



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**JEZIEL PENA FORTE LOPES**

**SEDIMENTOLOGIA DO TALUDE CONTINENTAL FRENTE AO MUNICÍPIO DE  
LUÍS CORREIA, PIAUÍ**

**FORTALEZA**  
**2018**

JEZIEL PENA FORTE LOPES

SEDIMENTOLOGIA DO TALUDE CONTINENTAL FRENTE AO MUNICÍPIO DE LUÍS  
CORREIA, PIAUÍ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. George Santander Sá Freire.

FORTALEZA

2018

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)

---

- L853s    Lopes, Jeziel Pena Forte.  
          Sedimentologia do talude continental frente ao município de Luís Correia, Piauí / Jeziel Pena Forte  
          Lopes. – 2018.  
          87 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação  
          em Geologia, Fortaleza, 2018.  
          Orientação: Prof. Dr. George Satander Sá Freire.
1. Bacia do Ceará. 2. Talude Continental. 3. Sedimentologia. I. Título.

CDD 551

---

JEZIEL PENA FORTE LOPES

SEDIMENTOLOGIA DO TALUDE CONTINENTAL FRENTE AO MUNICÍPIO DE LUÍS  
CORREIA, PIAUÍ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Marinha.

Aprovada em \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. George Santander Sá Freire (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Fernando de Andrade Soares Júnior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo.

Ao meus pais, meus maiores exemplos de pessoa, por todo o amor e incentivo que me dão a cada dia.

Aos meus irmãos Davyd e Maielle, meus companheiros por toda a vida.

A Jéssica que sempre me aconselhou, apoiou, incentivou em tudo e me fez descobrir o melhor lado da vida. Ao seu carinho, amor, e paciência nos momentos que mais precisei.

Ao meu orientador Prof. Dr. George Santander Sá Freire por ter me aceitado como orietando e ter dedicado seu tempo a este trabalho.

Aos amigos que integram o LGMA e LGA: Daniel, João, Isabelly, Inácio, Karen, Geny, Saulo, Sara, Fernandinho, Ian, Guilherme, entre outros.

Ao amigo Joel pela relevante ajuda nas análises de difração, bem como as contribuições na no desenvolvimento dos resultados.

Ao amigo Irineudo, pela sua contribuição na contagem de foraminíferos, bem como na sua interpretação

Aos amigos adquiridos durante essa estrada, pelos momentos de diversão em sala de aula e principalmente em viagens de campo.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), pela infraestrutura na qual fui capaz de realizar o curso.

A CAPES, pelo apoio financeiro a esta pesquisa através da bolsa de mestrado.

E por fim, aos membros da banca examinadora desta dissertação de mestrado, por aceitarem o convite e contribuir com críticas e sugestões para o melhoramento do trabalho.

## RESUMO

Devido à localização do talude continental dentro da margem continental e sua dificuldade de acesso, têm-se poucos estudos que caracterizem seus sedimentos. Desta forma, o presente trabalho enfoca o talude continental, a fim de definir a sua sedimentologia. O estudo foi realizado a partir de dois testemunhos (SIS 699 e ANP 1285) localizados no talude continental do estado do Piauí, em frente ao litoral do município de Luís Correia, distando aproximadamente 86 km da costa. Geologicamente está localizado na sub-bacia Piauí-Camocim, pertencente a bacia do Ceará, a qual está localizada na margem equatorial brasileira, abrangendo uma área de aproximadamente 34.000 km<sup>2</sup>. Através de pesquisas bibliográficas, atividade de campo e análises laboratoriais foi realizado o estudo sedimentológico da área. A partir das análises dos testemunhos, pode-se caracterizar o talude continental superior e inferior de Luís Correia, Piauí. O testemunho SIS 699 é composto predominantemente por silte, marcando um ambiente de baixa energia com transporte por suspensão. Este sedimento é silicibioclástico, classificado como marga arenosa. É marcado por teores relativamente baixos de carbonato e alta razão C/N, evidenciando o domínio de partículas terrígenas nesta região. A influência dessas partículas é evidenciada pela frequência de grãos de quartzo, caulinita e haloisita, como também pelo aparecimento de grãos bastante alterados. O paleoclima dominante é o tropical úmido, marcado pelo aparecimento de caulinita. A contribuição de partículas pelágicas é marcada por sedimentos biogênicos como foraminíferos planctônicos e bentônicos transportados por suspensão. O testemunho ANP 1285 é composto por sedimentos bioclásticos e biosiliciclásticos, classificados como lama calcárea e marga calcárea, respectivamente. É marcado pela sedimentação de baixa energia, com grande contribuição de partículas pelágicas como foraminíferos e uma menor influência de grãos terrígenos evidenciados pela presença de quartzo, caulinita, montmorilonita, feldspato potássico e ilita. Foi possível observar a transição do paleoclima árido, marcado pela montmorilonita, para clima tropical úmido, indicado pela caulinita. Apoiado nas análises pode-se caracterizar os testemunhos como talude continental superior e talude continental inferior de Luís Correia, Piauí. O talude continental superior do Piauí foi caracterizado a partir do testemunho SIS 699, estando em menor profundidade e em menor distância da linha de costa, marcado pela maior contribuição de sedimentos terrígenos na sua sedimentação. Já o talude continental inferior do Piauí, descrito com base no testemunho

ANP 1285, encontra-se em maior profundidade, bem como a uma maior distância da linha de costa, marcado pelo domínio de partículas pelágicas na sedimentação.

**Palavras-Chaves:** Bacia do Ceará. Talude Continental. Sedimentologia.

## ABSTRACT

Due to the location of the continental slope within the continental margin and its difficulty of access, there are few studies that characterize its sediments. In this way, the present work focuses on the continental slope in order to define its sedimentology. The study was carried out from two testimonies (SIS 699 and ANP 1285) located on the continental slope of the state of Piauí, in front of the coast of the municipality of Luís Correia, approximately 86 km from the coast. Geologically it is located in the Piauí-Camocim subbasin, belonging to the Ceará basin, which is located on the Brazilian equatorial margin, covering an area of approximately 34,000 km<sup>2</sup>. Through the bibliographical research, field activity and laboratory analysis, the sedimentological study of the area was carried out. From the analysis of the testimonies, it is possible to characterize the upper and lower continental slope of Luís Correia, Piauí. The SIS 699 testimony is predominantly composed of silt, marking a low energy environment with suspension transport. This sediment is silicibioclastic, classified as sandy mud. It is marked by relatively low carbonate contents and high C / N ratio, evidencing the dominance of terrigenous particles in this region. The influence of these particles is evidenced by the frequency of grains of quartz, kaolinite and halosite, as well as the appearance of highly altered grains. The dominant paleoclimate is the tropical humid, marked by the appearance of kaolinite. The contribution of pelagic particles is marked by biogenic sediments such as planktonic and benthic foraminifera transported by suspension. The ANP 1285 is composed of bioclastic and biosiliciclastic sediments, classified as limestone and calcareous loam, respectively. It is marked by low energy sedimentation, with great contribution of pelagic particles as foraminifera and a lower influence of terrigenous grains evidenced by the presence of quartz, kaolinite, montmorillonite, potassic feldspar and illite. It was possible to observe the transition from arid paleoclimate, marked by montmorillonite, to a humid tropical climate, indicated by kaolinite. Based on the analyzes, it is possible to characterize the testimonies as upper continental slope and lower continental slope of Luís Correia, Piauí. The upper continental slope of Piauí was characterized from SIS 699, being in lower depth and shorter distance from the coastline, marked by the greater contribution of terrigenous sediments in its sedimentation. The lower continental slope of Piauí, described on the basis of ANP 1285, is in greater depth, as well as a greater distance from the coastline, marked by the dominance of pelagic particles in the sedimentation.

**Keywords:** Ceará Basin. Continental Slope. Sedimentology.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo com ênfase nos testemunhos.....	18
Figura 2.1 – Perfil esquemático das margens continentais, mostrando as três províncias fisiográficas do tipo passiva. ....	20
Figura 2.2 – Foraminíferos planctônicos: 01 – Globigerinoides ruber; 02 - Globigerinoides saculifer; 03 - Globigerinoides menardii; 04 - Globigerinoides menardii f. tumida; 05 - Globigerinoides truncalinoides; 06 – Orbulina universa; 07 – Globigerina bulloides; 08 – Globigerinoides trilobus.....	24
Figura 2.3 – Foraminíferos bentônicos: 01 – Bolivina subaenariensis; 02 – Cassidulina laevigata; 03 – Cassidulina subglobosa; 04 – Quinqueloculina; 05 – Bulimina marginata; 06 – Uvigerina peregrina; 07 – Mellonis affinis; 08 – Pyrgo.....	24
Figura 2.4 – Relação do teor e do tipo de argilominerais em função do aumento da pluviosidade. ....	26
Figura 3.1 – Distribuição geográfica das principais bacias sedimentares do Brasil, com localização da bacia do Ceará (em azul).....	29
Figura 3.2 – Localização, limites e arcabouço da Bacia do Ceará. ....	30
Figura 3.3 – Carta estratigráfica composta da Bacia do Ceará.....	31
Figura 4.1 – Fluxograma metodológico. ....	32
Figura 4.2 – Testemunhador a pistão a bordo do navio FUGRO ODISSEY. ....	33
Figura 4.3 – Processo de amostragem de um testemunhador a pistão .....	34
Figura 4.4 – Ficha de descrição de testemunhos. ....	36
Figura 4.5 – Agitador de peneiras tipo ROT-UP.....	38
Figura 4.6 – Coleta da solução através do método da pipeta. ....	39
Figura 4.7 – Diagrama triangular de Shepard para a classificação dos sedimentos com base nas porcentagens de areia, silte e argila.....	41
Figura 4.8 – Calcímetro de Bernard modificado. ....	42

Figura 4.9 – Destilador de nitrogênio TCNAL, modelo TE-036/1. ....	46
Figura 4.10 – Lupa binocular. ....	49
Figura 5.1 – Representação e descrição do testemunho SIS 699. ....	51
Figura 5.2 – Variação textural do testemunho SIS 699. ....	52
Figura 5.3 – Diagrama triangular de Shepard com a plotagem das amostras do testemunho SIS 699. .....	53
Figura 5.4 – Teores de CaCO <sub>3</sub> do testemunho SIS 699. ....	54
Figura 5.5 – Teores de matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho SIS 699. ....	55
Figura 5.6 – Teores de nitrogênio total do testemunho SIS 699. ....	56
Figura 5.7 – Razão C/N para o testemunho SIS 699. ....	57
Figura 5.8 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho SIS 699. ....	58
Figura 5.9 – Difratoograma da amostra 12-15 cm do testemunho SIS 699. ....	58
Figura 5.10 – Difratoograma da amostra 24-28 cm do testemunho SIS 699. ....	58
Figura 5.11 – Difratoograma da amostra 33-35 cm do testemunho SIS 699. ....	59
Figura 5.12 – Difratoograma da amostra 43-45 cm do testemunho SIS 699. ....	59
Figura 5.13 – Difratoograma da amostra 106-108 cm do testemunho SIS 699. ....	60
Figura 5.14 – Foraminíferos planctônicos, bentônicos e grãos não identificados do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico; Gni – Grãos não identificados. ....	61
Figura 5.15 – Foraminíferos planctônicos, bentônicos e grãos de quartzo do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados. ....	62
Figura 5.16 – Foraminíferos planctônicos de coloração amarelada e grãos alterados com sinais de oxidação do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Gni – Grãos não identificados. ....	63
Figura 5.17 – Razão planctônicos/bentônicos no testemunho SIS 699. ....	64

Figura 5.18 – Representação e descrição do testemunho ANP 1285 .....	65
Figura 5.19 – Variação textural ao longo do testemunho ANP 1285.....	66
Figura 5.20 – Diagrama triangular de Shepard com a plotagem das amostras do testemunho ANP 1285.....	67
Figura 5.21 – Teores de CaCO <sub>3</sub> do testemunho ANP 1285. ....	68
Figura 5.22 - Teores de matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho ANP 1285.....	69
Figura 5.23 – Teores de nitrogênio total para o testemunho ANP 1285 .....	70
Figura 5.24 – Razão C/N para o testemunho ANP 1285.....	71
Figura 5.25 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho ANP 1285. ....	72
Figura 5.26 – Difratoograma da amostra 25-29 cm do testemunho ANP 1285.....	73
Figura 5.27 – Difratoograma da amostra 44-46 cm do testemunho ANP 1285.....	73
Figura 5.28 – Difratoograma da amostra 64-67 cm do testemunho ANP 1285.....	74
Figura 5.29 – Difratoograma da amostra 86-89 cm do testemunho ANP 1285.....	74
Figura 5.30 – Difratoograma da amostra 106-108 cm o testemunho ANP 1285.....	75
Figura 5.31 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico.....	76
Figura 5.32 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados.....	77
Figura 5.33 – Foraminíferos planctônicos e grãos de quartzo do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz - Quartzo.....	77
Figura 5.34 – Razão planctônicos/bentônicos no testemunho ANP 1285.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Coordenadas UTM dos testemunhos.....	18
Tabela 2.1 – Classificação dos sedimentos.....	23
Tabela 4.1 – Tempo de coleta das amostras de silte e argila no processo de pipetagem.....	41
Tabela 4.2 – Cálculo inicial para os pesos dos sedimentos finos em cada frasco.....	42
Tabela 4.3 – Cálculo dos pesos das frações silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila, respectivamente.....	42
Tabela 4.4 – Classificação dos sedimentos marinhos de Freire <i>et al.</i> (1997) modificada por Vital et al. (2005) .....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>Apresentação</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	16
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo Geral</i> .....	16
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	16
<b>1.3</b>	<b>Justificativa</b> .....	17
<b>1.4</b>	<b>Localização</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Margem Continental</b> .....	19
<i>2.1.1</i>	<i>Talude</i> .....	21
<i>2.1.2</i>	<i>Sedimentos Marinhos</i> .....	21
<i>2.1.3</i>	<i>Foraminíferos</i> .....	23
<i>2.1.4</i>	<i>Argila</i> .....	25
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	28
<b>3.1</b>	<b>Bacia do Ceará</b> .....	28
<b>3.2</b>	<b>Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia do Ceará</b> .....	29
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
<b>4.1</b>	<b>Levantamento Bibliográfico e Cartográfico</b> .....	32
<b>4.2</b>	<b>Coleta dos Testemunhos</b> .....	33
<b>4.3</b>	<b>Análises Laboratoriais</b> .....	34
<i>4.3.1</i>	<i>Abertura do Testemunho</i> .....	34
<i>4.3.2</i>	<i>Descrição Macroscópica</i> .....	35

4.3.3	<i>Análise Granulométrica</i>	37
4.3.4	<i>Teor de Carbonato de Cálcio</i>	41
4.3.5	<i>Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i>	43
4.3.6	<i>Teor de Nitrogênio Total</i>	45
4.3.7	<i>Razão Carbono e Nitrogênio (C/N)</i>	46
4.3.8	<i>Difração de Raios-X</i>	47
4.3.9	<i>Componentes bióticos</i>	48
4.4	<b>Integração e Interpretação dos Dados</b>	49
4.5	<b>Divulgação dos Resultados da Pesquisa</b>	49
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	50
5.1	<b>Testemunho SIS 699</b>	50
5.1.1	<i>Descrição Macroscópica</i>	50
5.1.2	<i>Análise Granulométrica</i>	51
5.1.3	<i>Carbonato de cálcio</i>	53
5.1.4	<i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i>	54
5.1.5	<i>Nitrogênio Total</i>	55
5.1.6	<i>Razão Carbono/Nitrogênio</i>	56
5.1.7	<i>Difração de Raios-X</i>	57
5.1.8	<i>Componentes Bióticos</i>	61
5.2	<b>Testemunho ANP 1285</b>	64
5.2.1	<i>Descrição Macroscópica</i>	64
5.2.2	<i>Análise Granulométrica</i>	66
5.2.3	<i>Carbonato de cálcio</i>	68
5.2.4	<i>Matéria Orgânica e Carbono Orgânico</i>	69

<i>5.2.5 Nitrogênio Total</i> .....	70
<i>5.2.6 Razão Carbono/Nitrogênio</i> .....	70
<i>5.2.7 Difração de Raios-X</i> .....	71
<i>5.2.8 Componentes Bióticos</i> .....	75
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	79
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80
<b>APÊNDICE A – FOTOGRAFIA DO TESTEMUNHO SIS 699</b> .....	86
<b>APÊNDICE B – FOTOGRAFIA DO TESTEMUNHO ANP 1285</b> .....	87

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação

O talude continental é definido por Campos (1992) como uma encosta estreita que se inclina da borda da plataforma continental até profundidades que variam regionalmente, condicionadas por diferenças no regime de sedimentação e por feições estruturais específicas, tal como o *guyot* do Ceará.

Este também é conhecido como sendo a porção dos fundos marinhos com declive muito pronunciado que fica entre a plataforma continental e a planície abissal, sendo caracterizado por um gradiente topográfico acentuado (1:40) onde são geradas com frequência correntes de turbidez formadas por sedimentos de origem terrígena (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

Devido à distância das zonas submersas profundas para a costa, os sedimentos vão se modificando quanto a sua granulometria, ou seja, quanto maior a fração granulométrica do sedimento, mais difícil torna-se o seu transporte (MENDES, 1984). No talude continental conforme Mendes (1984) são encontrados sedimentos finos originários de fatores gravitacionais, em sua maioria sedimentos como silte e argila.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

Caracterização sedimentar do talude continental frente ao município de Luís Correia, Piauí.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Descrever os sedimentos quanto a sua granulometria, estrutura e cor;
- Determinar o teor de carbonato de cálcio;
- Determinar a concentração de carbono orgânico, matéria orgânica e nitrogênio total;
- Determinar a razão C/N;



- Identificar os minerais da fração argila;
- Identificar os componentes bióticos;
- Determinar a razão planctônico/bentônico.

### 1.3 Justificativa

O estudo sedimentológico do talude continental fornece informações paleoambientais, que são de grande importância para o entendimento da dinâmica global. Devido à localização do talude continental dentro da margem continental e sua dificuldade de acesso, têm-se poucos estudos e produções científicas acerca do mesmo. Portanto tem-se a necessidade de um maior conhecimento científico sobre o talude continental, visando, por exemplo, o conhecimento sedimentológico e químico.

### 1.4 Localização

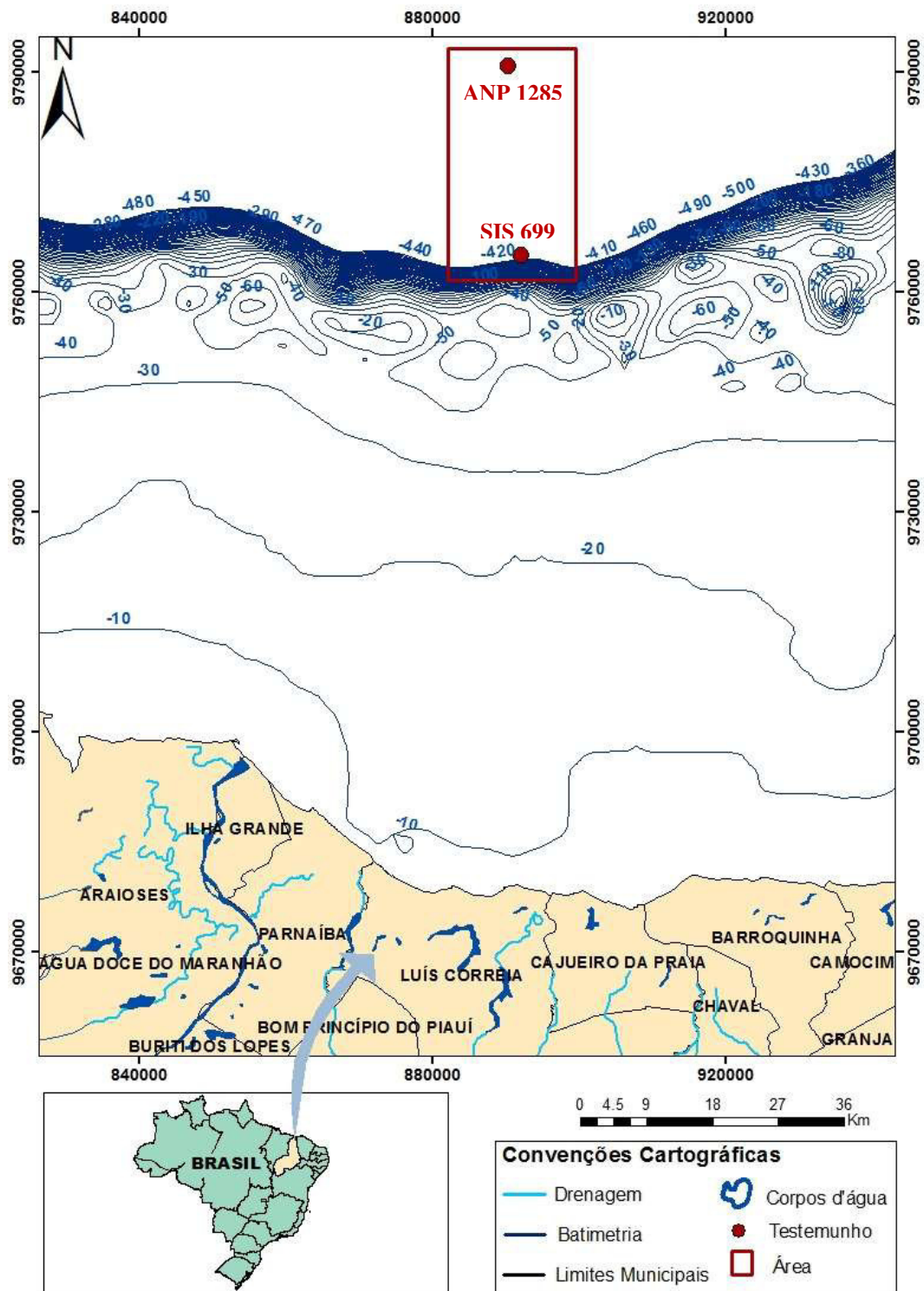
A área de estudo (Figura 1.1) está localizada na porção oeste da Bacia do Ceará, em frente ao município de Luís Correia, estado do Piauí. O estudo foi realizado através de dois testemunhos de sondagem cedidos pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Os testemunhos SIS 699 e ANP 1285 (Tabela 1.1) distam, aproximadamente, 86 e 111 km da linha de costa. Geologicamente a área está inserida na sub-bacia de Piauí-Camocim, pertencente à bacia do Ceará.

Tabela 1.1 – Coordenadas UTM dos testemunhos.

Testemunho	Longitude	Latitude
SIS 699	224589.945	9765275.745
ANP 1285	222732.951	9791025.830

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 1.1– Mapa de localização da área de estudo com ênfase nos testemunhos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A pesquisa foi realizada no talude continental em frente ao município de Luís de Correia, portanto, este capítulo trará uma abordagem acerca de margem continental e suas províncias fisiográficas, com um maior detalhamento do talude continental.

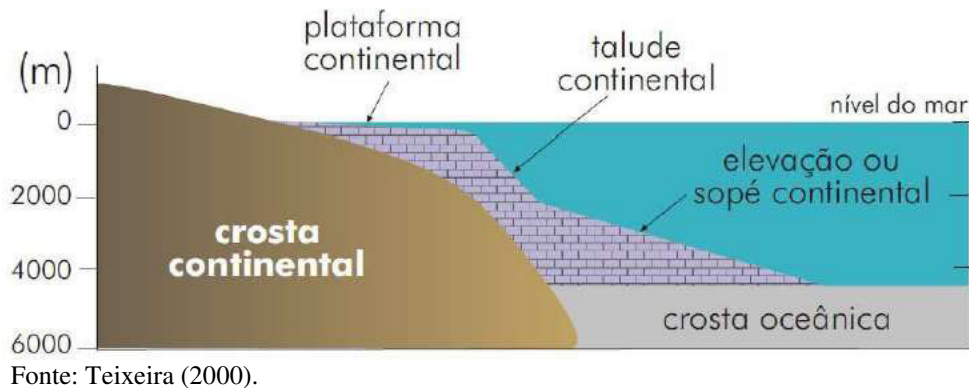
### **2.1 Margem Continental**

Através da evolução do conhecimento da geologia marinha e demais aspectos ligados a ela, atualmente é possível estabelecer um quadro geral da atual situação da morfologia e fisiografia do fundo dos oceanos. Isto é resultado principalmente da evolução da tectônica global atuante desde a fragmentação do supercontinente Pangeia e dos agentes modificadores, estando associado aos processos de erosão, transporte e deposição nas margens continentais e bacias oceânicas (BAPTISTA NETO; SILVA, 2004).

As margens continentais representam unidades de transição entre os continentes e as bacias oceânicas (TESSLER; MAHIQUES, 2000; BAPTISTA NETO; SILVA, 2004). De acordo com a morfologia e evolução tectônica as margens continentais podem ser agrupadas em dois tipos principais: as margens do “tipo Atlântico” (Passivas ou divergentes – são mais extensas e estáveis, caracterizadas pelo considerável acúmulo de sedimentos) e do “tipo Pacífico” (Ativas ou convergentes – são mais estreitas e com intensa atividade tectônica de vulcanismos, terremotos, dobramentos, falhamentos e outros processos geológicos).

A margem continental brasileira é do “tipo Atlântico”, sendo caracterizada por ter grande extensão, apresentar estabilidade tectônica e possuir espessas camadas sedimentares (BAPTISTA NETO; SILVA, 2004). Segundo Baptista Neto e Silva (2004) a margem continental do tipo atlântico apresenta três províncias fisiográficas distintas (Figura 2.1), definidas principalmente por variações do gradiente batimétrico: a plataforma continental, o talude continental e a elevação ou sopé continental.

Figura 2.1 – Perfil esquemático das margens continentais, mostrando as três províncias fisiográficas do tipo passiva.



As plataformas continentais ocorrem margeando os continentes ocupando cerca de 7% da superfície do assoalho oceânico com profundidades médias de 130 m. De acordo com Araújo (2011), as plataformas continentais são extensões submersas dos continentes, sendo, geralmente, regiões planas começando na linha de costa e descendo com um declive suave, chamado de quebra da plataforma, até o talude continental. Sua morfologia é resultado do efeito acumulativo dos processos cíclicos de erosão e deposição em relação às constantes oscilações no nível do mar conforme mostra Kennet (1982) e Suguio (2003). Segundo Suguio (2003), a largura da plataforma continental varia ao longo do globo, podendo ultrapassar em alguns casos 300 km. No Brasil a maior largura alcançada ocorre ao longo do estuário do Rio Amazonas, aonde ela chega a 200 km e a menor ocorre na Bahia, nas proximidades da cidade de Salvador, aonde ela atinge apenas 40 km.

O talude continental define-se a partir da quebra da plataforma, sendo caracterizado por uma encosta que varia entre 10 e 200 km de largura. É nessa área onde as profundidades passam a aumentar consideravelmente atingindo 3.500 m, em alguns pontos com gradientes de elevação mais íngremes cerca de 1:4. (VICALVI; PALMA, 1980; BAPTISTA NETO; SILVA, 2004). Vale ressaltar a grande incidência de deslizamentos de sedimentos superficiais na área, fazendo do talude continental uma área de grande instabilidade.

Segundo Baptista Neto e Silva (2004), entre o talude continental e a bacia oceânica tem-se o sopé continental, que consiste em uma espessa camada de sedimentos (areia e lama) com uma largura que pode variar de 100 a 1.000 km, possuindo um gradiente suave de 1:40 a 1:800 que

decrece em direção ao oceano aberto. Devido a essa variação na declividade se tem dificuldade na determinação dos limites entre o talude continental e as bacias oceânicas (BAPTISTA NETO; SILVA, 2004).

### 2.1.1 *Talude*

Para Tessler e Mahiques (2000), o talude continental constitui uma unidade de relevo, de constituição sedimentar, que se inclina de forma acentuada até profundidades da ordem de 3.000 m, a qual já retorna a um relevo mais homogêneo. Vale ressaltar que o relevo do talude não é homogêneo, ocorrendo quebras de declividade e também frequentemente cânions e vales submersos.

As incisões que persistem até o talude continental são conhecidas como cânions submarinos, que são profundas e íngremes incisões no fundo oceânico das plataformas e taludes continentais, atuando como condutos para o transporte de grandes quantidades de sedimentos do continente para o mar profundo na forma de fluxos sedimentares gravitacionais (SHEPARD; DILL, 1966; GARDNER, 1989).

O talude pode ser dividido em 3 setores: Talude Superior, Médio e Inferior. O talude superior é compreendido entre as profundidades da quebra da plataforma até aproximadamente 1.000 m (HEDGPETH, 1957; GAGE; TYLER, 1991), sempre se apresentando mais estreito e íngreme do que o talude inferior. Já o intervalo de profundidade entre 1.000 e 2.000 m foi denominado como talude médio, onde a partir de 2.000 m se inicia o talude inferior.

### 2.1.2 *Sedimentos Marinhos*

São o resultado da decomposição de rochas, através do intemperismo, ou pela acumulação de conchas e organismos mortos, podendo ser movido pelo ar, água ou gelo, constituído de partículas minerais ou fósseis e sendo encontrados em muitos lugares no fundo do mar (PINET, 2006).

De acordo com sua origem os sedimentos podem ser classificados em: autigênicos (precipitados de sais a partir da água do mar); biogênicos (conchas de organismos); terrígenos

(materiais provenientes da descarga de rios); vulcanogênicos (produtos orgânicos e hidrotermais) e cosmogênicos.

O sedimento pode ser classificado em função do tamanho do grão (Figura 2.2), como mostra a figura abaixo (WENTWORTH, 1922):

Tabela 2.1 – Classificação dos sedimentos.

ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR DE WENTWORTH (1922)		
Sedimentos	Valor em Ø	Valor em mm
Seixos	-2,0	4,000
Grânulos	-1,5	2,830
	-1,0	2,000
Areia Muito Grossa	-0,5	1,410
	0,0	1,000
Areia Grossa	0,5	0,710
	1,0	0,500
Areia Média	1,5	0,354
	2,0	0,250
Areia Fina	2,5	0,177
	3,0	0,125
Areia Muito Fina	3,5	0,088
	4,0	0,062
Silte	4,5	0,0039
Argila	5,0	0,0002

Fonte: Pinet (2006).

Devido à distância das zonas submersas profundas para a costa, os sedimentos vão se modificando por meio de sua granulometria, quanto maior o sedimento, mais difícil se torna seu transporte (MENDES, 1984). Logo, no talude, são encontrados sedimentos finos originários de fatores gravitacionais, tendo como principais processos de transporte as correntes de turbidez, corridas de lama, fluxos de sedimentos liquefeitos, fluxos granulares e deslizamentos. Desta forma, os sedimentos destas zonas são compostos quase que exclusivamente por argilas transportadas em suspensão através de correntes de turbidez.

Para Suguio (1998), os sedimentos marinhos têm seu material composto de minerais resultantes do acúmulo pela ação marinha em regiões litorâneas ou em mares profundos.

Já para Tessler e Mahiques (2000), grande parte dos depósitos sedimentares marinhos é composta por um tipo predominante ou misturas variadas de sedimentos originários de fontes diversas, onde ao longo das margens continentais estão depositadas predominantemente as

partículas terrígenas. Estas partículas são transportadas para o meio marinho por meio de tração (grânulos, areias grossas e médias) ou suspensão (siltes, argilas).

No assoalho de bacias oceânicas há predomínio de partículas biogênicas, onde o ingresso de material terrígeno é limitado (TESSLER; MAHIQUES, 2000).

Estima-se que em média 0,1% da matéria orgânica produzida pelos organismos fotossintéticos é preservada nos sedimentos.

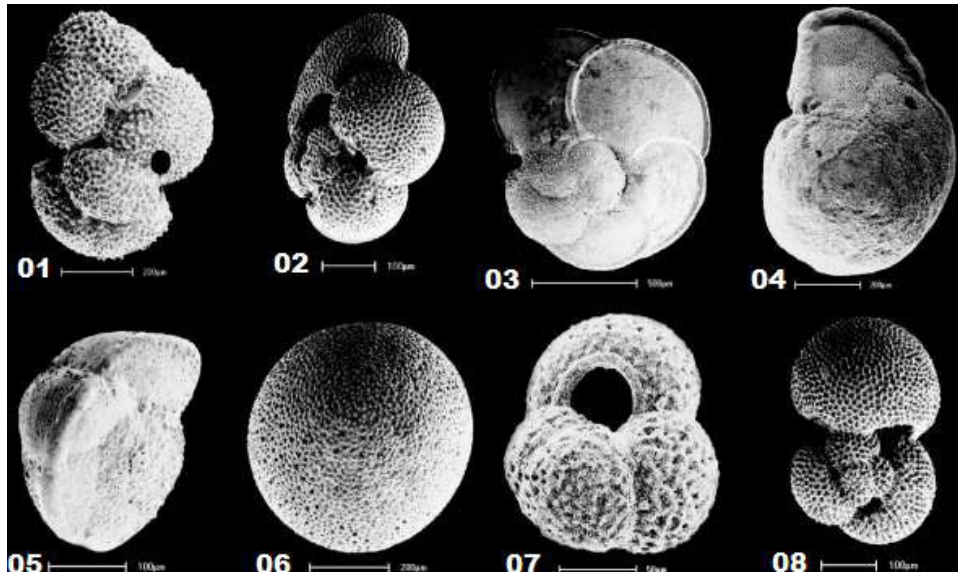
### 2.1.3 Foraminíferos

Os foraminíferos pertencem ao Reino Protista, são seres unicelulares, eucariontes e heterotróficos. Surgiram no Cambriano e vivem até o Recente, são essencialmente marinhos, com exceção de um único grupo de água doce da ordem Allogromiida.

Apresentam carapaças de composição calcária, orgânica, silicosa ou aglutinante, cujo formato varia de acordo com o seu hábito (CORLISS; FOIS, 1990; BOLTOVSKOY *et al.*, 1991). Esta carapaça é chamada de testa e pode consistir de uma ou mais cavidades denominadas de câmaras, interligadas por orifícios, chamados forâmen, através dos quais o protoplasma circula pelo organismo.

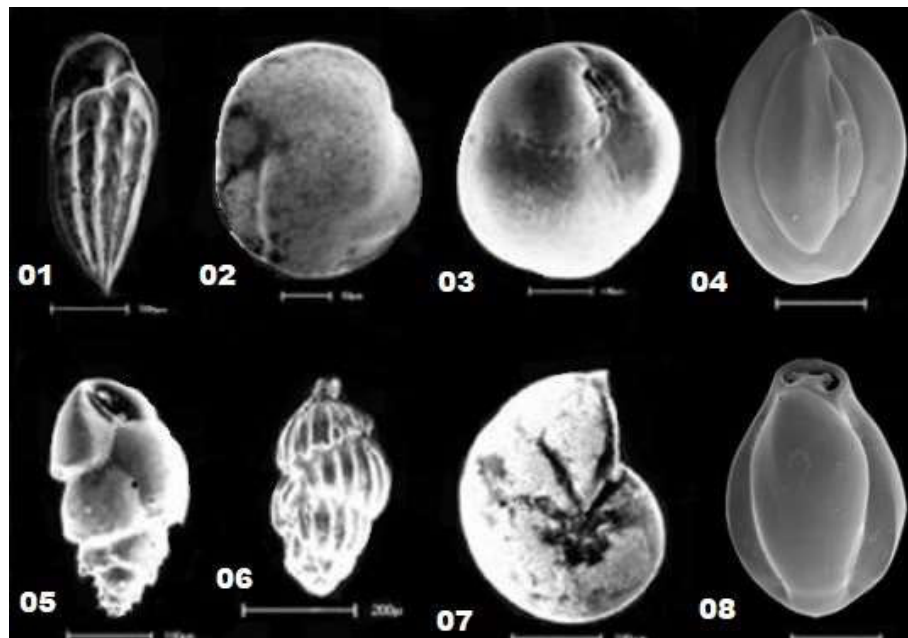
Em termos de hábito, os foraminíferos podem ser planctônicos ou bentônicos (Figuras 2.3 e 2.4). Os planctônicos vivem na massa d'água enquanto os bentônicos vivem no fundo marinho.

Figura 2.2 – Foraminíferos planctônicos: 01 – *Globigerinoides ruber*; 02 - *Globigerinoides saculifer*; 03 - *Globigerinoides menardii*; 04 - *Globigerinoides menardii* f. *tumida*; 05 - *Globigerinoides truncalinoides*; 06 – *Orbulina universa*; 07 – *Globigerina bulloides*; 08 – *Globigerinoides trilobus*.



Fonte: Modificado de Araújo e Machado (2008).

Figura 2.3 – Foraminíferos bentônicos: 01 – *Bolivina subaenariensis*; 02 – *Cassidulina laevigata*; 03 – *Cassidulina subglobosa*; 04 – *Quinqueloculina*; 05 – *Bulimina marginata*; 06 – *Uvigerina peregrina*; 07 – *Mellonis affinis*; 08 – *Pyrgo*.



Fonte: Modificado de Araújo e Machado (2008).



Um índice ecológico bastante utilizado no estudo da distribuição dos foraminíferos é a razão planctônicos/bentônicos (WONGTSCHOWSKI, 2014). Esta razão é usada para reconstruções paleoceanográficas e paleoecológicas e refere-se ao número de foraminíferos planctônicos em relação ao de bentônicos encontrados na amostra (SMART, 2002).

Em 1955, Grimsdale e Van Morkhoven publicaram um clássico trabalho sobre a aplicação da razão foraminíferos planctônicos/bentônicos na reconstrução de paleoprofundidades. Esses autores concluíram que a proporção de foraminíferos planctônicos, em relação á biota total, aumenta sistematicamente em direção a águas mais profundas. Uma maior razão de foraminíferos planctônicos indicam um aumento vertical da coluna d'água e uma maior distância da costa (MURRAY; ALVE, 2002; SMART, 2002).

Segundo Murray (1995) a plataforma continental interna é caracterizada por razão P/B menor que 20%; a plataforma continental média por 20 a 60%; a plataforma continental externa por 40 a 70 %; e o talude continental superior por razão maior que 70%. Segundo Boersma (1983), os maiores valores foram estabelecidos para o talude continental inferior, razão igual a 90%.

As variações na coloração das carapaças de foraminíferos podem ser utilizadas em reconstruções paleoambientais visto que, segundo Pianna (2010), estas variações na coloração refletem a história deposicional e diagenética do sedimento. De acordo com Leão e Machado (1989), testas de foraminíferos de coloração branca sugerem a ocorrência de uma rápida sedimentação das testas e a presença de grãos de coloração amarela indicam lento revolvimento do sedimento.

A predominância de testas de foraminíferos inteiras indica que estas testas são transportadas por suspensão (ALVE; MURRAY, 1997).

#### *2.1.4 Argila*

O termo argila de acordo com Santos (1989) se refere às partículas minerais muito pequenas, com tamanho menor que 0,002 mm, constituintes de sedimentos e rochas sedimentares.

Suguio (1998) afirma que argilominerais são minerais de granulação muito fina, cujas partículas exibem muitas vezes diâmetros inferiores a 2 microns, sendo compostos basicamente de Si, Al, Mg. Excluindo-se a paligorskita e a sepiolita, que se apresentam em forma de bastão, os outros argilominerais exibem comumente hábito placóide e são silicatos hidratados, que podem ser reunidos em grupos, destacando-se os grupos das esmectitas, ilitas, caulinitas e vermiculitas.

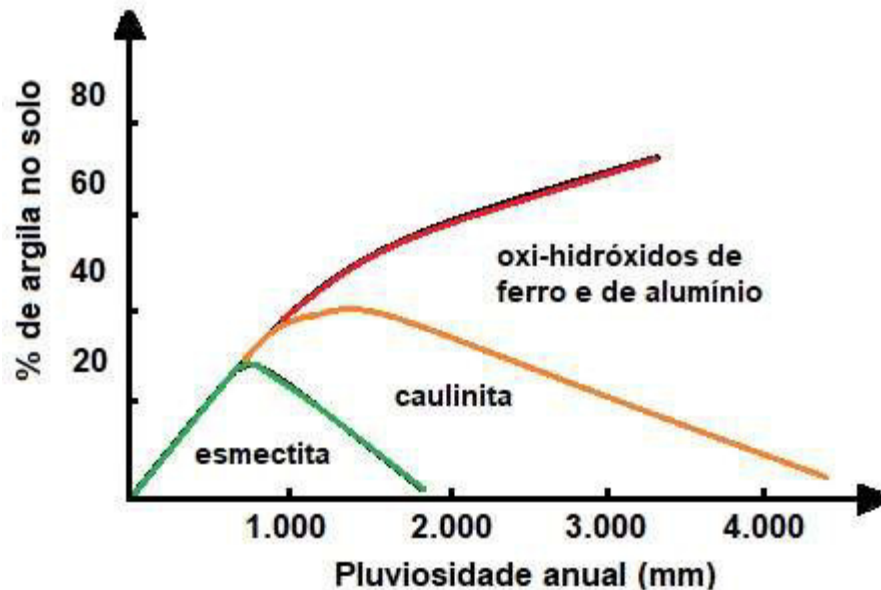
A argila é constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais como a calcita, dolomita, quartzo, mica, pirita e outros minerais residuais.

Argilominerais são formados através do intemperismo químico de rochas e constituem importantes fontes de informação sobre o intemperismo, transporte e deposição sedimentar, pois mantem as assinaturas características da área-fonte.

O intemperismo químico tem como principal agente a água da chuva, portanto a intensidade do intemperismo aumenta proporcionalmente com a pluviosidade. Quanto maior a disponibilidade das chuvas, mais completas serão as reações químicas do intemperismo. Assim, em clima com maior precipitação o teor de argilas é maior (Figura 2.5).

Em climas com menor pluviosidade a fração argila é constituída por esmectitas; em climas com pluviosidade intermediária, por caulinita; em áreas de pluviosidade mais alta, por caulinita e óxi-hidróxidos de ferro e de alumínio (TOLEDO *et al.*, 2000).

Figura 2.4 – Relação do teor e do tipo de argilominerais em função do aumento da pluviosidade.



Fonte: Sherman (1952).

A montmorilonita é o argilomineral mais abundante do grupo das esmeclitas. Possui partículas de tamanhos que podem variar de 2  $\mu\text{m}$  a tamanhos bastante pequenos como 0,1  $\mu\text{m}$  em diâmetro, com tamanho médio de 0,5  $\mu\text{m}$  e formato de placas ou lâminas. Pertence ao grupo dos filossilicatos 2:1, cujas placas são caracterizadas por estruturas constituídas por duas folhas tetraédricas de sílica com uma folha central octaédrica de alumina, que são unidas entre si por átomos de oxigênio que são comuns a ambas as folhas (SILVA; FERREIRA, 2008). Comuns em solos pouco intemperizados, onde as drenagens são impedidas, característico de regiões temperadas a áridas.

O argilomineral illita designa um grupo de minerais predominantemente dioctaédricos, com estrutura similar a das micas muscovitas, porém com granulometria na fração argila. São produto comum do intemperismo da muscovita, diferem desta principalmente pela extensão da substituição do  $\text{Si}^{4+}$  pelo  $\text{Al}^{3+}$  nas camadas tetraédricas e são características de ambiente fluvial. É o argilomineral mais comum em sedimentos marinhos, já que precisa de abundantes quantidades de  $\text{K}^+$  para se formar, o qual é bastante abundante na água do mar. A illita também é muito comum em solos formados a partir de rochas ígneas particularmente ricas em potássio, sendo considerado o argilomineral mais abundante na natureza (MILLOT, 1964).

A caulinita é um argilomineral característico de climas tropicais úmidos, onde ocorrem processos acentuados de lixiviação. Geralmente ocorrem associados a minerais aluminosos e/ou produtos de alteração condicionados à instabilidade dos silicatos, durante o intemperismo químico, podendo também se formar em decorrência de processos diagenéticos em bacias sedimentares. Formam-se a partir da intemperização do feldspato potássico, onde o potássio é totalmente eliminado pela solução de lixiviação e a sílica apenas parcialmente, a sílica não eliminada recombina-se com o alumínio também não eliminado. A caulinita tem ocorrência generalizada em solos brasileiros (KÄMPF; CURI, 2003).

Os argilominerais não podem ser identificados exclusivamente pelas suas propriedades físicas e ópticas. Sua classificação depende muito das propriedades cristalográficas e das propriedades reveladas pela difração de raios-x.

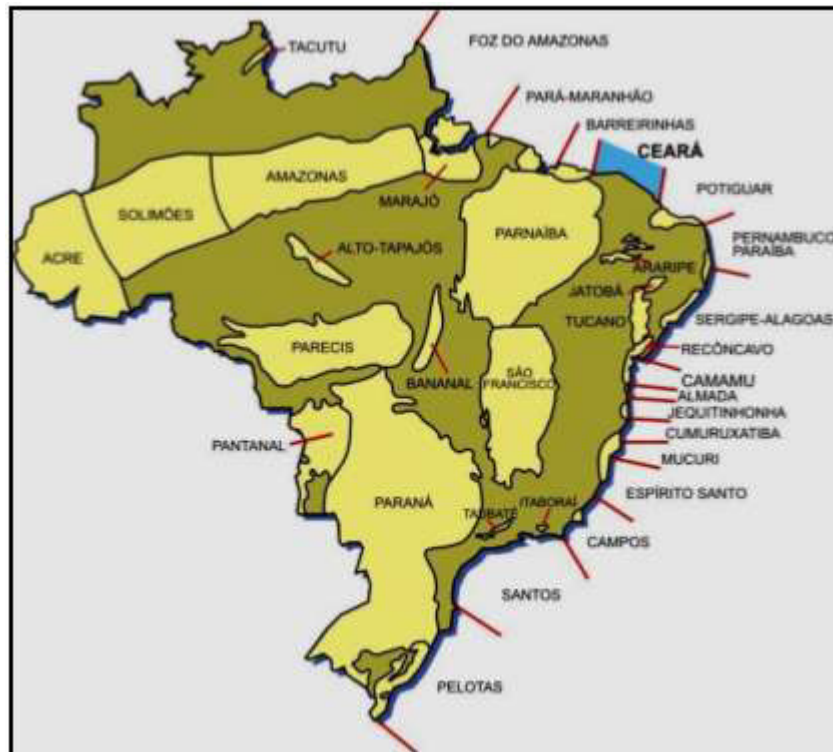
### 3 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está geologicamente inserida no contexto da sub-bacia piauí-camocim, pertencente a Bacia do Ceará. Partindo deste ponto segue-se uma descrição a cerca desta bacia.

#### 3.1 Bacia do Ceará

A Bacia do Ceará (Figura 3.1) se localiza na plataforma continental da margem equatorial brasileira, abrangendo uma área de aproximadamente 34.000 km<sup>2</sup>. Seu limite a sudeste com a Bacia Potiguar é definido pelo Alto de Fortaleza, e a oeste limita-se com a Bacia de Barreirinhas pelo Alto de Tutóia. O limite sul é dado pela faixa de afloramento do embasamento cristalino, junto à linha de costa, enquanto ao norte limita-se pelo ramo sul da Zona de Fratura Romanche (COSTA *et al.*, 1989).

Figura 3.1 – Distribuição geográfica das principais bacias sedimentares do Brasil, com localização da bacia do Ceará (em azul).



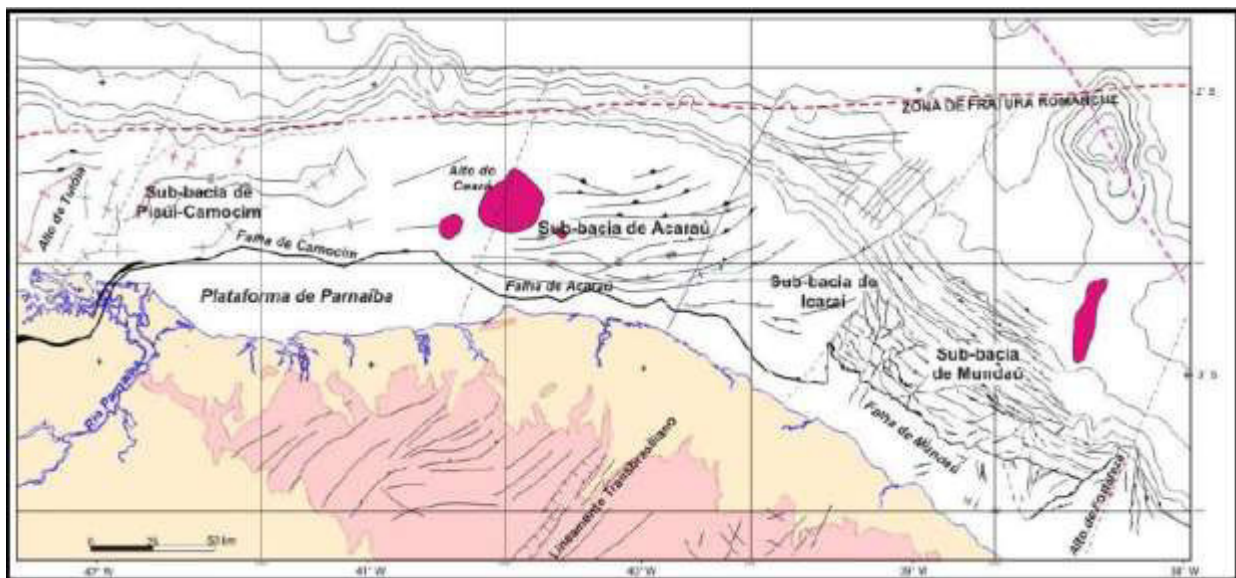
Fonte: Morais Neto *et al.* (2003).

### 3.2 Evolução Tectono-Sedimentar da Bacia do Ceará

Tem sua gênese relacionada ao rompimento do supercontinente Gondwana e, provavelmente, iniciou sua evolução no Eoaptiano (COSTA *et al.*, 1989; BELTRAMI *et al.*, 1994). Tal inferência dá-se a partir da grande espessura de sedimentos, ainda não atingido por poços, sob a seção aptiana da bacia e pela considerável espessura de rochas sedimentares paleozoicas e mesozoicas presentes na Bacia de Keta, que é considerada sua contraparte africana (COSTA *et al.*, 1989).

Em virtude da existência de características tectônicas e estruturais distintas, a Bacia do Ceará pode ser dividida em quatro sub-bacias: Piauí-Camocim, Acaraú, Icarai e Mundaú, de oeste para leste (Figura 37.2), as quais apresentam histórias deposicionais e deformacionais ligeiramente distintas (BELTRAMI *et al.*, 1994).

Figura 3.2 – Localização, limites e arcabouço da Bacia do Ceará.



Fonte: Morais Neto *et al.* (2003).

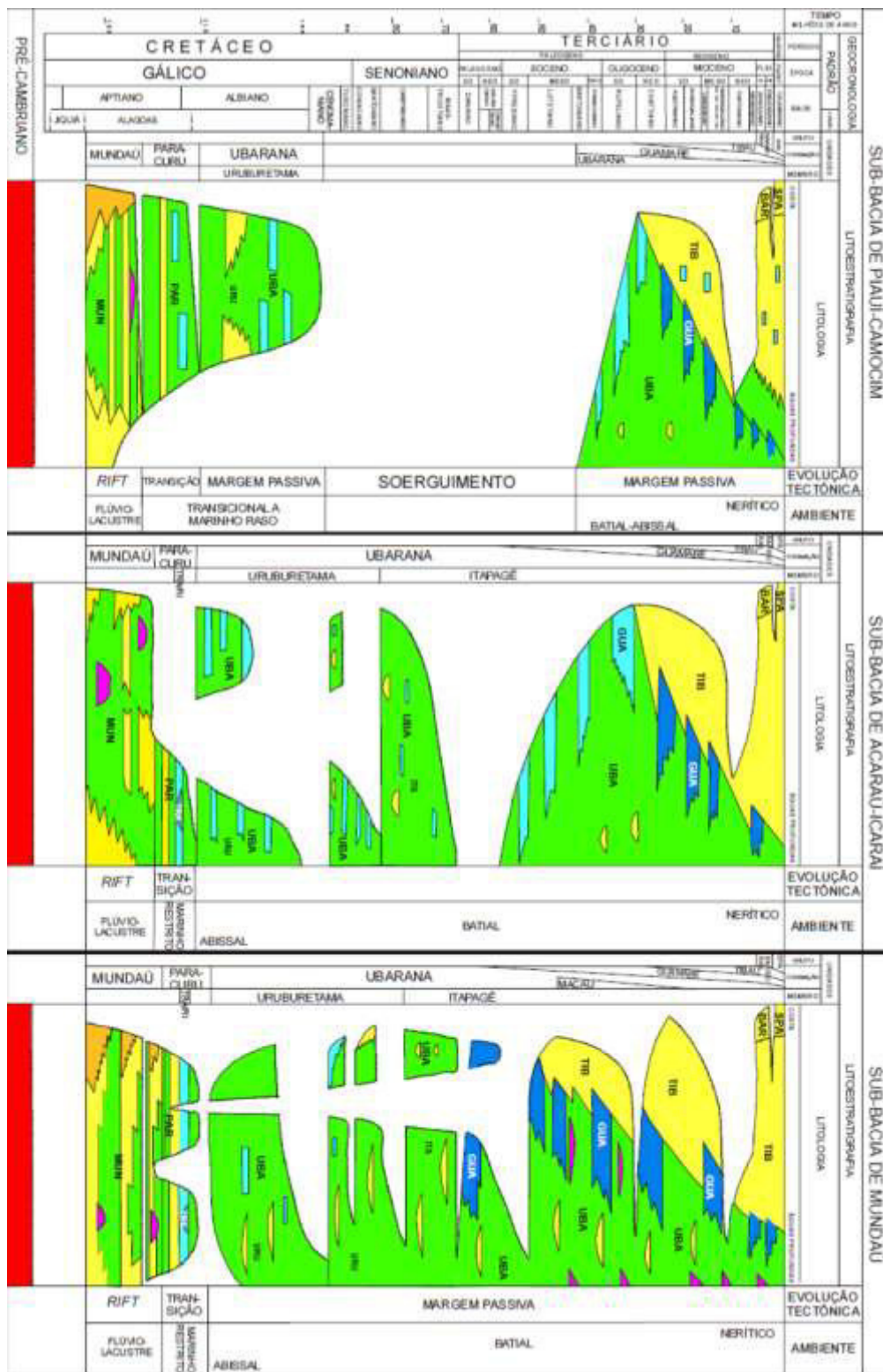
As sub-bacias de Icarai e Acaraú estão separadas pelo prolongamento norte do Lineamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasileiro), sendo que a última está separada da sub-bacia de Piauí-Camocim pelo Alto do Ceará, feição positiva de provável origem magmática (MORAIS NETO *et al.*, 2003). A sub-bacia de Mundaú, por sua vez, limita-se com a sub-bacia

de Icará por uma importante inflexão da falha de borda, no prolongamento nordeste da falha de Forquilha (MORAIS NETO *et al.*, 2003). Nas sub-bacias de Icará, Acaraú e Piauí-Camocim, situadas no domínio transpressivo, os principais traços estruturais alinham-se nas direções Leste-Oeste e Nordeste-Sudoeste, claramente influenciados pela movimentação direcional associada à tectônica transcorrente ao longo daquele megacorreio de cisalhamento dextral (MORAIS NETO *et al.*, 2003).

Costa *et al.* (1989) e Beltrami *et al.* (1994) reconhecem três estágios tectono-sedimentares na bacia (Figura 3.3), cada qual tendo sido responsável pela deposição de seqüências litoestratigráficas correspondentes:

- 1) Fase rifte;
- 2) Fase transicional (ou Pós-rifte);
- 3) Fase drifte.

Figura 3.3 – Carta estratigráfica composta da Bacia do Ceará.



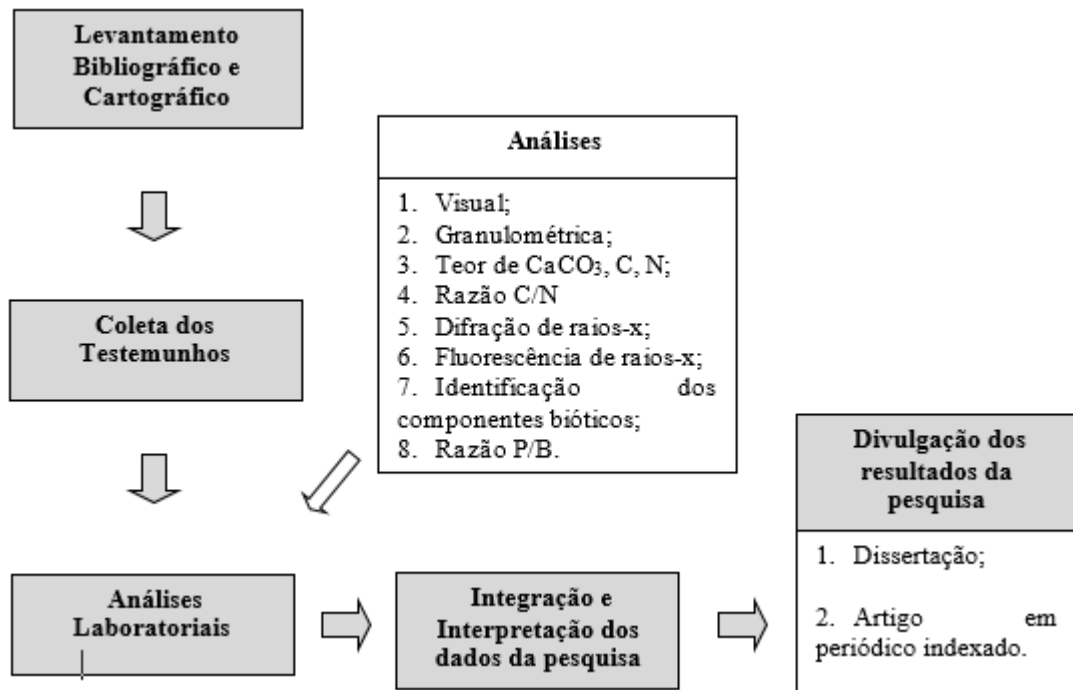
Fonte: Morais Neto *et al.* (2003).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em cinco etapas para se alcançar os objetivos propostos. Estas etapas podem ser visualizadas, de forma geral, na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

O levantamento bibliográfico se deu por meio de livros, relatórios, dissertações, teses e artigos que tem como foco o talude continental, a Bacia do Ceará, e que possuam metodologias semelhantes.

Levantamento cartográfico se fez a partir de órgãos como: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). O mapa de localização da área foi gerado a partir do programa *ARCGIS* 10.2, a fim de evidenciar os pontos de coleta dos dois testemunhos do talude continental do município de Luís Coreia.

## 4.2 Coleta dos Testemunhos

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram retiradas do talude continental do Piauí, município de Luís Correia, e foram cedidas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) ao Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Os testemunhos foram coletados pelo navio FUGRO ODISSEY na campanha entre os dias 30 de junho e 21 de julho de 2011, através de um testemunhador a pistão (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Testemunhador a pistão a bordo do navio FUGRO ODISSEY.



Fonte: Abreu Neto (2012).

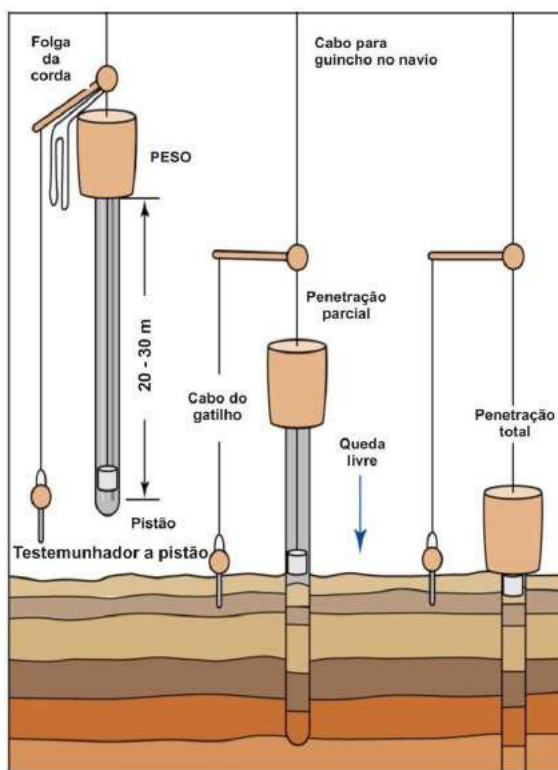
O testemunhador com pistão é sempre utilizado com o sistema de alavanca disparadora para propiciar queda livre. Os testemunhadores com pistão são muito semelhantes aos testemunhadores à gravidade, porém, possuem um pistão que corre dentro do tubo de PVC e que tem a função de impedir fricção severa e encurtamento da seção sedimentar (FIGUEIREDO JR *et al.*, 2000).

Durante a operação de testemunhagem este pistão fica logo após a válvula retentora até que o seio de cabo na alavanca disparadora seja totalmente desfeito e isto corresponde ao momento que o cortador toca o fundo (FIGUEIREDO JR *et al.*, 2000). A partir daí o

testemunhador penetra no sedimento enquanto o pistão mantém-se estático. A figura 4.3 ilustra o funcionamento do testemunhador com pistão.

Atualmente o testemunhador com pistão é utilizado principalmente em sedimentos lamosos inconsolidados, enquanto o testemunhador à gravidade tem uma recuperação melhor em sedimentos arenosos ou endurecidos (FIGUEIREDO JR *et al.*, 2000).

Figura 4.3 – Processo de amostragem de um testemunhador a pistão.



Fonte: Adaptado de Pinet (2006).

## 4.3 Análises Laboratoriais

### 4.3.1 Abertura do Testemunho

A abertura do testemunho se deu por meio da serragem do tubo de PVC (*liner*), que se encontra nivelado horizontalmente, iniciando da base para o topo sem alcançar a amostra no interior.

Seguidamente, passa-se um fio de *nylon* pela abertura do tubo ao longo de todo o comprimento do mesmo, de forma que o testemunho seja dividido em duas partes simétricas. Uma das partes foi guardada e a outra utilizada para análises. A parte separada para análises dos testemunhos SIS 699 e ANP 1285, foi seccionada em 6 e 12 amostras, respectivamente.

#### 4.3.2 *Descrição Macroscópica*

A descrição foi realizada do topo em direção a base, utilizando a ficha de descrição de testemunhos (Figura 4.4), a qual leva em consideração aspectos como variações de sedimentos (lama, areia, lama cacárea, cascalho, vasa e lama arenosa), de estruturas (homogênea, laminada, gradual, cruzada ou mosqueada), de contatos (brusco, gradacional ou mosqueado), de cores dominantes e de biodetritos presentes. Cada variação encontrada foi descrita juntamente com o nível centimétrico no qual se encontra.

A descrição da cor é realizada a partir da *Rock-Color Chart* (CHAIRMAN *et al.*, 1984) baseada na gradação de cor (tonalidade), seguido pela luminosidade e por fim, o grau de saturação da cor (croma). Cada cor é indicada por um código (5 Y R 3/2) e/ou por um nome descritivo (grayish brown). Determinados grupos de cores indicam a presença de componentes adsorvidos, como os óxidos ou hidróxidos de ferro (PANTIN, 1969).

Figura 4.4 – Ficha de descrição de testemunhos.

PROFUNDIDADE	AMOSTRA:										Localização: Let.		Len.	DESCRIÇÃO				
	RADIOGRAFIA	FOTOGRAFIA	LITOLOGIA	ESTRUTURA	CONTATO		COR	FORAMINÍFERO	PTERÓPODE	MOLUSCO	BRIOZOÁRIO	VEGETAIS	OUTROS					
					DOMINANTE	MANCHA												

LITOLOGIA		ESTRUTURA		CONTATO	
	Lama		Homogênea		Brusco
	Lama Calcárea		Laminada		Gradacional
	Areia		Ac. Gradual		Mosqueado
	Cascalho		Est. Cruzada		
	Vasa		Mosqueado		
	Lama Arenosa				

Fonte: Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada.

### 4.3.3 *Análise Granulométrica*

Inicia-se com o peneiramento úmido para a separação dos sedimentos finos (silte e argila) dos demais sedimentos (cascalho e areia). Após esta separação faz-se o peneiramento granulométrico da fração mais grossa e a pipetagem da fração mais fina. A descrição destes procedimentos pode ser observada a seguir.

#### 4.3.3.1 Peneiramento Úmido

Após a coleta foram separados 40 g de cada amostra para o peneiramento úmido, as quais foram lavadas sobre uma peneira com uma malha de abertura de 0,062 mm onde a fração menor a esta peneira (silte e argila) passa e decanta em um balde. O Material retido na peneira é levado a estufa (60°) e posteriormente, é usado no peneiramento seco. O sedimento que passa da peneira e fica retido no balde decanta por aproximadamente 48h, onde toda água é retirada e o sedimento é levado a estufa para secagem (60°), este será guardado e usado, posteriormente, na pipetagem.

#### 4.3.3.2 Peneiramento Seco

Usam-se os sedimentos que ficaram retidos na peneira de 0,062 mm durante o peneiramento úmido. Após estarem secos, os sedimentos são transferidos para a peneira de malha 5,660 mm, onde encaixada em um conjunto de 14 peneiras (malhas variando desde 5,660 mm até 0,062 mm) acoplada ao agitador de peneiras tipo ROT-UP (Figura 4.5).

As amostras são agitadas com a mesma frequência durante durante 10 minutos, onde estas ficam retidas em diferentes peneiras com diferentes frações granulométricas, a amostra de cada fração é pesada e guardada separadamente.

Figura 4.5 – Agitador de peneiras tipo ROT-UP.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.3.3 Método da Pipeta (Pipetagem)

Para a separação dos sedimentos finos e obtenção do percentual das frações de 0,032; 0,016; 0,008; 0,004 e 0,002 mm utiliza-se o método da pipeta. Este método é baseado na Lei de Stokes, o qual considera o tamanho das partículas no processo de decantação, onde partículas maiores possuem uma velocidade maior de decantação em relação às partículas menores.

Os sedimentos retidos no balde e posteriormente secados na estufa foram transferidos para uma proveta de 1000 ml completando seu volume com água, onde foi adicionado 0,67 g do antifloculante de oxalato de sódio ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ). Esta solução foi agitada com um bastão até a homogeneização da mesma.

Após os procedimentos citados foi realizada a coleta de 20 ml de solução com o auxílio de uma pipeta (Figura 4.6), um total de cinco coletas para cada proveta, onde a primeira foi efetuada no nível de 20 cm abaixo da marcação de 1000 ml da proveta e as demais foram coletadas no nível de 10 cm. A ordem cronológica das coletas está descrita na tabela 4.1.

Figura 4.6 – Coleta da solução através do método da pipeta.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4.1 – Tempo de coleta das amostras de silte e argila no processo de pipetagem.

<b>Frasco</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Tempo (h:min:s)</b>
<b>1</b>	0,031	20	00:00:58
<b>2</b>	0,016	10	00:03:52
<b>3</b>	0,008	10	00:07:44
<b>4</b>	0,004	10	00:31:00
<b>5</b>	0,002	10	02:03:00

Fonte: Suguio (1973).

Cada amostra coletada foi colocada em diferentes recipientes que foram levados a estufa a 60°C para secagem, após a secagem os sedimentos foram pesados. O cálculo dos sedimentos finos pode ser observado na tabela 4.2.



Tabela 4.2 – Cálculo inicial para os pesos dos sedimentos finos em cada frasco.

<b>Frasco</b>	<b>Frasco seco</b>	<b>Frasco cheio (amostra + oxalato)</b>	<b>Conteúdo de cada vidro (Hn)</b>
<b>1</b>	A	A'	$50 * (A' - A - 0.013) = H1$
<b>2</b>	B	B'	$50 * (B' - B - 0.013) = H2$
<b>3</b>	C	C'	$50 * (C' - C - 0.013) = H3$
<b>4</b>	D	D'	$50 * (D' - D - 0.013) = H4$
<b>5</b>	E	E'	$50 * (E' - E - 0.013) = H5$

Fonte: Suguio (1973).

Após isto se subtrai 40 g (peso inicial das amostras) pelo peso total retido nas peneiras para obter-se o peso total de finos e prosseguir para o cálculo mostrado na tabela 4.3.

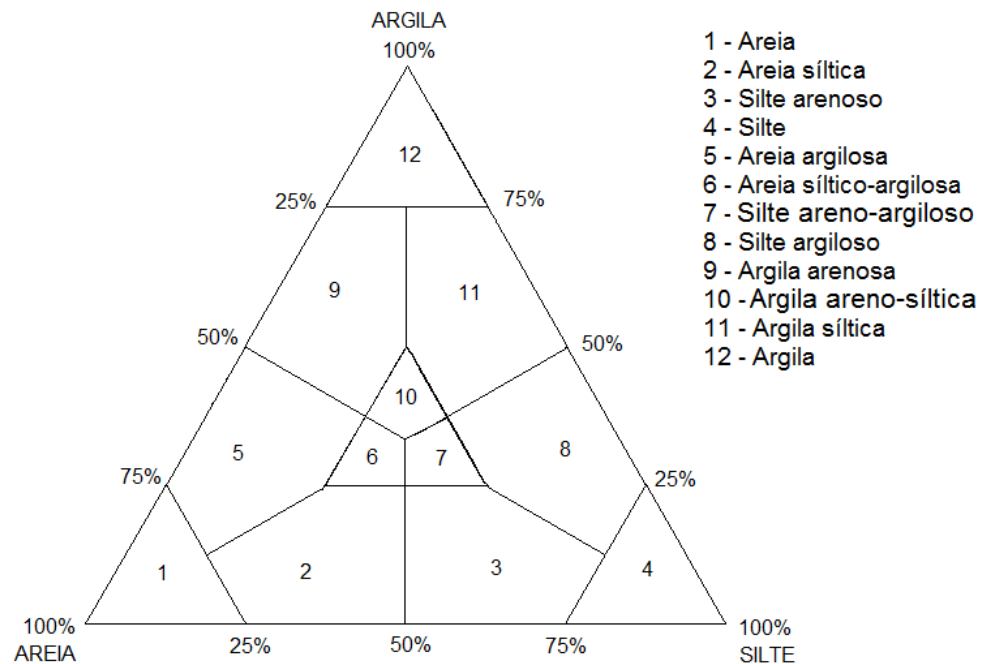
Tabela 4.3 – Cálculo dos pesos das frações silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila, respectivamente.

<b>Frasco</b>	<b>Conteúdo do frasco (Hn)</b>	<b>Fórmula do cálculo</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
<b>Peso total de finos – H1</b>			
<b>1</b>	H1	$H1 - H2$	0,032
<b>2</b>	H2	$H2 - H3$	0,016
<b>3</b>	H3	$H3 - H4$	0,008
<b>4</b>	H4	$H4 - H5$	0,004
<b>5</b>	H5	H5	0,002

Fonte: Suguio (1973).

A partir dos resultados obtêm-se os percentuais de silte através da soma dos pesos finais relativos aos diâmetros de 0,032 mm, 0,016 mm, 0,008 mm e 0,004 mm e o percentual de argila equivale ao peso final do material com diâmetro inferior a 0,002 mm. Para classificação granulométrica dos sedimentos com teor acima de 75,00% de finos, usa-se o diagrama triangular de Shepard (Figura 4.7) que utiliza os percentuais de areia, silte e argila.

Figura 4.7 – Diagrama triangular de Shepard para a classificação dos sedimentos com base nas porcentagens de areia, silte e argila.



Fonte: Shepard (1954).

#### 4.3.4 Teor de Carbonato de Cálcio

Para medir o teor de carbonato de cálcio foi utilizado o método do calcímetro de Bernard modificado, descrito em Lamas *et al.* (2005) (Figura 4.8), onde este consiste na medição indireta do teor de  $\text{CaCO}_3$  a partir da reação entre o ácido clorídrico (HCl) a 10% com o sedimento.

Figura 4.8 – Calcímetro de Bernard modificado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A amostra é triturada e pesada até atingir 0,50 g, depois é transferida para um *erlenmeyer* com tubo lateral acoplado, neste tubo insere-se 3 ml de HCl a 10% sem que este reaja com a amostra. Os mesmos procedimentos são realizados com 0,50 g de CaCO<sub>3</sub> puro (amostra padrão). O *erlenmeyer* é vedado com uma rolha a qual possui uma mangueira conectada a dois tubos de vidro graduados, nos tubos tem-se 50 ml de uma solução salina saturada, preparada com 35,00 g de NaCl dissolvidos em 100 ml de H<sub>2</sub>O destilado.

Inicia-se a reação entre o HCl a 10% com o CaCO<sub>3</sub> puro, onde ocorre a produção de CO<sub>2</sub>. Este gás é liberado no interior do calcímetro e desloca assim a solução salina, quando a liberação de gás cessar anota-se o nível final e com a diferença dos níveis inicial e final obtém-se o volume de CO<sub>2</sub> produzido na reação, este valor será o padrão das amostras. Repete-se o processo para a duplicata de CaCO<sub>3</sub> e depois para as amostras.

Para calcular o teor de  $\text{CaCO}_3$  divide-se o volume de  $\text{CO}_2$  liberado da amostra pela média aritmética entre o volume liberado do padrão e sua duplicata, em seguida multiplica-se por 100 e obtém-se, de forma indireta, o teor (em %) de  $\text{CaCO}_3$  da amostra para então classificá-la de acordo com Freire *et al.* (1997) modificado por Vital *et al.* (2005) (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Classificação dos sedimentos marinhos de Freire *et al.* (1997) modificada por Vital *et al.* (2005).

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, GRÂNULOS, COQUINAS OU RODOLITOS L<15%; M <sub>d</sub> >2 mm	AREIAS L<15% ; areia + lama>50%; M <sub>d</sub> <2mm		SEDIMENTOS LAMOSOS L>15 %
		15%<superior a 2 mm <50%	superior a 2 mm <15%	
SEDIMENTO SILICICLÁSTICO carbonatos<30%	CL1 - Cascalho siliciclástico	AL1a - Areia siliciclástica com grânulos e cascalhos	AL1b - Areia siliciclástica	LL1 - Lama terrígena
SEDIMENTO SILICI-BIOCLÁSTICO carbonatos 30 a 50%	CL2 - Cascalho silicibioclástico	Al2a - Areia silicibioclástica com grânulos e cascalhos	AL2b - Areia silicibioclástica	LL2 - Marga arenosa
SEDIMENTO BIOSILICI-CLÁSTICO carbonatos 50 a 70%	CB 1 - Cascalho biosiliciclástico	AB1a - Areia biosiliciclástica com grânulos e cascalhos	AB1b - Areia biosiliciclástica	LB1 - Marga calcárea
SEDIMENTO BIOCLÁSTICO carbonatos>70%	CB2 - Cascalho bioclástico	AB2a - Areia bioclástica com grânulos e cascalhos	AB2b - Areia bioclástica	LB2 - Lama calcárea
L = Lama; M <sub>d</sub> = Mediana				

Fonte: Freire *et al.* (1997) modificado por Vital *et al.* (2005).

#### 4.3.5 Teor de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico

A matéria orgânica tem papel fundamental no ciclo geoquímico da maioria dos metais-traços que se depositam nos sedimentos e pode ser usada como indicador de ambiente deposicional e de processos sedimentares (WU *et al.*, 2011).

Em ambientes naturais a matéria orgânica é composta principalmente de carbono (52 a 58%) e oxigênio (34 a 45%), seguido de nitrogênio e hidrogênio (3,3 a 8%). Portanto, uma forma

de se estimar a quantidade de MO presente no sedimento é através do teor de carbono orgânico total, uma vez que este representa mais de 50% da constituição da MO.

Existem vários métodos para determinar o teor de matéria orgânica dos sedimentos. Nessa pesquisa foi utilizado o método de Walkley-Black modificado (1934), o qual consiste na oxidação da matéria orgânica com dicromato e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal, conforme procedimento a seguir:

- Coloca-se 0,50 g de amostra (diâmetro inferior a 2,0 mm) em um *erlenmeyer* de 250 ml e adiciona-se 10 ml de  $K_2Cr_2O_7$ ;
- Em seguida, adiciona-se 20 ml de  $H_2SO_4$  concentrado e agita-se o *erlenmeyer* durante um minuto. Deixar em repouso por 30 minutos;
- Adiciona-se 200 ml de  $H_2O$  destilada, 10 ml de  $H_3PO_4$ , 0,2 g de NaF e dez gotas de difenilamina;
- Titula-se com sulfato ferroso amoniacal  $[Fe (NH_4)_2 (SO_4)_2]$  até a solução adquirir uma coloração esverdeada.

Todo este processo acima citado também deve ser realizado com um *erlenmeyer* sem adição da amostra, para servir como material padrão.

Após a titulação, usa-se uma equação para calcular a concentração de carbono orgânico (g/kg), descrita a seguir:

$$\text{g de carbono/kg de TFSE} = 0,06 \times V [40 - V_a \times (40 / V_b)] \times f$$

**Onde:**

**TFSE** = terra fina seca em estufa;

**V** = volume de bicromato de potássio utilizado;

**V<sub>a</sub>** = volume de sulfato ferroso amoniacal usado na titulação da amostra;

**V<sub>b</sub>** = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

**0,06** = fator de correção, a partir das alíquotas tomadas;

**f** = fator de correção para TFSE.

Para calcular a quantidade de matéria orgânica presente na amostra utiliza-se a reação a seguir:

$$\text{g de matéria orgânica/kg} = \text{g de carbono/kg} \times 1,724$$

#### 4.3.6 Teor de Nitrogênio Total

Para sua determinação foi utilizado o método de Kjeldahl por via úmida, onde o nitrogênio é convertido em sulfato de amônio através da oxidação com uma mistura de  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaSO}_4$  ou  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (EMBRAPA, 1997).

Posteriormente em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido de matéria orgânica libera amônio que, em câmara de difusão, é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto, sendo finalmente determinado por acidimetria ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{HCl}$ ). Este processo é detalhado a seguir:

- Primeiramente pesa-se 0,7 g de amostra (diâmetro inferior a 2,000 mm) e coloca-se num balão kjedahl de 100 ml;
- Adiciona-se 15 ml da solução extratora e proceder a digestão, fervendo o conteúdo durante uma hora ou mais, até destruição completa da matéria orgânica;
- Após o tubo estar frio adiciona-se água destilada e agita-se para a homogeneização;
- No destilador de nitrogênio (Figura 4.9) é encaixado tubo e adicionado  $\text{NaOH}$  40% (com 0,5 g de fenolftaleína) até a solução alcalinizar (exibir uma cor rósea);
- Coloca-se no final do destilador um *erlenmeyer* com 15 ml de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  4% com indicador misto (Vermelho de metila 0,1% e Verde de bromocresol 0,1%) que exibe uma coloração alaranjada em meio ácido, inicia-se a destilação da amônia durante 5 minutos, onde no *erlenmeyer* a amônia presente da amostra forma um complexo com o ácido bórico e mostra uma coloração cinza-esverdeada a azul.
- Finalmente é feita a titulação da amônia destilada, utilizando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01N até que atinja uma coloração alaranjada.

Estes procedimentos devem ser realizados também em um balão kjedahl vazio (sem amostra), para que este seja usado como valor padrão.

Figura 4.9 – Destilador de nitrogênio TCNAL, modelo TE-036/1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o cálculo do teor de nitrogênio é utilizada a seguinte fórmula:

$$NT \text{ (g/kg)} = V_a - V_b$$

**Onde:**

**V<sub>a</sub>** = volume de HCl utilizado na titulação da amostra;

**V<sub>b</sub>** = volume de HCl utilizado na prova em branco.

#### 4.3.7 Razão Carbono e Nitrogênio (C/N)

O estudo do carbono e nitrogênio e suas relações nos processos sedimentares possibilitam a avaliação da origem e do aporte atual e pretérito do material sedimentar, correlacionando a matéria orgânica com as prováveis áreas fontes. Possibilita também, a caracterização de áreas sujeitas a circulação hidrodinâmica, uma vez que, maiores concentrações de matéria orgânica estão associadas a áreas com baixa movimentação junto ao fundo e a maior teor de sedimentos

finos, bem como a avaliação das tendências do meio em relação ao potencial redox (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A razão elementar entre o carbono e nitrogênio (Razão C/N) tem sido uma ferramenta bastante utilizada na caracterização do aporte da matéria orgânica para o ambiente aquático, a qual pode fornecer informações sobre a natureza e origem da matéria orgânica, que pode estar associada a plantas terrestres ou a algas marinhas (MEYERS, 1997).

Apesar de valores relativamente diferentes quanto à origem da matéria orgânica, havendo flexibilidade na interpretação desses parâmetros, Meyers e Ishiwatari (1993); Meyers (2003); Kendall *et al.* (2001), Usui *et al.* (2006), Hu *et al.* (2006), convergem entre si, considerando razão C/N entre 4 e 10 para algas, e razão C/N > 20 para vegetais vasculares terrestres. Razão C/N entre 10 e 20 são indicativos de fontes mistas de matéria orgânica (fontes terrestres e marinhas).

Nesse sentido, Meyers (1997), Andrews *et al.* (1998) e Menor *et al.* (2001) assinalaram que quando o sedimento apresenta elevada razão C/N (domínio de compostos orgânicos não-nitrogenados sobre os nitrogenados), correspondem a períodos de maior influxo de matéria orgânica continental, enquanto valores mais baixos da razão C/N são indicativos de maior contribuição de matéria orgânica de origem pelágica, ou mesmo devido a melhores condições de preservação do nitrogênio.

A razão C/N é realizada a partir da divisão dos valores obtidos na análise de teor de carbono orgânico pelo da análise do teor de nitrogênio total.

#### 4.3.8 Difração de Raios-X

Após a descoberta por Hendricks e Fry (1930) e Kalley *et al.* (1931) de que as argilas contêm material cristalino mineral que produzia padrões de difração de raios-x, a investigação da ocorrência de minerais de argila por métodos de difração de raios-x tornou-se um instrumento valioso no estudo dos sedimentos.

As análises de difração de raios-x foram realizadas em um difratômetro para amostras policristalinas modelo *XPert Pro MPD – Panalytical* no Laboratório de Raios-X do Departamento de Física da UFC. Pesa-se 2,0 g da fração argila e prepara-se uma solução argila-



água com uma concentração de 60,0 mg de argila para 1 cm<sup>3</sup> de água destilada, retira-se com uma pipeta 3,0 ml da suspensão preparada e depositada sobre uma lâmina de vidro, e deixa-se secar em estufa à 100°C. Após isso, realiza-se o ensaio de difração de raios-x, varrendo-se de 2 a 46° (escala 2θ).

Após o ensaio de difração de raios-x, as distâncias interplanares (d) referentes aos picos apresentados no difratograma deverão ser confrontadas com as distâncias interplanares de cada fase. Para a interpretação dos difratogramas foi utilizado o programa *X'Pert HighScore Plus*.

#### 4.3.9 Componentes bióticos

Os componentes bióticos foram visualizados com o auxílio de uma lupa binocular (Figura 4.10) no Laboratório de Geologia Marinha do Departamento de Geologia da UFC.

Foram contados 300 foraminíferos da fração 0,354 mm de cada amostra, por ser a fração que mais continha foraminíferos, os demais componentes bióticos não foram quantificados, apenas observados. A partir destes 300 indivíduos foi realizada a contagem de foraminíferos planctônicos e bentônicos nas amostras, onde foi calculada a razão entre planctônicos e bentônicos nos testemunhos.

A razão planctônicos/bentônicos P/B (%) representa-se em porcentagem e pode ser calculada através da expressão:

$$P/B (\%) = P / F \times 100$$

**Onde:**

**P** = número total de carapaças planctônicas;

**B** = número total de carapaças bentônicas;

**F** = número total de foraminíferos.

Figura 4.10 – Lupa binocular.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **4.4 Integração e Interpretação dos Dados**

Análise e integração dos resultados das análises citadas anteriormente, na qual se utilizaram de softwares como ANASED 5.0, *ArcGIS 9.3* e *Corel Draw X3*, seguido da execução e apresentação da Dissertação.

#### **4.5 Divulgação dos Resultados da Pesquisa**

A integração e interpretação final dos dados culminarão em publicações em eventos científicos e periódicos indexados, por fim a finalização da dissertação.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

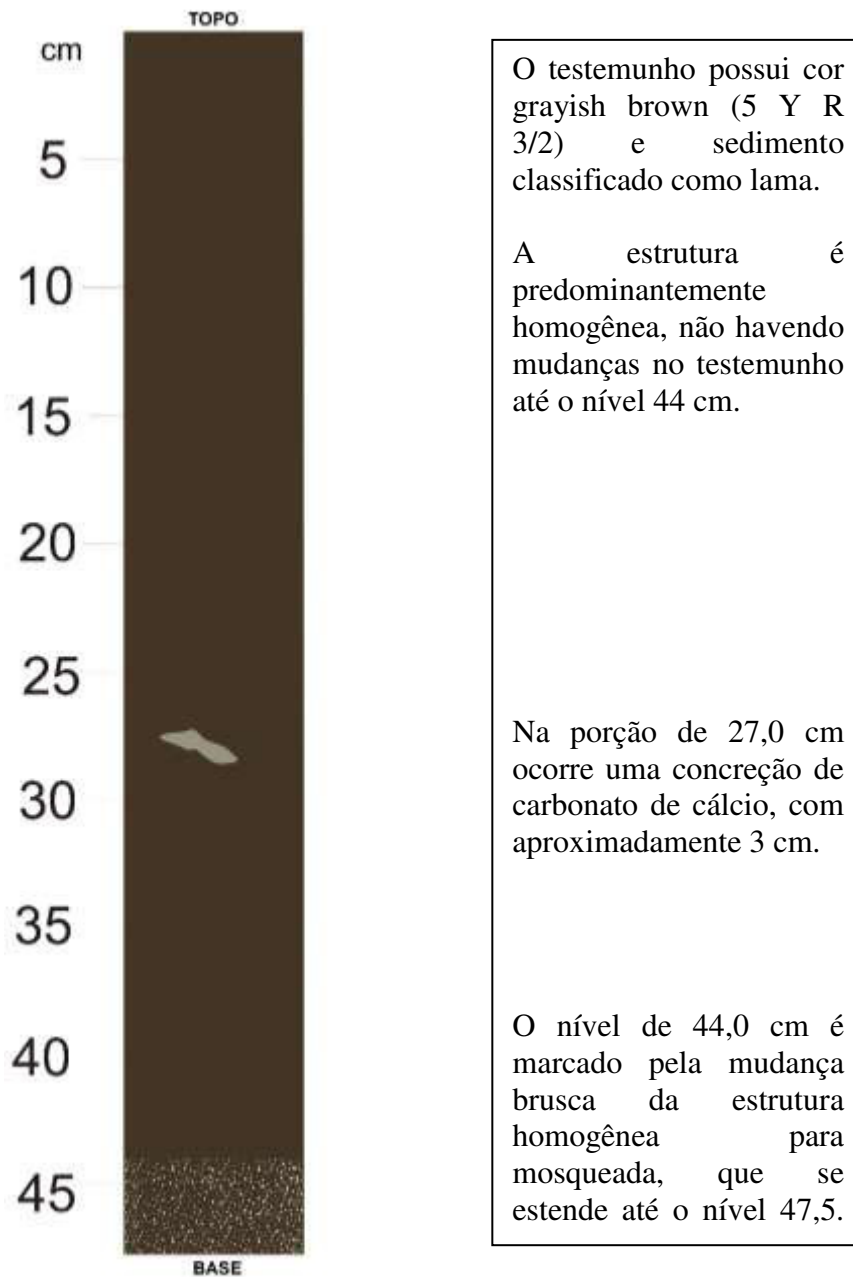
### **5.1 Testemunho SIS 699**

Foi coletado na latitude 9765275.745 e longitude 224589.945 (Zona UTM - *Universal Transversa de Mercator*: 24M) a uma profundidade de 1410 m, com 47 cm de comprimento, distando cerca de 86 km da linha de costa de Luís Correia. A amostra foi dividida em secções que marcavam mudanças de cor, textura e estrutura, totalizando 6 amostras.

#### *5.1.1 Descrição Macroscópica*

A representação e descrição do testemunho SIS 699 pode ser observada na figura 5.1.

Figura 5.1 – Representação e descrição do testemunho SIS 699.

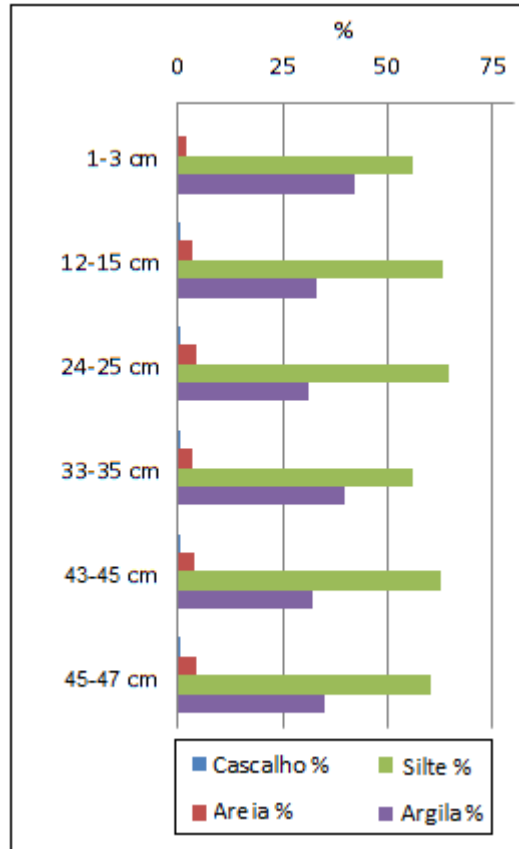


Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.1.2 Análise Granulométrica

A figura 5.2 mostra os percentuais de cascalho, areia e silte e argila para o testemunho SIS 699.

Figura 5.2 – Variação textural do testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A média dos teores de cascalho é de 0,23%, com variação de 0% a 0,8. Representando menos de 1,00% dos percentuais encontrados no testemunho, composto essencialmente por sedimentos biogênicos.

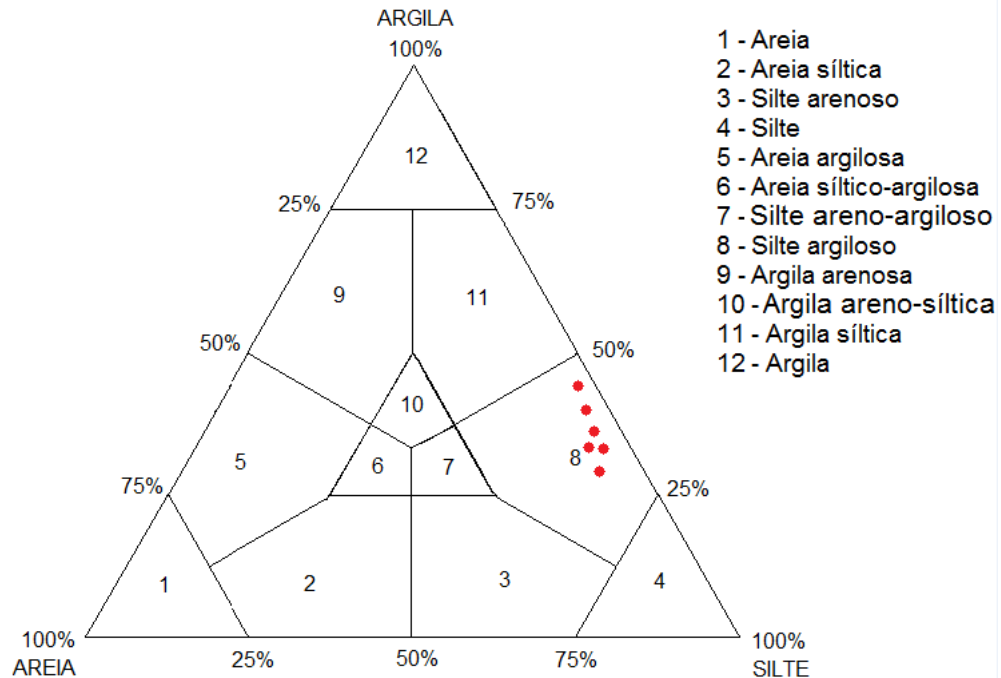
A média dos teores de areia é de 3,60%, onde seus valores então compreendidos entre 1,85% até 4,5%.

A média dos teores de silte é de 60,46%, com seus teores exibindo uma variação desde 55,8% até 64,35%. No qual estes teores apresentam-se com pequena variação ao longo do testemunho.

A média dos teores de argila é de 35,67%, no qual a variação deste está compreendida entre 31,33% e 42,32%.

A classificação granulométrica das amostras foi realizada a partir dos valores de areia, silte e argila plotados no Diagrama Triangular de Shepard (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Diagrama triangular de Shepard com a plotagem das amostras do testemunho SIS 699.



Fonte: Shepard (1954).

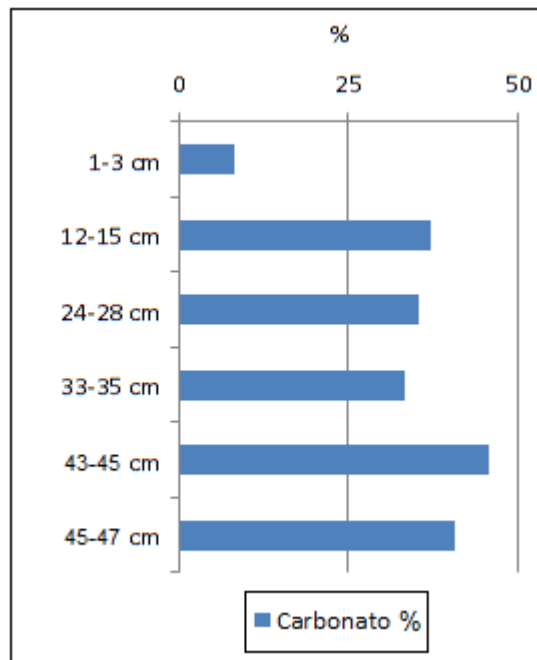
Em todo o testemunho tem-se um material classificado como silte argiloso, onde o teor de silte está entre 55,8% (1-3 cm) e 64,35% (24-25 cm), o percentual de argila está entre 31,33% (24-25 cm) e 42,32% (1-3 cm) e a areia com teores entre 1,85% (1-3 cm) até 4,5% (45-47 cm).

### 5.1.3 Carbonato de cálcio

O testemunho SIS 699 (Figura 5.4) apresenta média de 33,46% de  $\text{CaCO}_3$ , onde a variação está compreendida entre 8,3% (1-3 cm) e 45,83% (43-45 cm). Os teores de carbonato encontrados são baixos, refletindo um ambiente de alta influência continental, onde a deposição do carbonato de cálcio é desfavorecida. Observam-se pequenas variações ao longo do testemunho com tendência a diminuição do teor de  $\text{CaCO}_3$  em direção ao topo, na passagem do nível de 12-

15 cm para o de 1-3 cm tem-se uma diminuição mais acentuada dos teores (37% para 8%), indicando maior contribuição terrígena no topo (1-3 cm).

Figura 5.4 – Teores de  $\text{CaCO}_3$  do testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O topo do testemunho (1-3 cm) é composto por sedimento siliciclástico, classificado como lama terrígena, pois possui teor de  $\text{CaCO}_3$  abaixo de 30 %, e teor de lama acima de 15%. Entretanto, as demais amostras são constituídas por sedimento silicibioclástico, classificado como marga arenosa, em razão de apresentar de 30 a 50% de  $\text{CaCO}_3$  e teor de lama acima de 15%.

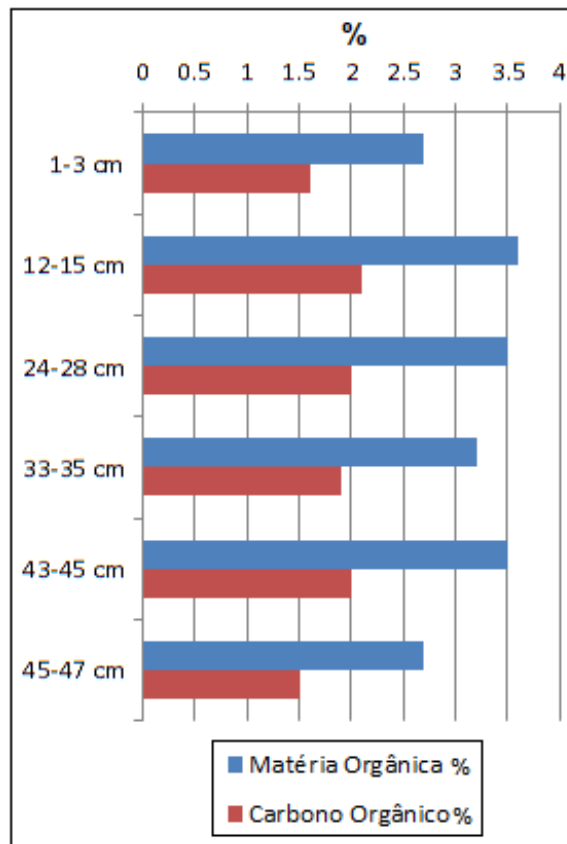
#### 5.1.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

A média dos teores de matéria orgânica é 3,2%, com valores entre 2,7% a 3,6%, onde no nível de 12-15 cm encontra-se o maior dentre estes (Figura 5.5).

A média dos valores de carbono orgânico é de 1,85%, onde seus valores variam entre 1,5% a 2,1%, sendo situado no nível de 12-15 cm o maior destes.

A presença de matéria orgânica e carbono orgânico sugerem uma sedimentação de baixa energia com contribuição de partículas de origem orgânica.

Figura 5.5 – Teores de matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho SIS 699.



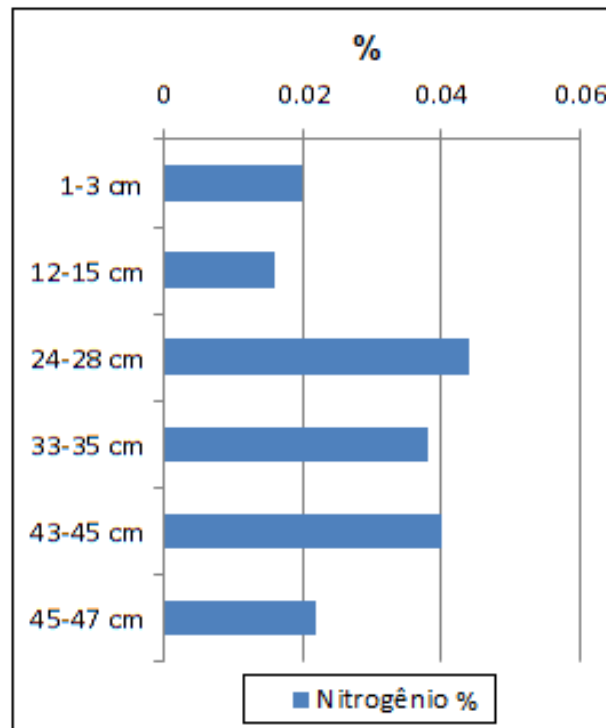
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.1.5 Nitrogênio Total

O teor médio das alíquotas é de 0,03%, ocorrendo uma variação entre 0,016% e 0,044%, sendo este maior teor encontrado no nível de 24-28 cm do testemunho (Figura 5.6).



Figura 5.6 – Teores de nitrogênio total do testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se que o teor de nitrogênio possui variações ao longo do testemunho, com máximos e mínimos em seus valores devido a variações na sedimentação advinda do continente ou marinha, ou seja, quando o aporte de sedimentos do continente aumenta o teor de nitrogênio diminui, no entanto quando o aporte de sedimentos marinhos prevalece, o teor de nitrogênio aumenta.

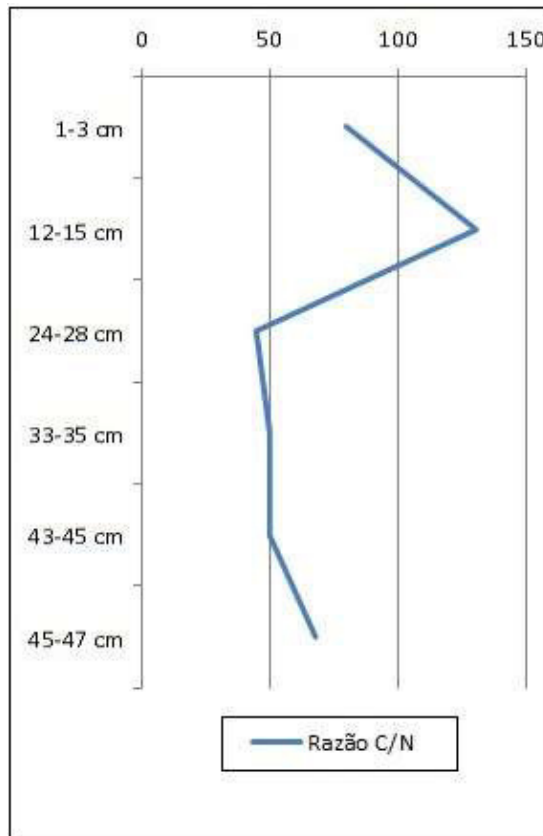
#### 5.1.6 Razão Carbono/Nitrogênio

A razão C/N possui média de 70,66 e alíquotas variam desde 45 até 131, no nível de 20,0 cm encontra-se o maior dentre estes valores. A partir do nível de 15 cm ocorre o decréscimo da razão C/N em direção à base do testemunho (Figura 5.7).

Segundo diversos autores (MEYERS; ISHIWATARI, 1993; MEYERS, 2003; KENDALL *et al.*, 2001; USUI *et al.*, 2006; HU *et al.*, 2006) razão C/N superior a 20 indica como fonte de

matéria orgânica vegetais vasculares terrestres. Os valores da razão obtidos neste testemunho variam de 45 a 131, correspondendo a períodos de maior influxo de matéria orgânica continental.

Figura 5.7 – Razão C/N para o testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

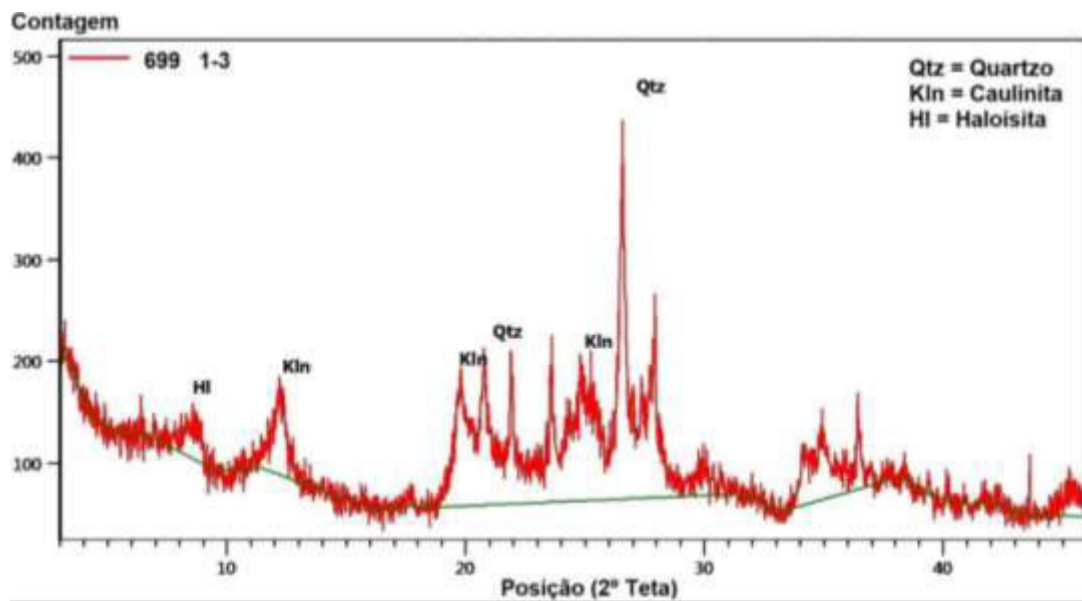
### 5.1.7 Difração de Raios-X

O testemunho é composto por quartzo, caulinita e haloisita (Figuras 5.8; 5.9; 5.10; 5.11; 5.12 e 5.13).

A base é formada por quartzo e caulinita, minerais mais resistentes ao intemperismo químico. No nível de 43-45 cm tem-se o acréscimo de haloisita na composição do testemunho, sendo a haloisita formada pela alteração da caulinita, sendo um polimorfo deste. No nível de 24-28 cm o mineral não se faz presente, esta composição segue constante até o topo. Por

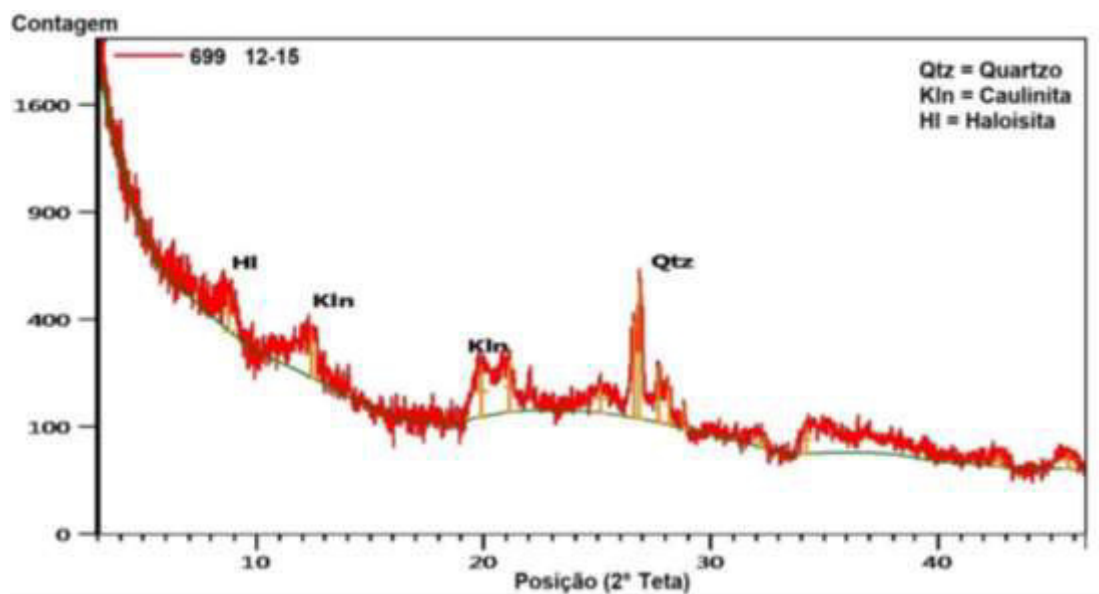
consequente, preconiza-se que o clima predominante no período da constituição destes minerais foi o tropical úmido.

Figura 5.8 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho SIS 699.



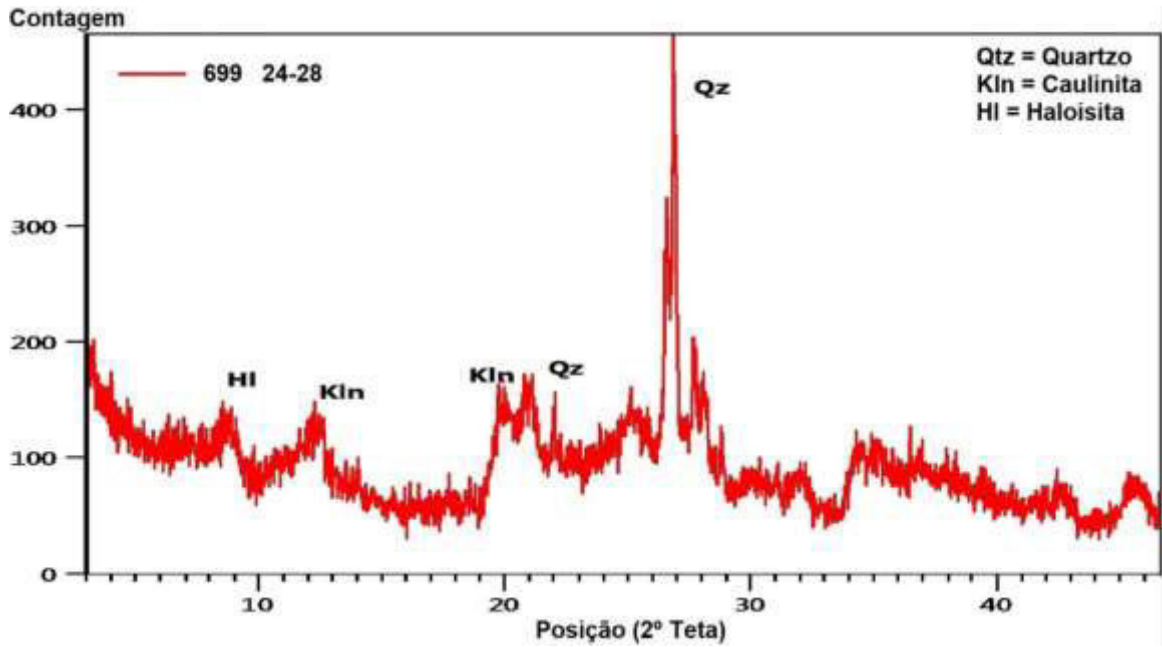
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.9 – Difratoograma da amostra 12-15 cm do testemunho SIS 699.



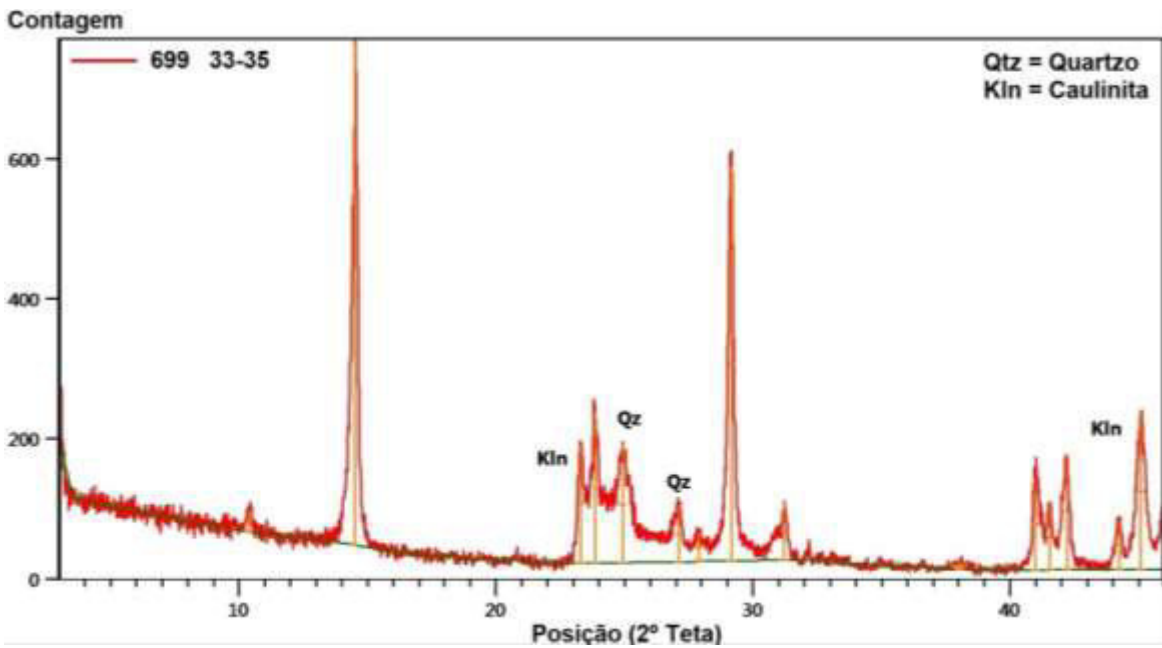
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.10 – Difratoograma da amostra 24-28 cm do testemunho SIS 699.



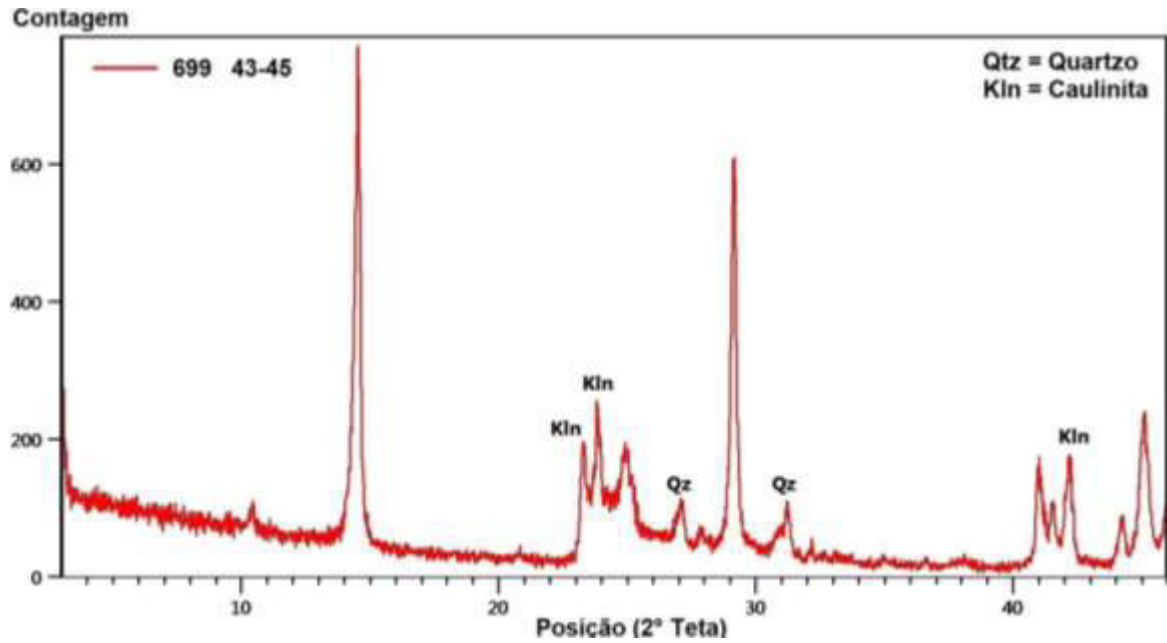
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.11 – Difratoograma da amostra 33-35 cm do testemunho SIS 699.



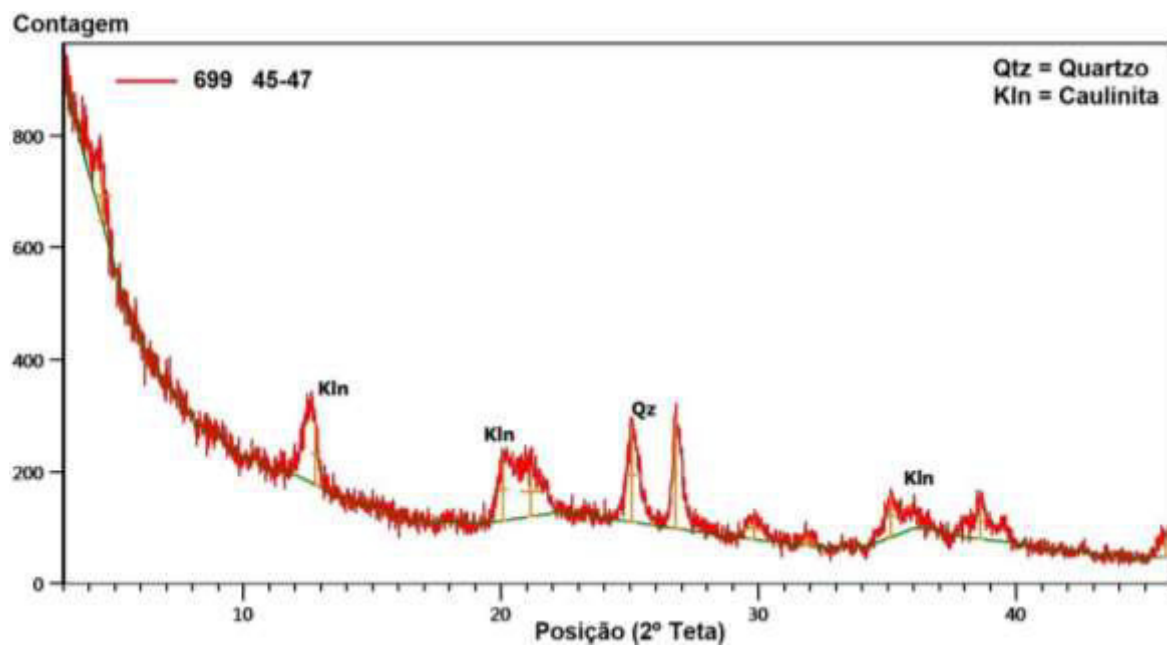
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.12 – Difratoograma da amostra 43-45 cm do testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.13 – Difratoograma da amostra 106-108 cm do testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.1.8 Componentes Bióticos

Os componentes bióticos encontrados são principalmente carapaças de foraminíferos planctônicos e bentônicos (Figura 5.14), com menor proporção de espículas e ostracodes. As testas dos foraminíferos encontram-se inteiras, o que sugere transporte por suspensão, sendo este um ambiente de baixa energia. Estas possuem, em sua maioria, coloração amarelada que indica lento revolvimento das testas na região.

Foi observada a presença de partículas não bióticas como grãos de quartzo e grãos não identificados. Os quartzos são angulosos, sem sinais de retrabalhamento (Figura 5.15). Os grãos não identificados encontram-se alterados e possuem coloração alaranjada, podendo refletir uma oxidação, portanto não se pode afirmar que sedimentos são estes (Figura 5.16). Sugere-se que estes grãos sejam sedimentos continentais transportados até o talude através de fluxo gravitacional.

Os foraminíferos apresentam um predomínio de planctônicos em relação aos bentônicos em todas as amostras, onde a razão P/B aumenta em direção a base do testemunho (Figura 5.17). Este aumento da razão indica o aumento vertical da coluna d'água e uma maior distância da costa. A razão entre planctônicos e bentônicos (razão P/B) apresenta média de 85,83%, variando entre 77% e 89%, sendo classificado como talude continental superior.

Figura 5.14 – Foraminíferos planctônicos, bentônicos e grãos não identificados do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico; Gni – Grãos não identificados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.15 – Foraminíferos planctônicos, bentônicos e grãos de quartzo do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

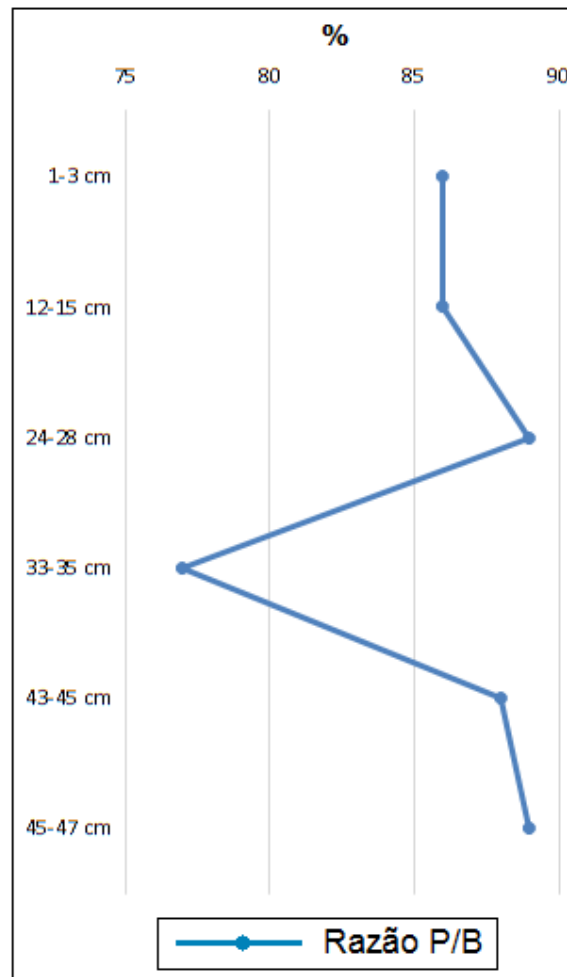
Figura 5.16 – Foraminíferos planctônicos de coloração amarelada e grãos alterados com sinais de oxidação do testemunho SIS 699, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Gni – Grãos não identificados.



Fonte: Elaborada pelo autor.



Figura 5.17 – Razão planctônicos/bentônicos no testemunho SIS 699.



Fonte: Elaborada pelo autor.

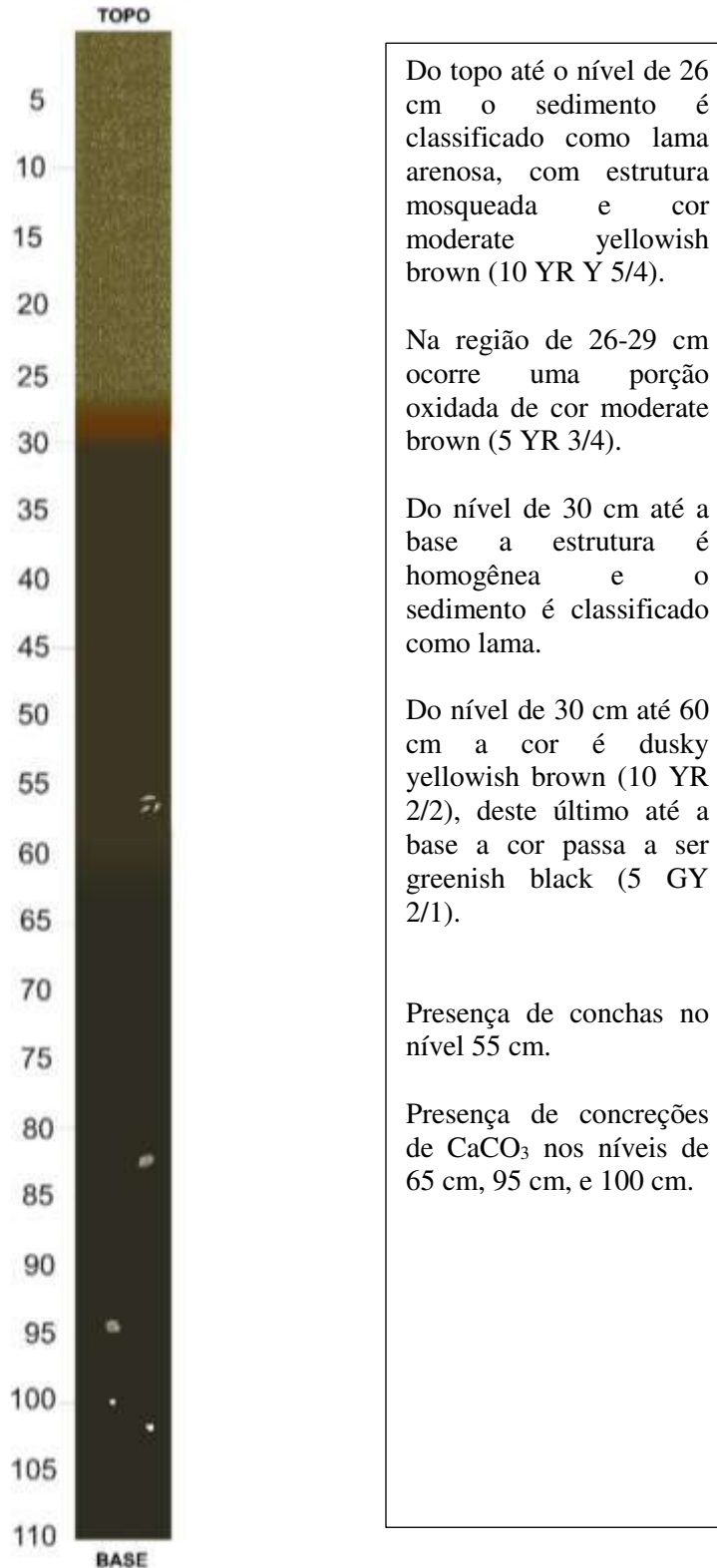
## 5.2 Testemunho ANP 1285

Testemunhagem executada na latitude 9791025.830 e longitude 222732.951 (Zona UTM - *Universal Transversa de Mercator*: 24M) a uma profundidade de 2505 m, com 108 cm de comprimento, distando cerca de 111 km da linha de costa de Luís Correia. A amostra foi dividida em secções que marcavam mudanças de cor, textura e estrutura, totalizando 12 amostras.

### 5.2.1 Descrição Macroscópica

A representação e descrição do testemunho ANP 1285 pode ser observada na figura 5.18.

Figura 5.18 – Representação e descrição do testemunho ANP 1285

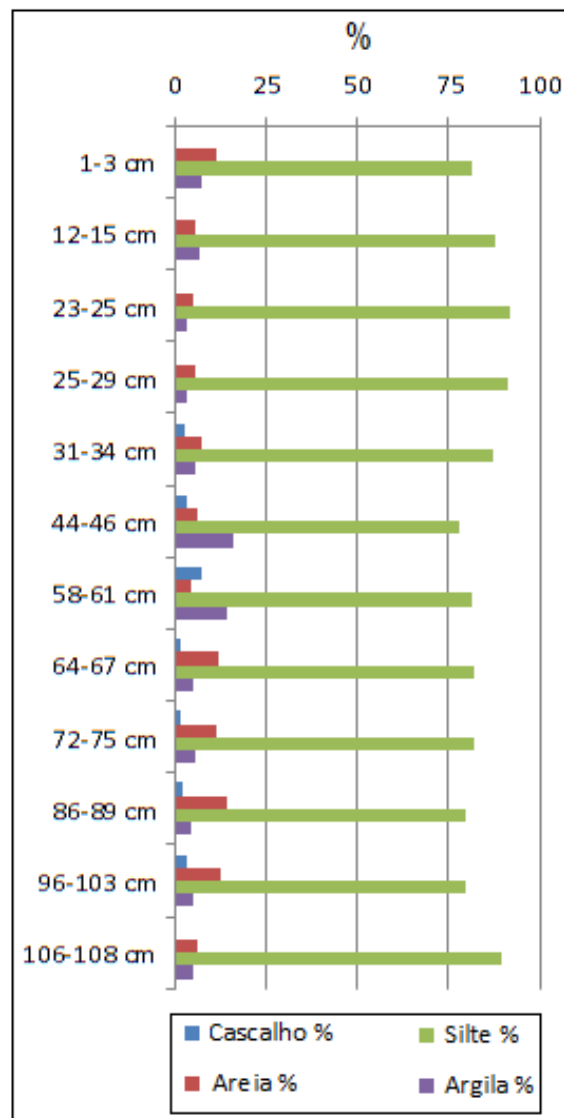


Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.2 Análise Granulométrica

A figura 5.19 mostra os percentuais de cascalho, areia, silte e argila para as 12 amostras do testemunho ANP 1285.

Figura 5.19 – Variação textural ao longo do testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O cascalho é a fração menos abundante no testemunho. Possui porcentagem média de 1,79%, variando de 0% a 7,50%, com o maior valor no nível 58-61 cm.

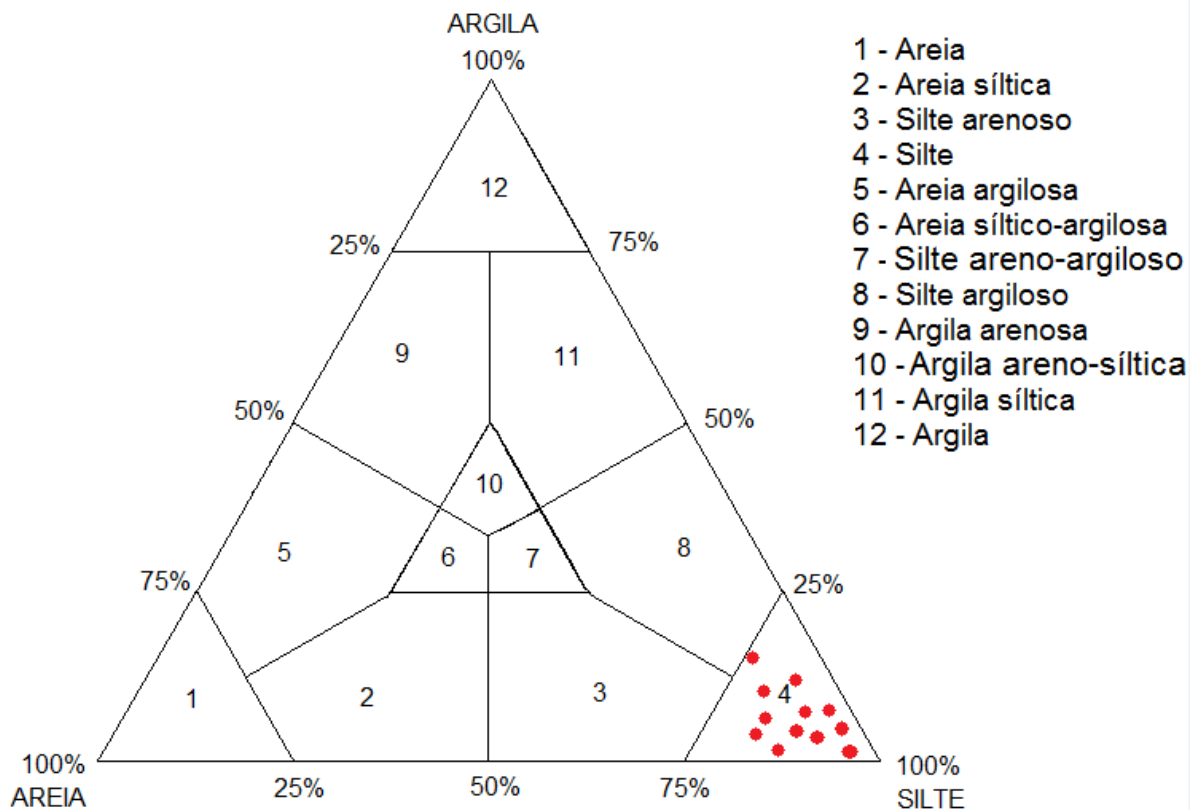
A média dos valores de areia é de 8,41%, onde sua variação está compreendida entre 4,52% a 14,1%, onde o maior destes está no nível de 86-89 cm.

A fração silte é a mais abundante em todas as amostras, com média de 84,23% e variação de 77,67% a 91,65%, estando os maiores valores no nível de 23-25 cm.

A média dos teores de argila é de 6,65%, no qual a variação desta está compreendida entre 3,03% e 16,0%, com maior valor no nível de 44-46 cm.

A classificação granulométrica das amostras foi realizada a partir dos valores de areia, silte e argila plotados no Diagrama Triangular de Shepard (Fig. 5.20).

Figura 5.20 – Diagrama triangular de Shepard com a plotagem das amostras do testemunho ANP 1285.



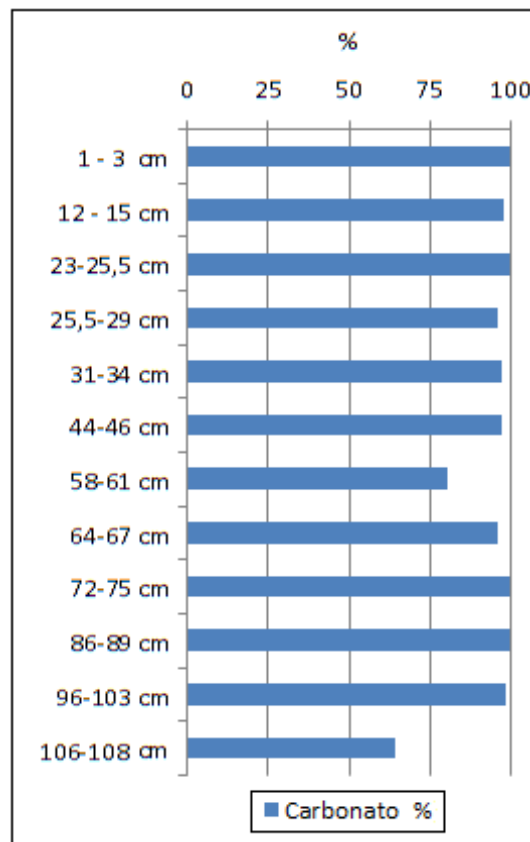
Fonte: Shepard (1954).

Com base na classificação dos sedimentos de Shepard, o testemunho é classificado como silte, pois todas as amostras plotam no campo referente ao silte. Essa composição síltica reflete um ambiente calmo, de baixa energia.

### 5.2.3 Carbonato de cálcio

O testemunho apresenta uma porcentagem média de 93,92% de  $\text{CaCO}_3$ , variando de 64,58% a 100%, na qual o nível de 106-108 cm registra o maior valor de  $\text{CaCO}_3$  (Figura 5.21).

Figura 5.21 – Teores de  $\text{CaCO}_3$  do testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Todas as amostras do testemunho, com exceção da base (106-108 cm), são compostas por sedimento bioclástico classificado como lama calcárea, pois possuem teor de  $\text{CaCO}_3$  acima de 70% e teor de lama acima de 15%. A amostra da base é constituída por sedimento

biosiliciclástico classificado como margas calcáreas, em razão de apresentar teor de  $\text{CaCO}_3$  entre 50 a 70% e teor de lama acima de 15%.

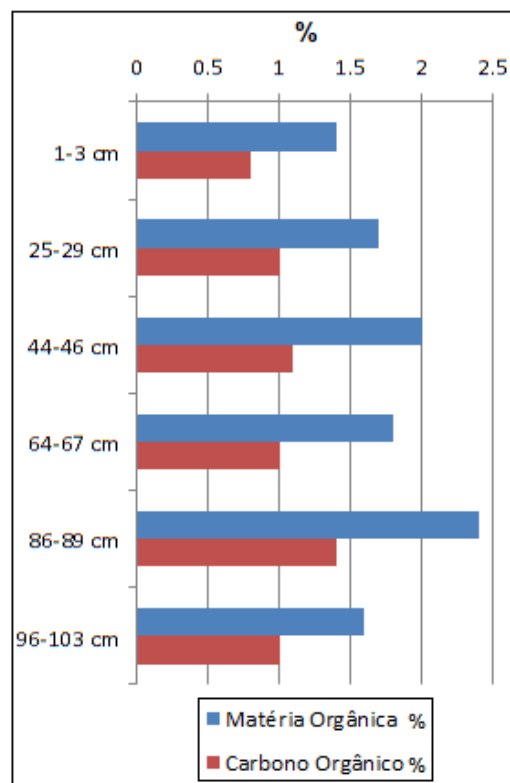
#### 5.2.4 *Matéria Orgânica e Carbono Orgânico*

A média dos teores de matéria orgânica é 1,81%, com valores entre 1,4% a 2,4%, onde no nível de 86-89 cm encontra-se o maior dentre estes (Figura 5.22).

A média dos valores de carbono orgânico é de 1,05%, onde seus valores variam entre 0,8% a 1,4%, onde no nível de 86-89 cm encontra-se o maior dentre estes.

É observado que a matéria orgânica e o carbono orgânico possuem maiores valores no nível 86-89 cm, sugerindo que houve maior contribuição de sedimentos de origem orgânica nesta porção.

Figura 5.22 - Teores de matéria orgânica e carbono orgânico do testemunho ANP 1285.



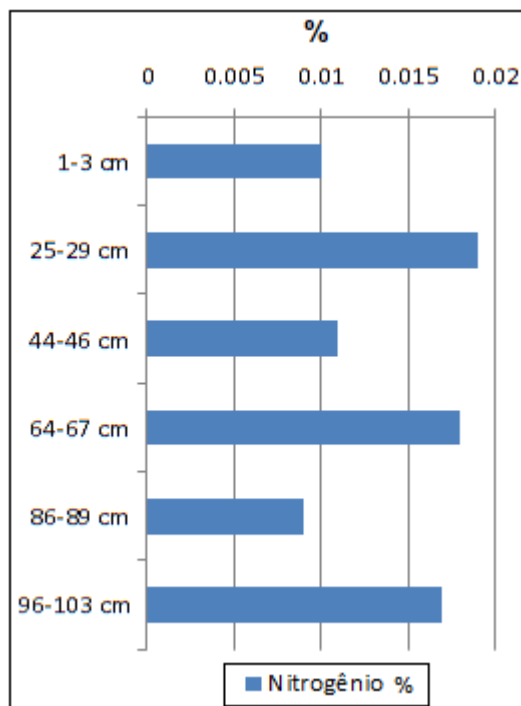
Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se que os valores de matéria orgânica e carbono orgânico encontrados neste testemunho são menores em relação aos obtidos no testemunho SIS 699, mostrando que neste testemunho (ANP 1285) teve-se uma menor contribuição de sedimentos continentais.

### 5.2.5 Nitrogênio Total

O teor médio das alíquotas é de 0,014%, onde ocorre uma variação entre 0,009% até 0,019%, sendo o maior teor encontrado no nível de 25-29 cm (Figura 5.23).

Figura 5.23 – Teores de nitrogênio total para o testemunho ANP 1285



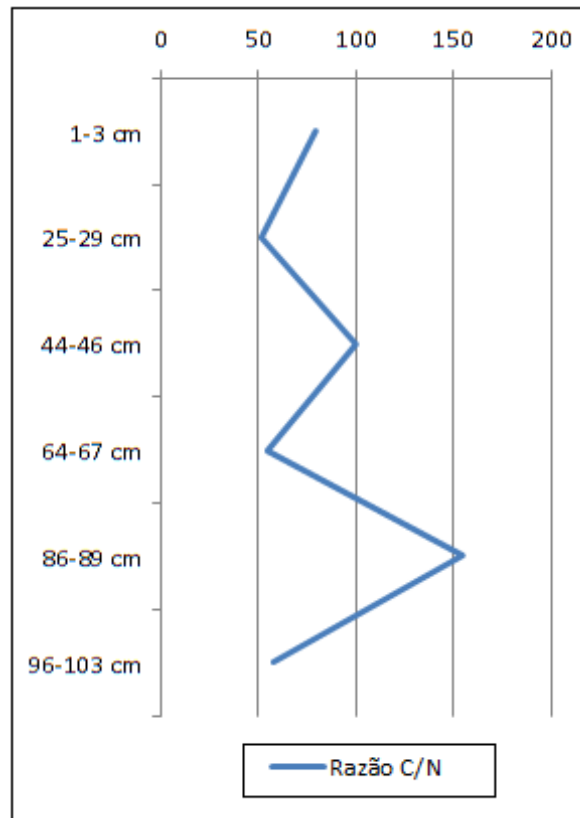
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.6 Razão Carbono/Nitrogênio

A razão C/N possui média de 80,33 e alíquotas variam desde 52 até 155, com menor valor situado no nível de 25-29 cm e maior valor no nível de 86-89 cm.

Observa-se que a razão não possui uma variação constante, ora os valores decrescem, ora aumentam (Figura 5.24). Apesar da variação, todas as amostras possuem razão superior a 20, indicando matéria orgânica de origem continental.

Figura 5.24 – Razão C/N para o testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.7 Difração de Raios-X

Quartzo e caulinita são minerais comuns a todas as amostras, sendo o quartzo o mais abundante, com exceção da amostra de 1-3 cm (Figuras 5.25; 5.26; 5.27; 5.28; 5.29 e 5.30).

A base é composta por quartzo, caulinita e ilita. Em direção ao topo, no nível de 44-46 cm, tem-se o desaparecimento de ilita, e o aparecimento de feldspato potássico e montimorilonita. Esta composição segue constante até o nível de 25-29 cm. No topo a montimorilonita e o feldspato deixam de existir, restando apenas quartzo e caulinita.

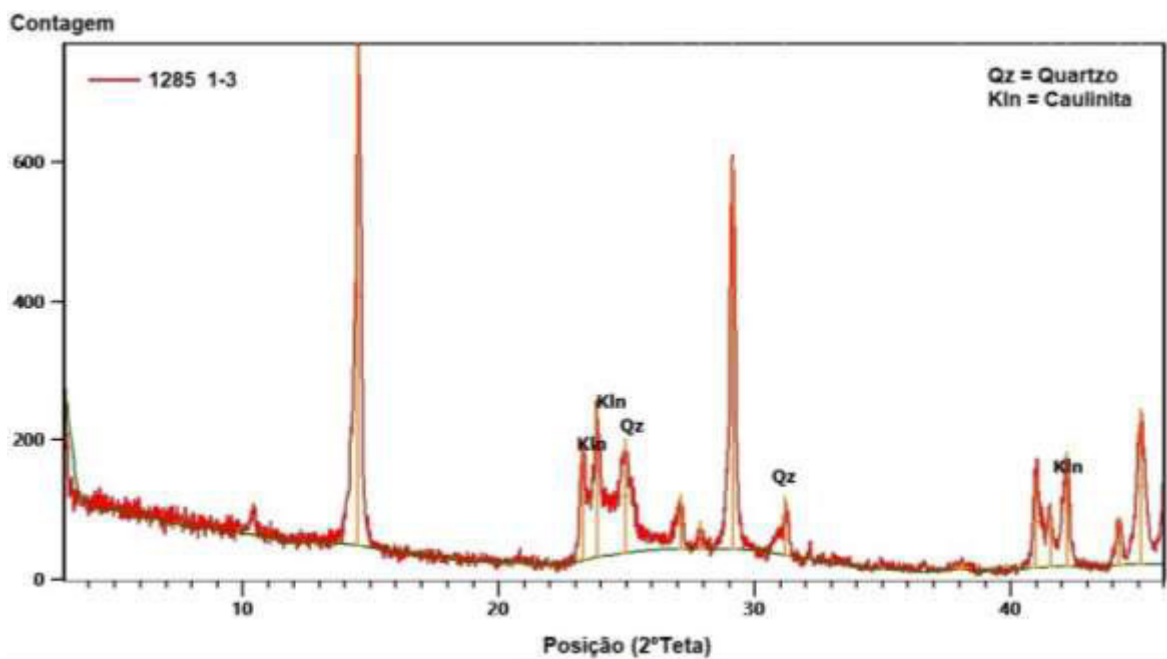


Quartzo e feldspato são minerais residuais do intemperismo químico de rochas continentais, estando o quartzo presente em todas as amostras devido a sua maior resistência aos processos de alteração.

As montmorilonitas pertencem ao grupo da esmectita, as quais são formadas através da hidrólise parcial de plagioclásios ou biotitas, onde o intemperismo é pouco intenso. Não obstante, a formação da illita ocorre a partir da hidrólise parcial dos feldspatos potássicos, que em estágios mais avançados da hidrólise formam a caulinita. Logo, sugere-se o aumento da pluviosidade da base para o topo, tendo em vista a ausência de montmorilonita e illita no topo do testemunho.

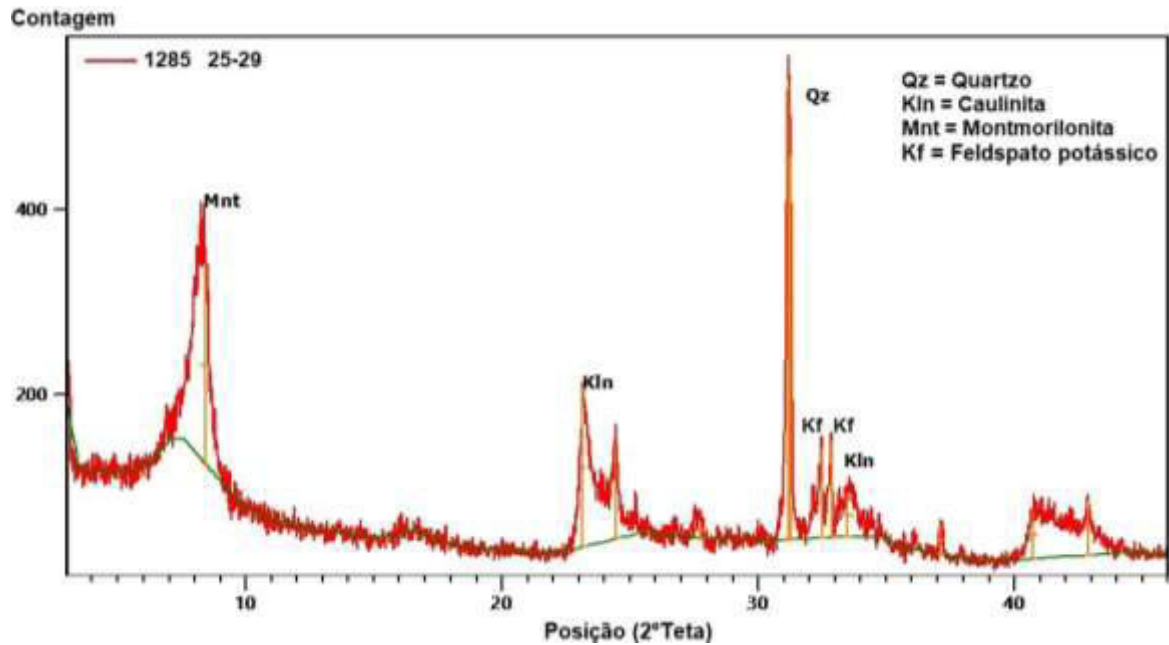
A presença de montmorilonita indica paleoclima árido, entretanto a caulinita marca paleoclima tropical úmido. A partir disto, observa-se o aumento na intensidade das chuvas e consequente aumento de intensidade da hidrólise da base para topo, marcando a transição de clima de árido para tropical úmido.

Figura 5.25 – Difratoograma da amostra 1-3 cm do testemunho ANP 1285.



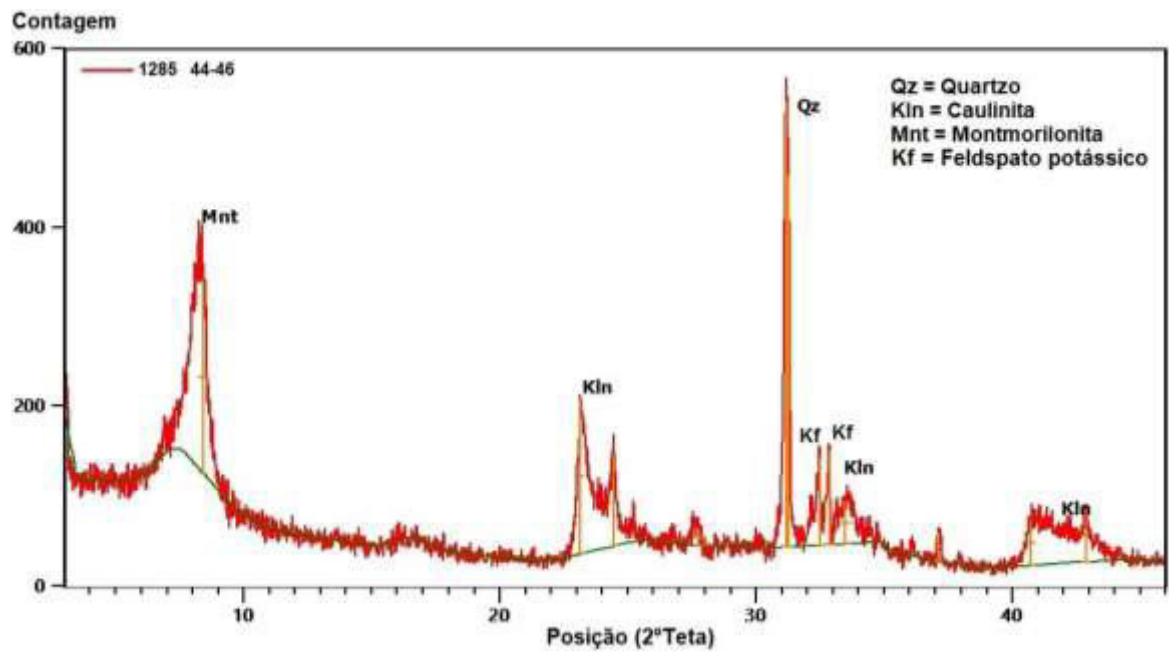
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.26 – Difratoograma da amostra 25-29 cm do testemunho ANP 1285.



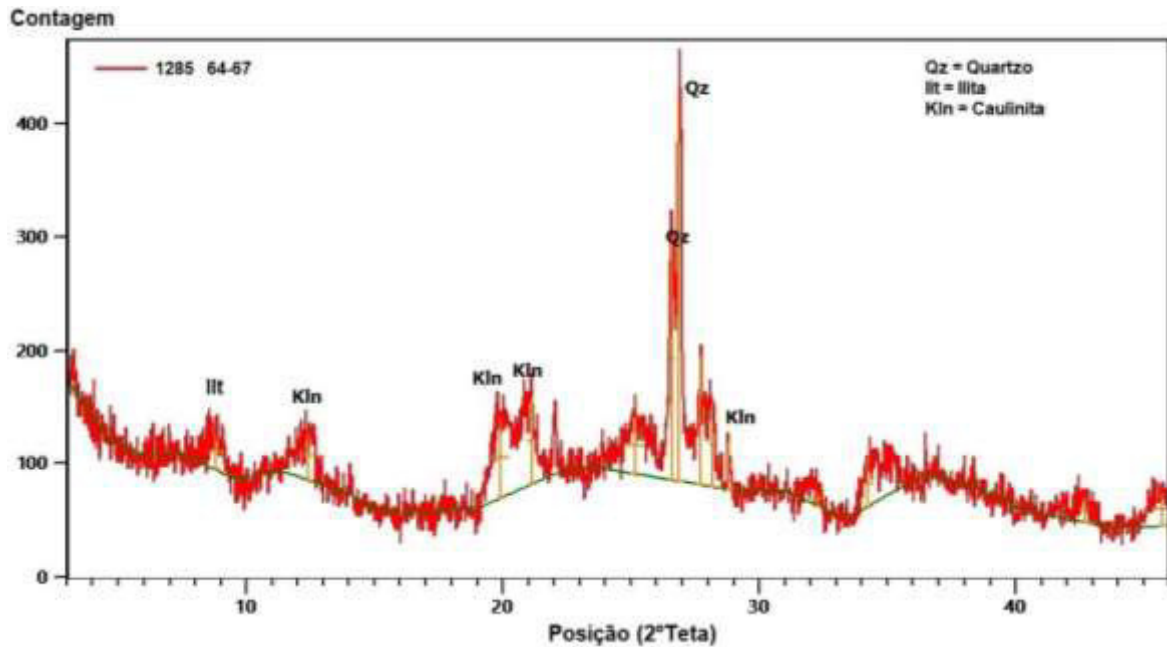
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.27 – Difratoograma da amostra 44-46 cm do testemunho ANP 1285.



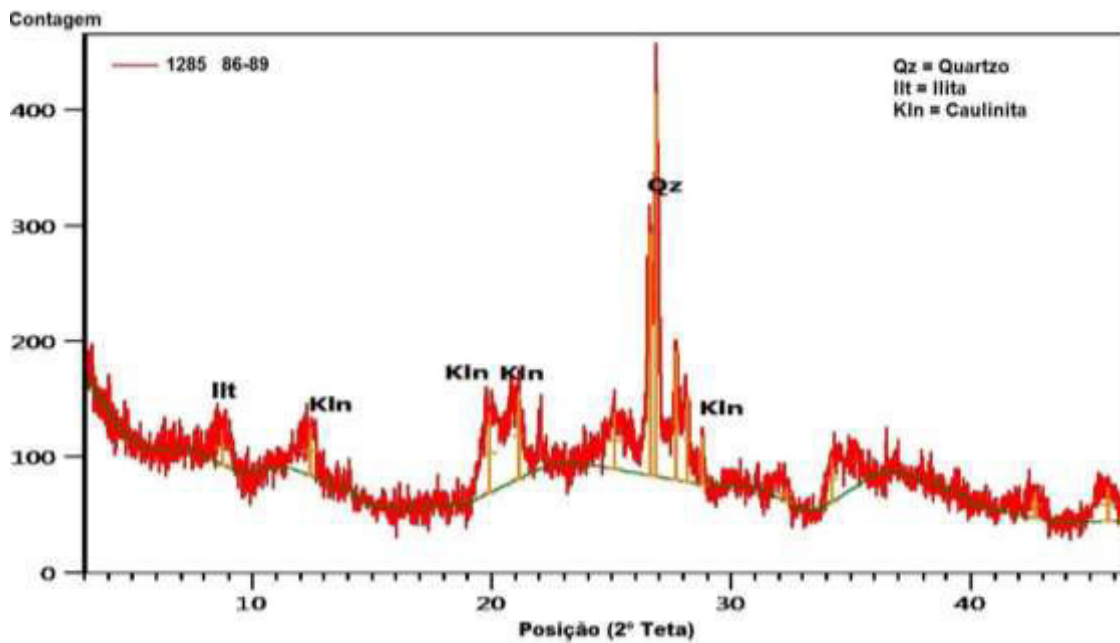
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.28 – Difratoograma da amostra 64-67 cm do testemunho ANP 1285.



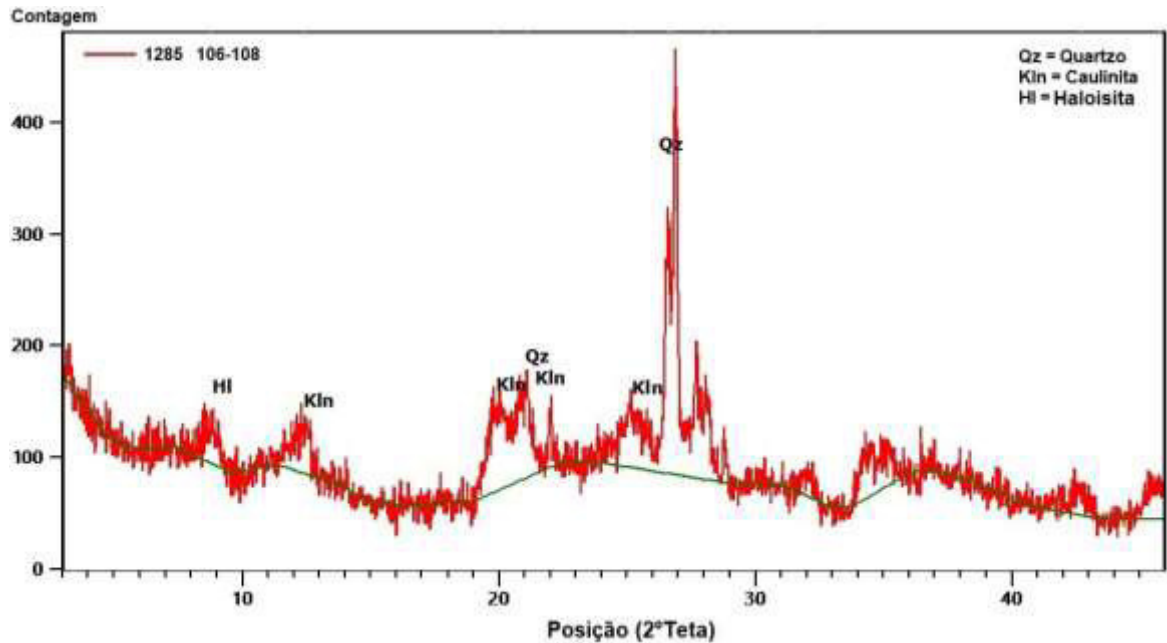
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.29 – Difratoograma da amostra 86-89 cm do testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.30 – Difratoograma da amostra 106-108 cm o testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.2.8 Componentes Bióticos

Os componentes bióticos mais encontrados foram carapaças de foraminíferos planctônicos e bentônicos (Figura 5.31), com menor proporção de gastrópodes, espículas e pterópodes. As testas dos foraminíferos encontram-se inteiras e possuem coloração branca, o que indica transporte por suspensão e uma rápida sedimentação das testas.

Foi observada a presença de partículas não bióticas como quartzo e grãos não identificados (Figura 5.32), estes se encontram em quantidade relativamente menor se comparado ao testemunho SIS 699. Os grãos de quartzo (Figura 5.33) apresentam-se angulosos sem sinais visíveis de retrabalhamento e alteração, portanto sugere-se que estes grãos tenham chegado ao talude por meio de fluxo gravitacional.

Há um grande predomínio de foraminíferos planctônicos em relação aos bentônicos em todas as amostras, onde a razão entre planctônicos e bentônicos diminui em direção a base do testemunho (Figura 5.34). A diminuição da razão P/B indica a diminuição vertical da coluna d'água e a diminuição distância da costa. A razão P/B no testemunho apresenta uma média de

98,33%, com um mínimo de 96,66% e um máximo de 99,66%, sendo, portanto, classificado como talude continental inferior pois todas as amostras possuem razão acima de 90%.

Observa-se que os valores da razão P/B deste testemunho são maiores que os encontrados no SIS 699, portanto este encontra-se mais distante da costa e tem uma maior profundidade da coluna d'água se comparado ao SIS 699.

Figura 5.31 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero planctônico; Fb – Foraminífero bentônico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.32 – Foraminíferos planctônicos e bentônicos do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Fb – Foraminífero bentônico; Qtz – Quartzo; Gni – Grãos não identificados.



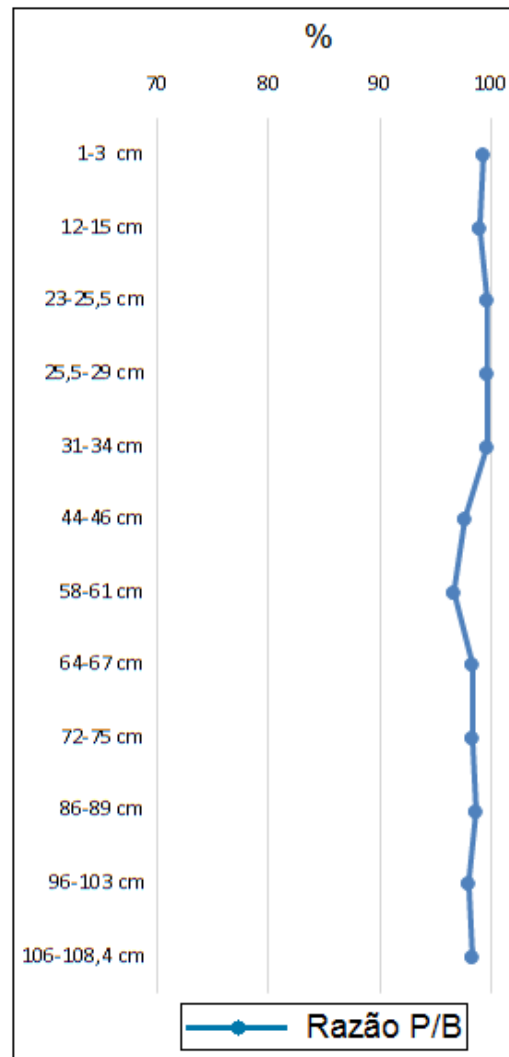
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.33 – Foraminíferos planctônicos e grãos de quartzo do testemunho ANP 1285, vistos em lupa binocular: Fp – Foraminífero plantônico; Qtz - Quartzo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5.34 – Razão planctônicos/bentônicos no testemunho ANP 1285.



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 6 CONCLUSÕES

O testemunho SIS 699 é composto predominantemente por silte, marcando um ambiente de baixa energia com transporte por suspensão. Este sedimento é silicibiolástico, classificado como margamarenosa. É marcado por teores relativamente baixos de carbonato e alta razão C/N, evidenciando o domínio de partículas terrígenas nesta região. A influência dessas partículas é evidenciada pela frequência de grãos de quartzo, caulinita e haloisita, como também pelo aparecimento de grãos bastante alterados. O paleoclima dominante é o tropical úmido, marcado pelo aparecimento de caulinita. A contribuição de partículas pelágicas é marcada por sedimentos biogênicos como foraminíferos planctônicos e bentônicos transportados por suspensão.

O testemunho ANP 1285 é composto por sedimentos biolásticos e biosilicícolas, classificados como lama calcárea e margam calcárea, respectivamente. É marcado pela sedimentação de baixa energia, com grande contribuição de partículas pelágicas como foraminíferos e uma menor influência de grãos terrígenos evidenciados pela presença de quartzo, caulinita, montmorilonita, feldspato potássico e ilita. Foi possível observar a transição do paleoclima árido, marcado pela montmorilonita, para clima tropical úmido, indicado pela caulinita.

Apoiado nas análises pode-se caracterizar os testemunhos como talude continental superior e talude continental inferior de Luís Correia, Piauí.

O talude continental superior do Piauí foi caracterizado a partir do testemunho SIS 699, estando em menor profundidade e em menor distância da linha de costa, marcado pela maior contribuição de sedimentos terrígenos na sua sedimentação.

Já o talude continental inferior do Piauí, descrito com base no testemunho ANP 1285, encontra-se em maior profundidade, bem como a uma maior distância da linha de costa, marcado pelo domínio de partículas pelágicas na sedimentação.



## REFERÊNCIAS

ABREU NETO, J. C. de. **Análise Textural e Geoquímica dos Argilominerais do Talude Continental do Oeste do Ceará.** 2012. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ALVE, E.; MURRAY, J. W. High benthic fertility and taphonomy of foraminífera: a case study of the Skagerrak, North Sea. **Marine Micropaleontology**, Amsterdã, v. 31, p. 157-175, 1997.

ANDREWS, J. E.; GREENAWAY, A. M.; DENNIS, P. F. Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Amsterdã, v. 46, p. 743-756, 1998.

ARAÚJO, M. V. Modelo Batimétrico da Plataforma Continental Interna de Acaraú-Ceará-Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.7682-7689, 2011.

ARAÚJO, T. M. F.; MACHADO, A. J. Eventos bioestratigráficos, paleoclimáticos e paleobatimétricos do talude continental superior da Bahia, evidenciados através do estudo da fauna de foraminíferos. **Gravel**, Porto Alegre, v. 6, p. 27-45, 2008.

ARAÚJO, T. M. F.; MACHADO, A. J. Foraminíferos da subsuperfície do talude continental superior do norte da Bahia, Brasil. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 21, n. 1, p. 49-77, 2008.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, C. G. **Morfologia dos Oceanos.** *In*: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Orgs.). Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, p.31-51, 2004.

BELTRAMI, C. V.; ALVES, L. E. M.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Ceará. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p. 117-125. 1994.

BOERSMA, A. **Foraminifera.** *In*: HAQ, B.U.; BOERSMA, A. (Eds.). Introduction to Marine Micropaleontology. New York: ELSEVIER, p. 19-78, 1983.

BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. **Journal of Paleontology**, Cambridge, v. 65, n. 2, p. 175-185, 1991.

CAMPOS, L. G. **Delineamento do pé do talude em um perfil da margem continental do Ceará através da integração de dados geológicos e geofísicos.** 1992. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1992.

COSTA, M. P.; BELTRAMI, C. V.; ALVES, L. E. M. A evolução tectono-sedimentar e o Habitat do óleo da bacia do Ceará. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 65-74, 1989.

CORLISS, B. H.; FOIS, E. Morphotype analysis of deep-sea benthic Foraminífera from the Northwest Gulf of Mexico. **Palaios**, Tulsa, v. 5, p. 589-605, 1990.

CHAIRMAN, E. N. G **Rock Color Chart.** Colorado: Geological Society of America, 10 p. 1984.

DULEBA, W. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos da Enseada do Flamengo, SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 63-72, 1994.

EMBRAPA. 1997. **Manual de Métodos e Análise de Solo.** 2º edição revista e atualizada. Centro Nacional de Pesquisa de solos, Rio de Janeiro, 212.

FIGUEIREDO JR, A. G.; BREHME, I. Amostragem Geológica na Pesquisa Mineral. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 269-280, 2000.

FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M.; MAIA, L. P.; LIMA, S. F. Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 17., 1997, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1997. p. 209-211.

GAGE, John; TYLER, Paul. **Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor.** Cambridge: Cambridge University, 1991.

GARDNER, W. D. Baltimore Canyon as a modern conduit of sediment to the deep sea. **Deep-Sea Research**, USA, v. 36, n. 3, p. 323-358, 1989.

GRIMSDALE, T. F.; VAN MORKHOVEN, F. P. C. M. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 4., 1955, Rome. **Anais...** Rome, 1955. p. 473-491.

HEDGPETH, Joel. **The treatise on marine ecology and paleoecology**. Washington: Geological Society of America, 1957.

HENDRICKS, S. B.; FRY, W. H. The results of X-ray and microscopical examinations of soil colloids. **Soil Science**, USA, v. 29, n. 6, p. 457-480, 1930.

HU, J.; PENG, P.; JIA, G.; MAI, B.; ZHANG, G. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent shelf, Southern China. **Marine Chemistry**, Amsterdã, v. 98, n. 2, p. 274-285, 2006.

KALLEY, W. P.; DORE, W. H.; BROWN, S. M. The nature of the base exchange material of bentonite, soils and zeolites as revealed by chemical investigations and Xray analysis. **Soil Science**, USA, v. 31, n. 1, p. 25-55, 1931.

KÄMPF, N.; CURI, N. **Argilominerais em solos brasileiros**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ V.; V. H. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-54, 2003.

KENDALL, C.; SILVA, S. R.; KELL, Y. V. J. Carbon and nitrogen compositions of particulate organic matter in four large river systems across the United States. **Hydrological Processes**, v. 15, p. 1301-1346, 2001.

KENNETT, James. **Marine Geology**. New Jersey: Prentice Hall, 1982.

LAMAS, F.; IRIGARAY, C.; OTEO, C.; CHACON, J. Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls. **Engineering Geology**, Amsterdã, v. 81, n. 1, p. 32-41, 2005.

LEÃO, Z. M.A. N.; MACHADO, A. J. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 87-91, 1989.

LIMA, S. F. ANASED: programa de análises, classificação e arquivamento de parâmetros metodológicos. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS QUARTENÁRIOS, 13., 2001, Mariluz-Imbé. **Anais...** Mariluz-Imbé, 2001. p. 458-459.

LIN, J. **Paleoecology, paleoclimate and paleogeography of Quaternary foraminiferal faunas in China.** 1992. Ph.D. Thesis – College of Science Free University of Brussels, Brussels, 1992.

MENDES, Josué Camargo. **Elementos de Estratigrafia.** São Paulo: T. A. Queiroz, 1984.

MENOR, E. A.; MENEZES, P.; SANTOS A.; MORAES A. S. Relações C/N da matéria Orgânica em Pelitos de um Ecossistema Lacustre Insular: Lagoa da Viração, Ilha de Fernando de Noronha, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 18., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2001. p. 210-248.

MEYERS, P. A.; ISHIWATARI, R. Lacustrine organic geochemistry-an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. **Organic Geochemistry**, Amsterdã, v. 20, p. 867-900, 1993.

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

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdã, v. 34, p. 261–289, 2003.

MILLOT, Georges. **Géologie des argiles.** Paris: Masson, 1964.

MORAIS NETO, J. M.; NETO, O. C. P.; LANA, C. C.; ZALÁN, P. V. Bacias sedimentares brasileiras – Bacia do Ceará. **Fundação Paleontológica Phoenix**, Aracaju, v. 57, 2003.

MURRAY, J. W. Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate. **Geological Society**, London, v. 83, p. 245-264, 1995.

MURRAY, W. J; ALVE. E. **Benthic Foraminifera as indicators of environmental change: marginal-marine, shelf and upper-slope environments.** In: HASLETT, K. S. (Eds). Quaternary Environmental Micropalaeontology. New York: Oxford University Press, p. 80-97, 2002.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R. L.; SCHETTINI, C. A. F.; CAMARGO, P. B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 14, n. 3, p. 399-411, 2014.

PANTIN, H. M. The appearance and origin of colours in muddy marine sediments around New Zealand. **Journal of Geology and Geophysics**, New Zealand, v. 12, n. 1, p. 51-66, 1969.

PIANNA, B. **Padrões de distribuição dos foraminíferos planctônicos na subsuperfície do talude continental inferior do Estado da Bahia, Brasil**. 2010. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2010.

PINET, Paul Raul. **Invitation to oceanography**. Boston: Jones & Bartlett Learning, 2006.

SANTOS, Pêrsio de Souza. **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology USA**, v. 24, n. 3, p. 151-158, 1954.

SHEPARD, Francis Parker; DILL, Robert Floyd. **Submarine canyons and other sea valleys**. Chicago: Rand McNally, 1966.

SHERMAN, G. D. **The gênese and morphology of the alumina-rich laterite clays**. In: SHERMAN, G. D. (Eds.). *Problems in clay and laterite genesis*. St Louis: American Institute of Mining and Metalurgical Engineers, p. 154-161, 1952.

SILVA, A. R. V.; FERREIRA H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.3.2, p. 26-35, 2008.

SMART, C. W. **Environmental applications of deep-sea benthic foraminifera**. In: HASLETT, S. K. (Ed.). *Quaternary environment Micropaleontology*. Londres: Arnold Publishers. p. 14-58, 2002.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Editora Blücher, 1973.

SUGUIO, Kenitiro. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, Maria Cristina Motta de; FAIRCHILD, Thomas Rich; TAIOLI, Fabio. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Texto, 2000.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. **Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: O. Textos, p. 261-284, 2000.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, J. A. **Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 210-226, 2009.

USUI, T.; NAGAO, S.; YAMAMOTO, M.; SUZUKI, K.; KUDO, I.; MONTANI, S.; NODA, A.; MINAGAWA, M. Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on the shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C/N ratios. **Marine Chemistry**, Amsterdã, v. 98, p. 241-259, 2006.

VICALVI, M. A.; PALMA, J. J. C. Bioestatigrafia e taxas de acumulação dos sedimentos quaternários do talude e sopé continental entre a foz do rio Gurupi (MA) e Fortaleza (CE). **Boletim Técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 3-11, 1980.

VITAL, H.; SILVEIRA, I. M.; AMARO, V. E. Carta Sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira – Área Guamaré a Macau (NE Brasil), Utilizando Integração de Dados Geológicos e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 233-241, 2005.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.

WENTWORTH, C. K. A escale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, Chicago, v. 30, 1922.

WONGTSCHOWSKI, Carmen Lucia Del Bianco. **Foraminíferos Planctônicos e Bentônicos da Plataforma e Talude Continental do Atlântico Sudoeste, entre 19° - 33° S**. São Paulo: Editora Edusp, 2014.

WU, Z.; HE, M.; LIN, C.; FAN, Y. Distribution and speciation of four heavy metals (Cd, Cr, Mn and Ni) in the surficial sediments from estuary in Daliao river and yingkou bay. **Environmental Earth Sciences**, v. 63, p. 163–175, 2011.

**APÊNDICE A – FOTOGRAFIA DO TESTEMUNHO SIS 699**

**APÊNDICE B – FOTOGRAFIA DO TESTEMUNHO ANP 1285**