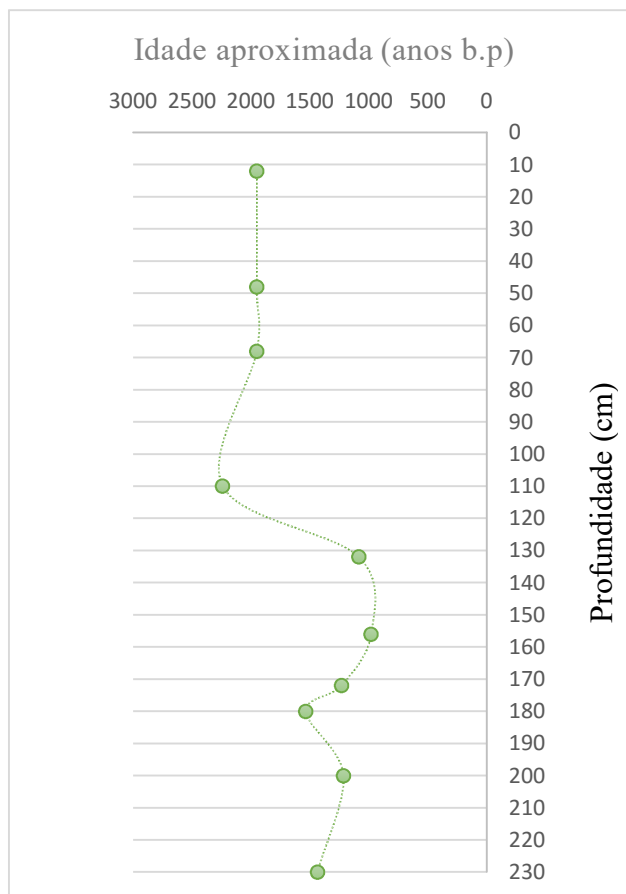


Figura 13: Variação entre profundidade e idade do testemunho de mangue localizado na foz do Rio Jaguaribe, Fortim – CE, Brasil.

O perfil coletado no mangue próximo à foz do estuário apresentou diversas variações na concentração dos elementos analisados. O NT apresentou concentrações ainda menores se comparadas ao testemunho coletado no lago. A menor concentração de NT foi de apenas 0,02% a 152 cm de profundidade e a maior concentração foi cerca de 1,75% a 18 cm (Figura 15). O NT apresentou três grandes variações: o primeiro entre 230 até 162 cm, onde a concentração variou entre 0,5% a 1%, um segundo onde ocorreu um decréscimo acentuado de NT a partir de 154 até 80 cm de profundidade, e um terceiro entre 80 centímetros até a superfície onde ocorreu um novo aumento.

A MO apresentou uma correlação significativa com o NT ($r = 0.700$) apresentando picos em profundidades semelhantes, porém com concentrações um pouco maiores, onde a menor foi 0,5% a 98 cm e a maior foi 8,3% a 50 cm de profundidade (Figura 15).

A relação C/N apresentou três picos, 13, 13,4 e 25,5 em 84, 154, 158 cm de

profundidade, respectivamente. O menor valor apresentado foi 2,2 a 44 cm e o maior valor foi 25 a 58 cm (Figura 15). O alumínio apresentou concentrações extremamente baixos em alguns pontos. O menor valor observado corresponde a 1.951 $\mu\text{g/g}$ em cerca de 160 centímetros, já o maior valor foi 37.882 $\mu\text{g/g}$ a 176 cm (Figura 16). A porosidade teve o seu menor valor, 24% a 138 cm, o maior valor, 62,4% a 54 cm, já o menor e maior valor de densidade foram 0,81 g/cm^3 em 34 cm de profundidade e 1,92 g/cm^3 em 88 e 110 cm, respectivamente (fig 15). A porosidade e a densidade correlacionaram-se inversamente de forma significativa ($r = - 0,700$).

Da mesma forma que o testemunho de lago, o testemunho de mangue foi dividido em intervalos.

4.2.2. M1 (0 – 70 cm)

Nesse intervalo a MO, assim como o NT, apresentaram os maiores valores, como também as maiores variações de todo o testemunho, com conseqüentemente a maior concentração de MO de todo o perfil, porém uma razão C/N muito baixa, indicando uma contribuição predominantemente marinha (PRAHL, 1988). Assim como no lago, a alta concentração desses parâmetros deve provavelmente envolver a presença de um sedimento mais fino com maior capacidade de adsorção (MARTINS, 2005). Além disso, esse testemunho apresenta uma idade geológica aparentemente mais recente, apesar do erro de datação, e com isso uma sedimentação maior, que o caracterizaria como uma região deposicional de baixa energia tendendo a acumular mais MO (BURONE, 2003). Contudo, a menor quantidade de MO e NT no mangue quando comparado com o lago deve-se provavelmente à proximidade do primeiro com o oceano, já que o regime de maré carrega sedimentos arenosos para a região (LIMA, 2008). O mesmo comportamento foi encontrado por Da Cruz et al. (2009) ao avaliar o ambiente deposicional da Ilha de Marajó, onde os perfis analisados apresentaram diversos episódios entre uma maior contribuição arenosa ou lamosa, o que pode indicar que a MO pode ter sido devirada de fitoplâncton marinho, caracterizando uma contribuição aloctone. Além disso o regime de maré também deve ter contribuído para um maior acúmulo de matéria orgânica *in situ*, caso que ocorre em regiões de mangue supra tidais devido à baixa duração das marés e relativa escassez de herbívoros (BOUCHARD & LEFEUVRE, 2000). Além disso, a influência da maré pode ser vista pela análise da densidade e porosidade.

A densidade apresentou uma grande variação nesse intervalo M1 entre 0,9 a 1,5 g/cm³ caracterizando esse sedimento como uma mistura de argila com areia (SANTOS, 2007). A porosidade, por sua vez, apresentou uma variação semelhante à densidade com uma relação inversamente proporcional à esta, o que contribui para a interpretação de uma contribuição marinha de grãos mais grossos. Já o alumínio se manteve com concentrações estáveis, variando apenas em alguns pontos. Isso provavelmente deve ser devido tanto à contribuição aloctone como autoctone, aliada a um pH menos ácido (BOYLE, 1994; FIRME, 2003), além da mistura entre diversas granulometrias (HEDGES, 1993).

4.2.3. M2 (70 – 170 cm)

Nesse intervalo ocorre a diminuição gradativa de MO e NT, aliada a dois picos da relação C/N, um a 78 cm e outro a 158 cm. A diminuição de MO e NT é acompanhada pela diminuição da porosidade e aumento da densidade, situação contrária à representada no intervalo M1. Dessa forma torna-se possível avaliar que a granulometria influenciou bastante a diminuição de MO nesse perfil. Isso pode ser devido a um suposto aumento do nível do mar, ocorrido entre 2.100 a 1.100 anos atrás no nordeste brasileiro (BEZERRA et al, 2003), que favoreceu uma mobilização da MO. Esse aumento do nível do mar, pode ter trazido sedimentos mais grossos, como podemos ver analisando o gráfico de densidade, onde em poucos pontos era abaixo de 1,5 g/cm³, caracterizando o sedimento como bastante arenoso (SANTOS, 2007). Além disso, a concentração de alumínio continuou relativamente semelhante à apresentada no intervalo M1. Isso pode ser explicado pela presença de sedimento arenoso como provavelmente pela menor contribuição da bacia de drenagem e transporte de material de origem continental (FIRME, 2003). Os picos da relação C/N apresentam resultados que contribuem para uma interpretação de um ambiente com contribuição de MO mais terrígena, por plantas superiores vasculares, particularmente as plantas do próprio manguezal (WESTEMAN & HEDENSTROM, 2002; WILSON et al., 2005).

Contudo, deve-se tomar cuidado na interpretação do resultado, principalmente ao maior pico em 158 cm, pois mudanças drásticas de C/N podem estar relacionadas a uma MO em estado de decomposição (VALIELA et al, 1985). Além disso, a concentração de NT nesse intervalo se encontra extremamente baixa, o que pode gerar um valor superestimado da relação C/N, já que o nitrogênio tende a se decompor mais rápido que o Carbono (WHITE & HOWES, 1994), e em estágios mais avançados a

decomposição é mais lenta e apenas matérias refratárias como a lignina permanecem no sedimento. Dessa forma o C e o N mantem uma relação estável e o C/N estabiliza (WHITE & HOWES, 1994) em estágios mais avançados, diferentemente de estágios iniciais de decomposição de MO. É possível que também tenham ocorrido erros na análise de MO e NT, como por exemplo, durante a secagem do sedimento, que pode ter gerado resultados superestimados.

4.2.4. M3 (170 – 230 cm)

Esse intervalo apresentou uma concentração de MO e NT um pouco maior que o intervalo M2, com uma relação C/N constante e relativamente baixa, provavelmente devido a tendencia de decrescimo de C/N com o aumento da profundidade (MELLO et al, 1983). O aumento do MO e NT pode estar relacionado aos mesmos fatores presentes no intervalo M1, porém com uma magnitude menor, já que os valores de M3 não são tão elevados. Além disso, como o sedimento aparentemente apresenta uma granulometria mais arenosa (densidade entre 1,5 g/cm³), o MO não aumentou tanto, já que a presença de mais material argiloso serviria como um fator de proteção do carbono orgânico do solo, aumentando o tempo de residência de MO no solo (MELO, 2003). Dessa forma, talvez o ambiente a qual representa esse intervalo era um ambiente menos influenciado pelo regime de maré do que o M2, porém mais que M1. Porém, fica difícil avaliar o período geológico correspondente aos intervalos do testemunho coletado no mangue, já que grande parte dos dados são confusos e apresentam idades bastante semelhantes. Porém um aumento significativo de alumínio pode ser relacionado a uma contribuição aloctone de origem continental, ligado a um periodo antecessor ao aumento do nivel do mar entre 2.100 e 1.100 anos atrás (BEZERRA et al, 2003). Contudo o aumento da contribuição aloctone deveria ser vista também na quantidade de MO (SAIA, 2007). Além disso, a sedimentação pode ter influenciado bastante, pois se é caso esta seja estável durante um intervalo, maiores concentrações de MO e N podem indicam um input de material orgânica para o ambiente (KU, et al 2007).

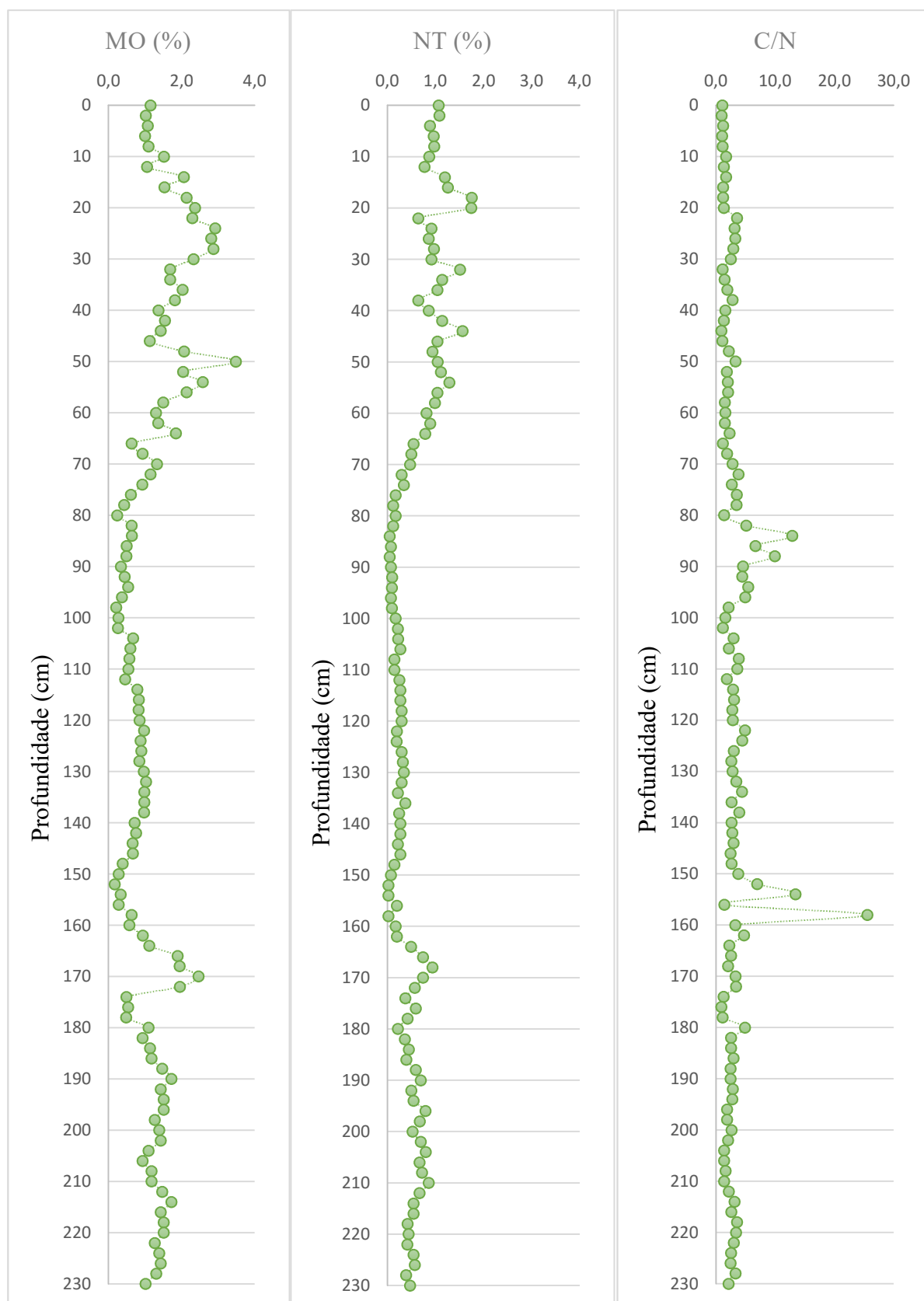


Figura 14: Variação de MO, NT e C/N no testemunho de mangue coletado no estuário do Rio Jaguaribe, Fortim – CE, Brasil.

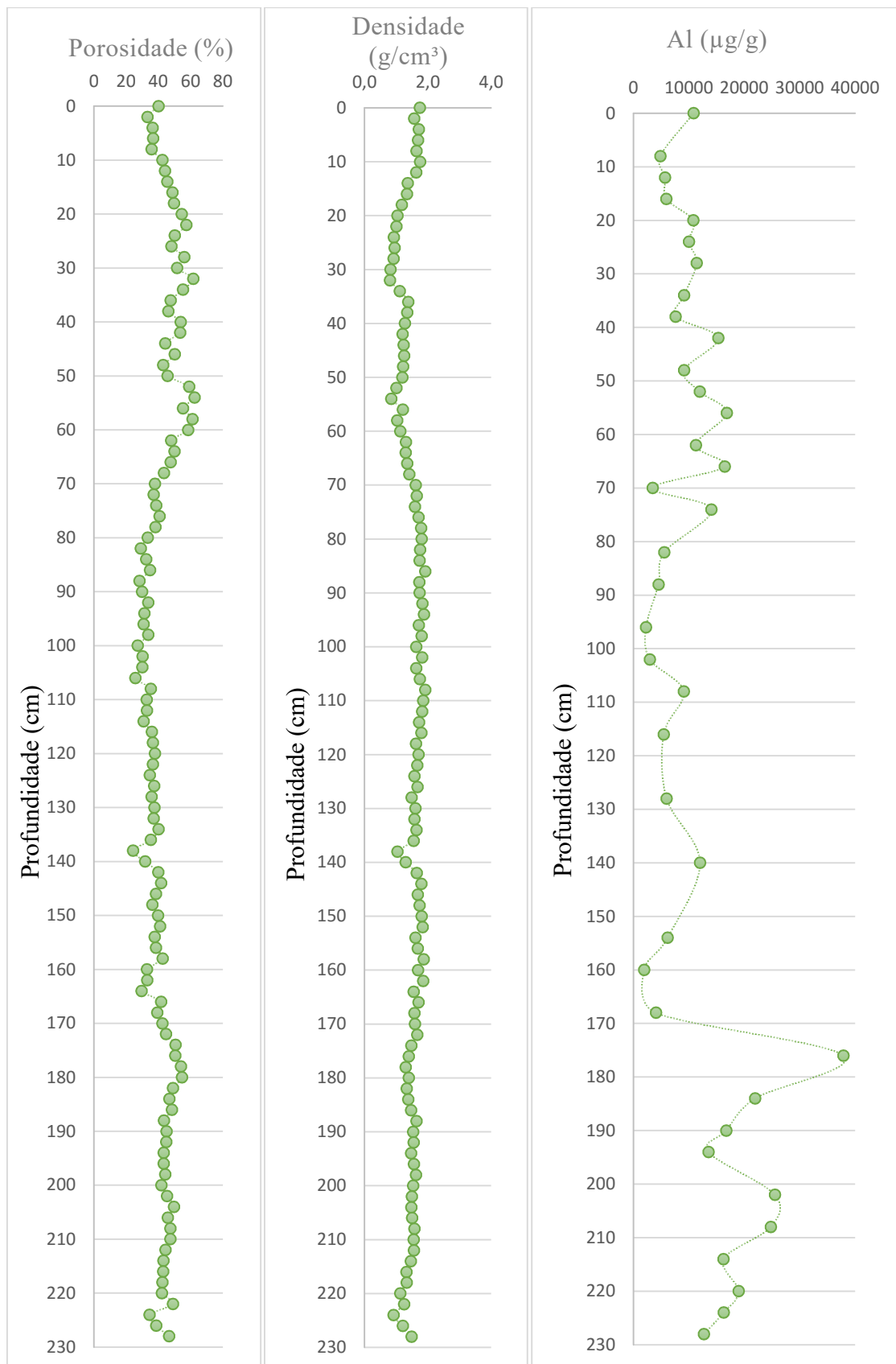


Figura 15: Porosidade, densidade e alumínio no testemunho de mangue coletado no estuário do Rio Jaguaribe, Fortim – CE, Brasil.

5. CONCLUSÃO

Apesar dos erros encontrados na datação dos dois testemunhos foi possível levantar algumas hipóteses sobre eventos paleoclimáticos que ocorreram na região dos dois testemunhos analisados, com base na interpretação dos parâmetros avaliados como também na idade média aproximada entre os dois perfis. Os dois testemunhos apresentaram características distintas um do outro, o que já era esperado, devido à distância entre ambos e a contribuição do regime de maré ou da bacia de drenagem. Foi possível observar que o testemunho coletado no lago apresentou uma granulação mais fina e com isso um ambiente deposicional mais favorável à acumulação de material orgânica, e uma relação C/N bastante estável, apresentando apenas um pico com provável contribuição por plantas superiores. Além disso, de acordo com as taxas de alumínio, foram observados dois intervalos onde a contribuição de material orgânica e minerais para a região variava tanto de origem alóctone em zonas mais profundas do testemunho, para uma contribuição majoritariamente autóctone, ou autóctone e alóctone em profundidades mais superficiais. Já o testemunho de mangue apresentou uma granulação mais grossa, e menores concentrações de MO, provavelmente devido a influência do regime de maré, e uma relação C/N elevada em alguns pontos característica de contribuição de MO de plantas superiores vasculares. O alumínio desse testemunho apresentou uma provável contribuição alóctone em zonas mais profundas. Nas profundidades mais superficiais, entretanto, as baixas concentrações de Al sugerem pouca influência de materiais continentais originados na bacia de drenagem. Contudo, para entender melhor os eventos paleoclimáticos ocorridos na região é necessária uma nova datação e o uso de modelos climáticos para que se tenha uma idade cerca de cada profundidade dos testemunhos. Além disso, a coleta de mais perfis pode demonstrar melhor como a região do baixo Jaguaribe, foi impactado por eventos paleoclimáticos assim como também análise de outros parâmetros como os isótopos de carbono e nitrogênio (^{13}C e ^{15}N), podem levar a uma maior compreensão da fonte desses elementos para o ecossistema (MULLER & VOSS, 1999; MEYERS, 1997).

REFERÊNCIAS

BEZERRA, F. H. R.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte state coast, **Mar Geol**, Brazil, v.196, p.73-89, 2003.

BIANCHI, E.; CANUEL, C. **Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems**. 2011. T.S.

BURONE, L. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern - Brazil). **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro , v. 75, n. 1, p.77-80, Mar 2003.

DA CRUZ, M.; CAROLINA, M.; ROSSETTI.; DE FATIMA, D., PESSENDA, R.; CARLOS, L. Quaternary paleoenvironments and relative sea-level changes in Marajo Island (Northern Brazil): Facies, delta C-13, delta N-15 and C/N. **PALAEOGEOGRAPHY, PALAEOCLIMATOLOGY, PALAEOECOLOGY**, v. 282, n. 1-4, p.19-31, 2009. Web of Science Citations: 14.

BOUCHARD, V., LEFEUVRE, J. C. Primary production and macrodetritus dynamics in a European salt marsh: carbon and nitrogen budgets. **Aquatic Botany**, v.67, p. 23–42, 2000.

BOYLE, J. F. Acidification and sediment aluminium: palaeolimnological interpretation. **Journal of Paleolimnology**, v.12, p.181-187, 1994.

DEAN, W. E.. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. **J. Sed. Petrol.** v.44, p.242–248, 1974.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 212, 1997.

FIRME, L. P. **Caracterização Físico-Química de Solos de Mangue e Avaliação de sua Contaminação por Esgoto Doméstico Via Traçadores Fecais**. Dissertação de

mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, 2003.

CRUZ, F. W.; VUILLE, M.; BURNS, S. J.; WANG, X.; CHENG, H.; WERNER, M.; EDWARDS, KARMANN, R. L.; AULER, I.; NGUYEN, A. S. H. Orbitally driven east–west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, v.22, p.1–5, 2009.

ENGSTROM, D. R.; WRIGHT, H. E. Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In Haworth, E.Y. & J.W.G. Lund (eds.) *Lake sediments and History*. Leicester University Press, **Leicestr**, p.11-68, 1984.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. **EMBRAPA Pantanal - Circular Técnica**, v. 63, 2006.

ISHIWATARI, R.; UZAKI, M. 1987 “Diagenetic Changes of lignin Compounds in a More Than 0.6 Milion-Year-Old Lacustrine Sediment (Lake Biwa, Japan)” **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.51, no. 2, Feb 1987.

HAUG, G. H.; HUGHEN, K. A.; SIGMAN, D. M.; PETERSON, L. C.; RÖHL, U. Southward migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene. **Science**, v. 293, p.1304–1308, 2001.

HEDGES, J. I.; KEIL, R. G.; COWIE, G. L. Sedimentary diagenesis: organic perspectives with inorganic overlays. **Chemical Geology** v. 107, p.487-492, 1993.

HOGUIN, R.; RESTIFO, F. (eds). Middle Holocene archaeology: dynamics of environmental and socio-cultural change in South America. **Quaternary International** v. 256, p.1–87, 2012

JACOB, J.; DISNAR, J.; BOUSSAFIR, M.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B.; ALBUQUERQUE A. L. S. Major environmental changes recorded by lacustrine sedimentar organic matter since the last glacial maximum near the equator (Lagoa do

Cacó, NE Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.205, p.183-197. 2003.

JEFFERY, G. H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C. Vogel: análise química quantitativa. 5 ed. Tradução de Horácio Macedo. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, p.712, 1992.

KU, H. W.; CHEN, Y. G.; CHAN, P. S.; LIU, H. C.; LIN, C. C. Paleo- environmental evolution as revealed by analysis of organic carbon and nitrogen: A case of coastal Taipei Basin in Northern Taiwan, **Geochem.**, v.41, p. 111–120, 2007, doi:10.2343/geochemj.41.111.

LAMB, ANGELA, L.; WILSON, G. P.; LENG, MELANIE, J. A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material. **Earth Science Reviews**, v.75, p.29-57, 2006.

LERMAN, A.; MAKENZIE, F. T.; MAY, V. L. Coupling of the Perturbed C–N–P Cycles in Industrial Time. **Aquatic Geochemistry**, v.10, p.03–32, 2004.

LIMA, E. A. M. **Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Prognóstico Geoquímico Ambiental da Zona Estuarina do Rio Botafogo, Pernambuco**. Tese de Doutorado, 2008.

MAIA, L. P. **Controle tectônico e evolução geológica da região da desembocadura do Rio Jaguaribe**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, p.119-130. Recife, 1993.

MANN, M. E.; ZHANG, Z.; RUTHERFORD, S.; BRADLEY, R. S.; HUGHES, M. K.; SHINDELL, D.; AMMANN, G.; FALUVEGI, G.; NI, F. Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval climate anomaly. **Science**, v.236, p.1256–1260, 2009.

MARTIN, C. W.; Johnson, W. C. Variation in radiocarbon ages of soil organic matter fractions from Late Quaternary buried soils. **Quaternary Research**, v.43, p.232-237,

1995.

MARTINS, M.; FERREIRA, A. M.; Vale, C. PCB composition in flood material and sediments from the Guadiana river estuary. Lisboa, **Ciências Marinas**, v.31(1B), p.285-291, 2005.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 3ª ed. EVANGRAF, Porto Alegre, 2006.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: **Oficina de Textos**. Cap. 2, p.25-41, 2009. ISBN 978-85-86238-92-5.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIELH, J. C. Fertilidade do Solo. **NOBEL**, São Paulo, 1983.

MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, v.27, p.213–250, 1997.

MULLER, A. VOSS, M. The paleoenvironments of coastal lagoons in the southern Baltic Sea, II. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ ratios of organic matter-sources and sediments. **Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.** v.145, p.17–32, 1999.

NEU, V. **Influência da Cobertura Vegetal na Ciclagem de Nutrientes Via Solução do Solo na Região de Manaus – AM**.(Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2005.

PHILANDER, S. G. H.; GU, D.; HALPERN, D.; LAMBERT, G.; LAU, N. C.; Li, T.; PACANOWSKI, R. C. Why the ITCZ is mostly north of the equator. **Journal Climate**, v.9, p. 2958-2972, 1996.

PRAHL, F. G.; BENNET, J.T.; CARPENTER, R. The early diagenesis of aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particulates from Dobob Bay,

Washington. **Geochim. Cosmochim. Acta** 44, p.1967-1976, 1980.

RUBIN, A. Some cautions to remember about correlation. Ln: Statistics for evidence-based practice and evaluation. 3 ed. EUA: **CENCAGE learning**, 215 p, 2012

SAIA, S. E. M. G.; PESSEDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A. Last glacial maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Quaternary International**, Amsterdam, 2007. Doi: 10.1016/j.quaint.2007.06.029.

SANTISTEBAN, J. I. R.; MEDIAVILLA, E.; LÓPEZ-PAMO, C. J.; DABRIO, M. B. R.; ZAPATA, M. J. G.; GARCÍA, S. CASTAÑO.; P. E. Martínez-Alfaro. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments?. **Journal of Paleolimnology**, v.32, p.287-299, 2004.

SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação C/N em gleissolo e cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa, Antonina – PR, Curitiba**. Dissertação (Pós-Graduação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná, 2007.

SCHÖN, J. H. Physical properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics. **Hand- book of Geophysical Exploration: Seismic Exploration**, vol. 18, 1996.

TURCQ, B.; CORDEIRO, R. C.; SIFEDDINE, A.; SIMOES FILHO, F. F.; ABRAO, J. J.; OLIVEIRA, F. B. O.; SILVA, A. O.; CAPITANEO, J. L.; LIMA, F. A. K. Carbon storage in Amazonia during the LGM: data and uncertainties. **Chemosphere**, v.49, p.821– 835, 2002.

VALIELA, I.; Teal, J. M.; Allen, S. D. Decomposition in salt marsh ecosystems: the phases and major factors affecting disappearance of above-ground organic matter. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v 89, p.29–54, 1985.

VERSCHUREN, D. Comparative paleolimnology in a system of four shallow tropical lake basins. In: Johnson, T.C., Odada, E. (Eds.), **The Limnology, Climatology and Paleoclimatology of the East Af**, 1996.

WESTMAN, P.; HEDENSTROM, A. Environmental changes during isolation processes from the Litorina Sea as reflected by diatoms and geochemical parameters — a case study. **The Holocene**, v.12, p.531–540, 2002.

WHITE, D.S.; HOWES, B.L. Nitrogen incorporation into decomposing litter of *Spartina alterniflora*. **Limnology and Oceanography**, v.39, p.133–140, 1994.

WILSON, G. P.; LAMB, A. L.; LENG, M. J.; GONZALEZ, S.; HUDDART, D. $\delta^{13}\text{C}$ and C/N as potential coastal palaeoenvironmental indicators in the Mersey Estuary, UK. **Quaternary Science Reviews**, v.24, p.2015–2029, 2005.

ZOCATELLI, R.; TURCQ, B.; BOUSSAFIR, M.; CORDEIRO, R. C.; DISPAR, J. R.; COSTA, R. L. Sifeddine Abdelefettah, Albuquerque A. L. S. Bernardes M.C., Late Holocene paleoenvironmental changes in Northeast Brazil recorded by organic matter in lacustrine sediments of Lake Boqueirão. **Palaogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v.363, p.127-134, 2012.