



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

**IANA DE MELO FERRO**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO LAJEDO SOLEDADE, BACIA  
POTIGUAR**

**FORTALEZA**

**2018**

IANA DE MELO FERRO

CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO LAJEDO SOLEDADE, BACIA  
POTIGUAR

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia.  
Coorientador: Prof. Dr. Sebastian Gonzalez Chiozza.

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)

---

- F452c Ferro, Iana de Melo.  
Caracterização morfoestrutural do lajedo soledade, bacia Potiguar / Iana de Melo Ferro. – 2018.  
103 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Geologia, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia.  
Coorientação: Prof. Dr. Sebastian Gonzalez Chiozza.
1. Mapeamento. 2. Lajedo Soledade. 3. Carste. I. Título.

CDD 551

---

IANA DE MELO FERRO

CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO LAJEDO SOLEDADE, BACIA  
POTIGUAR

Trabalho de Conclusão de curso apresentado  
ao curso Graduação em Geologia da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do grau de Bacharel em  
Geologia.

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

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Sebastian Gonzalez Chiozza (Co-orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Geógrafo Me. Pedro Edson Face Moura  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Agradeço imensamente a hospitalidade e amor dados por todos esses anos à minha avó Telma, o afago da minha avó Maria. O carinho e dedicação dos meus pais, Emmanuel e Claudia. Os momentos felizes e com quem pude contar com a minha irmã Bianca. A ajuda e o apoio das minhas amigas Yasmin, Elisabethe, Carol e Alexandra. Por todos os momentos que passamos juntos à Jérsica, Isabelle Olegário, Robert, Allan Bernardino, Nathália, Mayara e Luíza. Pela ajuda na realização deste trabalho Gilberto, Ian, Ana Claudia, Mateus e Neil. E pela inspiração ao Gustavo Moser.

## AGRADECIMENTOS

“Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”

**Lavoisier.**

Nada é possível sem o apoio da família e entre eles, os que mais devo meus mais sinceros agradecimentos por todo o suporte são: Meus pais (Emmanuel e Claudia), minha irmã (Bianca), minhas avós (Telma e Maria), meu avô (Genésio *in memoriam*), ao Manolo (*in memoriam*), aos meus tios (Ivo, Marcela, Fabiana, Marcelo, Israelly), aos meus primos (Arthur, Miguel, Vitor, Hugo, Maria Eduarda, Fco Kylber, Kylber, Morganda).

As verdadeiras amizades que não se perdem com o tempo e nem com a falta dele: Yasmin, Elisabethe, Alexandra, Bruna, Sayuri, Ícaro, Karol, Clícia, Bruno, Pedro, Aaron, Sibebe, Rosa Renata, David, Caio, Ricardo, Allan Farias, Thiago Uchoa, Mirna, Amanda Zanotti, Victor Leitão, Herberson.

Às grandes amizades que fiz durante a faculdade, irmãos que a gente escolhe: Jérsica, Allan Bernardino, Robert, Carolinne Nogueira, Isabelle Olegário, Luíza, Nathália, Mayara, Isabelle Bezerra, Saulo Limaverde, Newton Freitas, Sibma, Marina, Catharina, Ana Cláudia, Ramon, Rafaela, Sthéfanie, Sarah Maythe, Vitória Carvalho, Belle, Bruna Correia, Anna Sala, Roanny, Ismayla, Marcel, Herick, Camila, Mateus, Bárbara, Maitthe, Catherine, Isaac Gomes, Isaac, Lúcia, Thiago, Pérsio, Alisson, Érick, Taynara, Jackeline, Natasha, Leandro Maia, Ronaldo, Isabela, Elisa Dorian, Derick.

Aos companheiros de resistência: Chris, Anny, Thiago, Almir, Romichele, Natan, Celina, Sara, Aerson, Marcus Vinicius, Israel, Isaías, Italo, Lucas, Natalia Lacerda.

Aos geólogos que se tornaram meus amigos e inspiração, Gustavo Moser, Helano, Saulo Gomes, Vitoriano Britto, Irabson, Joel.

Ao DNPM (ANM), por todo o aprendizado adquirido nos tempos de estágio, mas especialmente ao apoio de Ricardo Sena, Fernando, Djalma, Benícia, Vanessa, Fernanda, Alexandre, Fabrício, Ana Luíza.

Aos grandes mestres, professores, os quais admiro, Profs. Drs. Wellington, Gabriel Berni, Tereza, César Martinelle (*in memoriam*), César Veríssimo, Rubson, Sebastian, Marcio Mendes, Carolina Cavalcante, Clovis, Satander, Diones, Jefferson, Irani.

Aos colegas do LAGECO, quem sempre me apoiaram e ajudaram como puderam, uma forte consideração e respeito tenho por estes companheiros: Letícia, Henrique, Pedro, Beatriz, Roberto, Thiago, Raianny, Régis, Roberto, Wesley, Hudson, Luiz Ricardo, Lucas, Eliomar, Sabrina, Felipe.

“Primeiramente, Fora Temer!”

“Desistir não é uma opção”

## RESUMO

O presente trabalho objetiva demonstrar uma caracterização morfoestrutural do Lajedo Soledade através de um mapeamento realizado na região. Foram utilizadas técnicas de coleta de dados primários, análises petrográficas, imagens de Vante e de Satélite, além do estudo bibliográfico da área e da regional para melhor explicar tal formação. Seu estudo foi baseado no intemperismo químico do calcário presente formando o “carste”, distribuído em diversas formas de relevo tendo influência da neotectônica presente e caracterizado através de fácies carbonáticas como forma de entender o que de fato ocorreu. A seção mapeada totaliza 49km<sup>2</sup>, entretanto o lajedo pertence de fato a apenas 2km<sup>2</sup>, principal zona de rocha carbonática exposta, localizado em um distrito de Apodi, chamado Soledade, na parte setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, pertencente à Bacia Potiguar, mais precisamente, a Formação Jandaíra.

**Palavras-chave:** Mapeamento. Lajedo Soledade. Carste.

## ABSTRACT

The main objective of this work is to show the morphostructural description of Lajedo Soledade throughout the mapping of the site. It was used primary data gathering techniques, Petrographic analysis, Vante and Satellite imagery, in addition with the bibliographic analysis of the area and of the region, to better explain the formation. Its analysis was based on the chemical weathering of the local limestone originating the “karst”, distributed in various forms of landing with local neotectonic influence and characterized by limestone layers as a way to understand what indeed happened. The mapped site has a 49km<sup>2</sup>, although the Lajedo has only 2km<sup>2</sup>, main exposed limestone area, located in an Apodi district, known as Soledade, in the northern section of the State of Rio Grande do Norte, in the Potiguar Basin, more precisely, in the Jandaira Formation.

**Keywords:** Mapping. Lajedo Soledade. Karst.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo	18
Figura 2 -	Caminho percorrido até Apodi	20
Figura 3 -	Mapa de localização e acesso	21
Figura 4 -	Mapa de localização e altitudes	22
Figura 5 -	Registro estratigráfico ao longo do tempo geológico do qual se apresentou em formação as Supersequências Rifte, Pós-Rifte e Drifte	26
Figura 6 -	Separação das placas Sul-americana/África por Mescle, Lohmann e Clift, 1997	27
Figura 7 -	Arcabouço do Rifte Potiguar	28
Figura 8 -	Sistema deposicional flúvio-lacustre-deltaico da Formação Pendência	29
Figura 9 -	Carta cronoestratigráfica com foco na Formação Pendência	30
Figura 10 -	Sistema deposicional Formação Pescada	31
Figura 11 -	Carta cronoestratigráfica com foco na Formação Pescada	31
Figura 12 -	Depósito da Formação Alagamar sob a Formação Pendência	33
Figura 13 -	Formação Açú depositada acima das formações anteriores registrando a fase de supersequência drifte	35
Figura 14 -	Sistema deposicional da Formação Açú	35
Figura 15 -	Idade Cretáceo em milhões de anos	37
Figura 16 -	Seção esquemática típica de A/A' mostrando a sequência estratigráfica da Formação Jandaíra sobre as anteriores e arcabouço tectônico da Bacia Potiguar	38
Figura 17 -	Classificação de rochas carbonáticas	39
Figura 18 -	Esquema ilustrativo da formação da calcita	43
Figura 19 -	Lajedo Soledade	45
Figura 20 -	Mosaico gerado pelo Vante Phantom 4	47
Figura 21 -	Diagrama de roseta dos lineamentos traçados no mosaico do Lajedo Soledade	48
Figura 22 -	Dissolução da rocha carbonática deixando os lapiás em caneluras	49
Figura 23 -	Precipitação de FeO	49
Figura 24 -	Formação de calcita	50
Figura 25 -	Geodos de calcita	50
Figura 26 -	Formação de dolomitas	51

Figura 27 -	Dissolução em rocha carbonática (presente no Ponto 5)	52
Figura 28 -	Fendas de dissolução formando bifurcação (presente no Ponto 5)	53
Figura 29 -	Fraturas presentes no meio das lapiás de direção NW-SE e NE-SW (Ponto 6)	54
Figura 30 -	Leito de de rio seco formando o cânion e com bioturbação em suas paredes (Ponto 10)	55
Figura 31 -	Pinturas rupestres sob a rocha	56
Figura 32 -	Foraminíferos sobre uma matriz micrítica	56
Figura 33 -	Decomposição da matéria viva formando a matriz pseudo-micrítica	57
Figura 34 -	Precipitado de FeO	57
Figura 35 -	Laterita cimentando cristais de quartzo (Ponto 12)	58
Figura 36 -	Microlineamentos dentro dos grãos presentes na amostra (Ponto 12)	58
Figura 37 -	Bioclastos sobre matriz micrítica (Ponto 13)	59
Figura 38 -	Laterização (Ponto 13)	59
Figura 39 -	Minerais de quartzo sem os microlineamentos (Ponto13)	60
Figura 40 -	Camada de sedimento rosa	60
Figura 41 -	Oncólito entre os demais foraminíferos sobre uma matriz pseudo-micrítica fina	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) -SIRGAS 2000 da poligonal de estudo.....	19
Tabela 2 – Sequencia e evolução estratigráfica.....	34
Tabela 3 – Classificação de rochas carbonáticas.....	40
Tabela 4 – Fácies Carbonáticas.....	41

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVO.....	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO.....	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1	Etapa inicial.....	23
4.2	Etapa de campo.....	23
4.3	Etapa pós-campo.....	23
4.3.1	<i>Descrição de Lâminas Delgadas</i> .....	23
4.3.2	<i>MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura)</i> .....	23
4.3.3	<i>Dados Estruturais</i> .....	24
5	GEOLOGIA REGIONAL.....	25
5.1	Bacia Potiguar.....	25
5.1.1	<i>Supersequência Rifte</i> .....	26
5.1.2	<i>Supersequência Pós-Rifte</i> .....	32
5.1.3	<i>Supersequência Drifte</i> .....	33
5.2	Formação Jandaíra.....	35
5.2.1	<i>Idade</i> .....	36
5.2.2	<i>Distribuição e Espessura</i> .....	37
5.2.3	<i>Litologia</i> .....	37
5.2.4	<i>Fáceis Carbonáticas</i> .....	39
5.2.5	<i>Geomorfologia Cárstica</i> .....	42
5.2.6	<i>Lajedo Soledade</i> .....	44
6	RESULTADOS.....	47
6.1	Aspectos Estruturais.....	47
6.2	Aspectos Geomorfológicos e Litológicos.....	48
6.2.1	<i>Campo de Lapiás</i> .....	48
6.2.2	<i>Leito de Rio Seco</i> .....	54
7	CONCLUSÃO.....	62
	REFERENCIAS.....	64

<b>ANEXO A - DADOS AZIMUTAIS DE LINEAMENTOS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO B - COORDENADAS E ALTITUDES.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO C - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 1.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO D - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 10.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO E - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 13.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO F - MAPA DE PONTOS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO G - MAPA MORFOESTRUTURAL.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Lajedo de Soledade, situado no município do Apodi, na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte, corresponde à maior exposição de rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, Cretáceo da Bacia Potiguar (BAGNOLI, 1994). Teve seu território encoberto por um mar raso há aproximadamente 93,9 milhões de anos e, ao recuar, deixou uma vasta camada de rochas carbonáticas, no qual foi erodindo e dissolvendo-se com o passar do tempo geológico através do contato com a água proveniente de chuvas e solo, sofrendo com esses processos químicos e físicos até chegar ao sistema cárstico fomentado que se encontra nos dias de hoje. Nele formam relevos, como lajedos, lapiás, leitos de rio seco, cavernas, que segundo Ford e Williams (2007), compõem o que denominamos de “carste”, traduzida do original servo-croata “kras”, que significa terreno rochoso, desnudo, característico de uma região situada no nordeste da Itália e no noroeste da Eslovênia.

Em sua localidade, foram encontrados pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, animais pré-históricos, como a preguiça gigante (*Eremotherium laurillardii*) por Lund (1842), urso (*Arctotherium* sp) por Burmeister (1879), cão gigante (*Protocyon troglodites*) por Lund (CARTELLE; LANGGUTH, 1999), tigres dente de sabre (*Smilodon populator*) por Lund (1842), dentro outros, que viviam no Nordeste no período Glacial, além de painéis de pinturas rupestres preservadas e encontradas no leito de um rio seco, o que o torna um dos mais importantes sítios arqueológicos e paleontológicos do país. Além disso, está dentro do complexo regional de produção petrolífera da PETROBRAS, que determinou limites de preservação do Lajedo e, juntamente com moradores da região, criaram a Fundação Amigos do Lajedo Soledade (FALS) onde, além de arrecadar movimentação financeira para a pequena cidade de Soledade, serve de estudo para os mais diversos cientistas e estudiosos.

Sua importância histórica e econômica foi deveras estudada e publicada em diversos artigos, inclusive internacionais (SIGEP, Revista Brasileira de Paleontologia, Revista de Arqueologia Brasileira, Zootaxa, etc.), foi tema de inúmeras reportagens de TV e documentário de 30 minutos na BBC de Londres. No entanto, estudos de cunho geológico, geomorfológico e estrutural ainda carecem de pesquisa. Este trabalho traz uma reflexão da consequência morfológica através de estruturas geotectônicas e a influência da litologia presente gerando um mapa morfoestrutural como forma de contribuir para os estudos dessa importante região para o país e com o objetivo de concluir o pré-requisito na obtenção do diploma de Bacharel em Geologia.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

- Caracterização morfológica e estrutural do Lajedo Soledade.

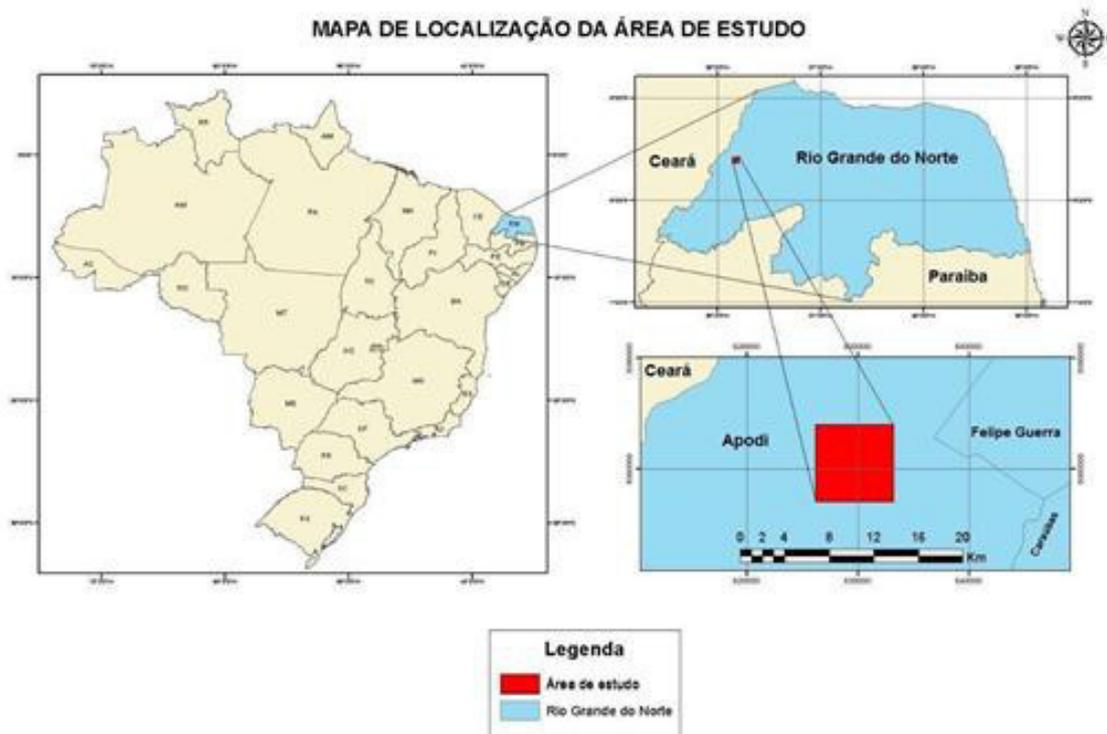
### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterização petrográfica;
- Mapeamento de 49km<sup>2</sup>, com foco no lajedo.

### 3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO

A área de estudo localiza-se em Soledade, distrito de Apodi, a Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. O mapeamento foi realizado em uma poligonal de 49 km<sup>2</sup> (7 m x 7 m) (coordenadas na Tabela 1), com o Lajedo Soledade dentro de suas limitações (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: da autora

Tabela 1 - Coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) - SIRGAS 2000 da poligonal de estudo.

<b>Vértices</b>		
<b>UTM</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	626200	9384000
2	633200	9384000
3	626200	9377000
4	633200	9377000

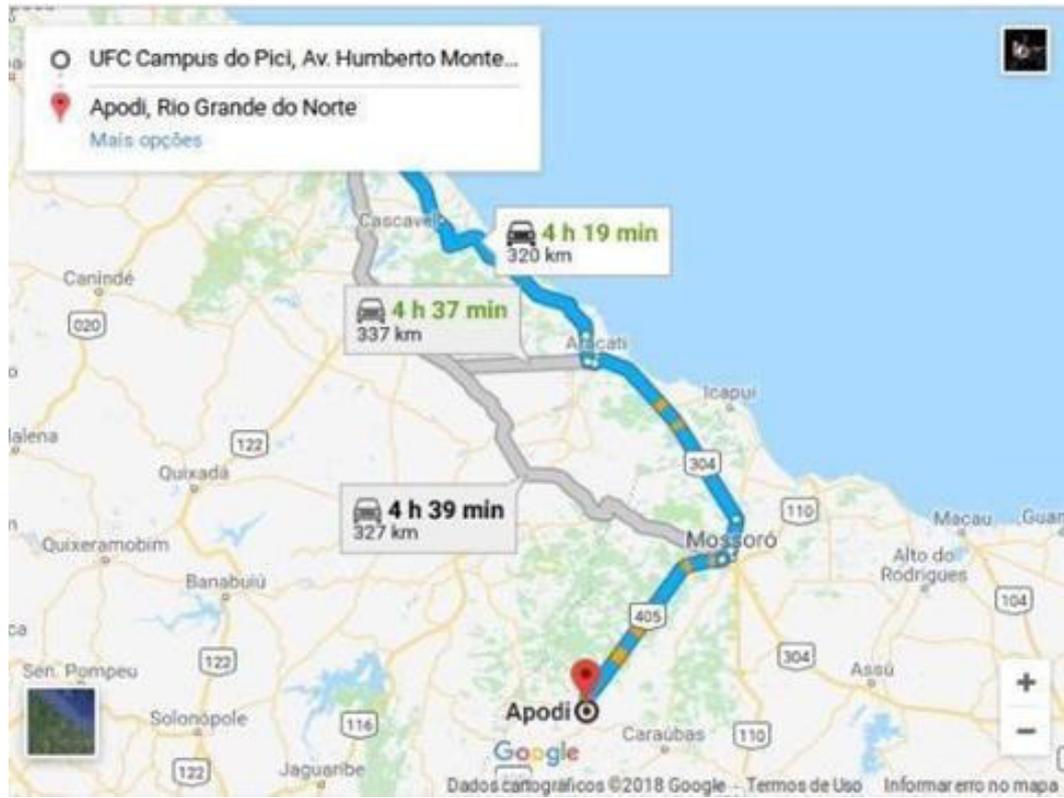
Fonte: da autora

Para chegar em Apodi de Fortaleza, percorre-se a BR-116 seguindo pelo litoral, passando por Aquiraz, Cascavel, até chegar na CE-040, e depois a BR-304 e a BR-405 (Figura 2) até a Av. Mal. Floriano Peixoto. Distância que dura 4 horas de viagem. Estrada em ótimas condições, duas mãos em boa parte da viagem, apenas com um pequeno trecho de terra, responsável por uma boa parte do atraso da viagem.

De Apodi ao Lajedo, bastava voltar pela BR-405 por 11,3 km, o que dá em torno de 21 minutos. O mesmo fica dentro da cidadezinha de Soledade, próximo a um museu local. O percurso dentro do Lajedo é à pé, pois não existe entrada para carros.

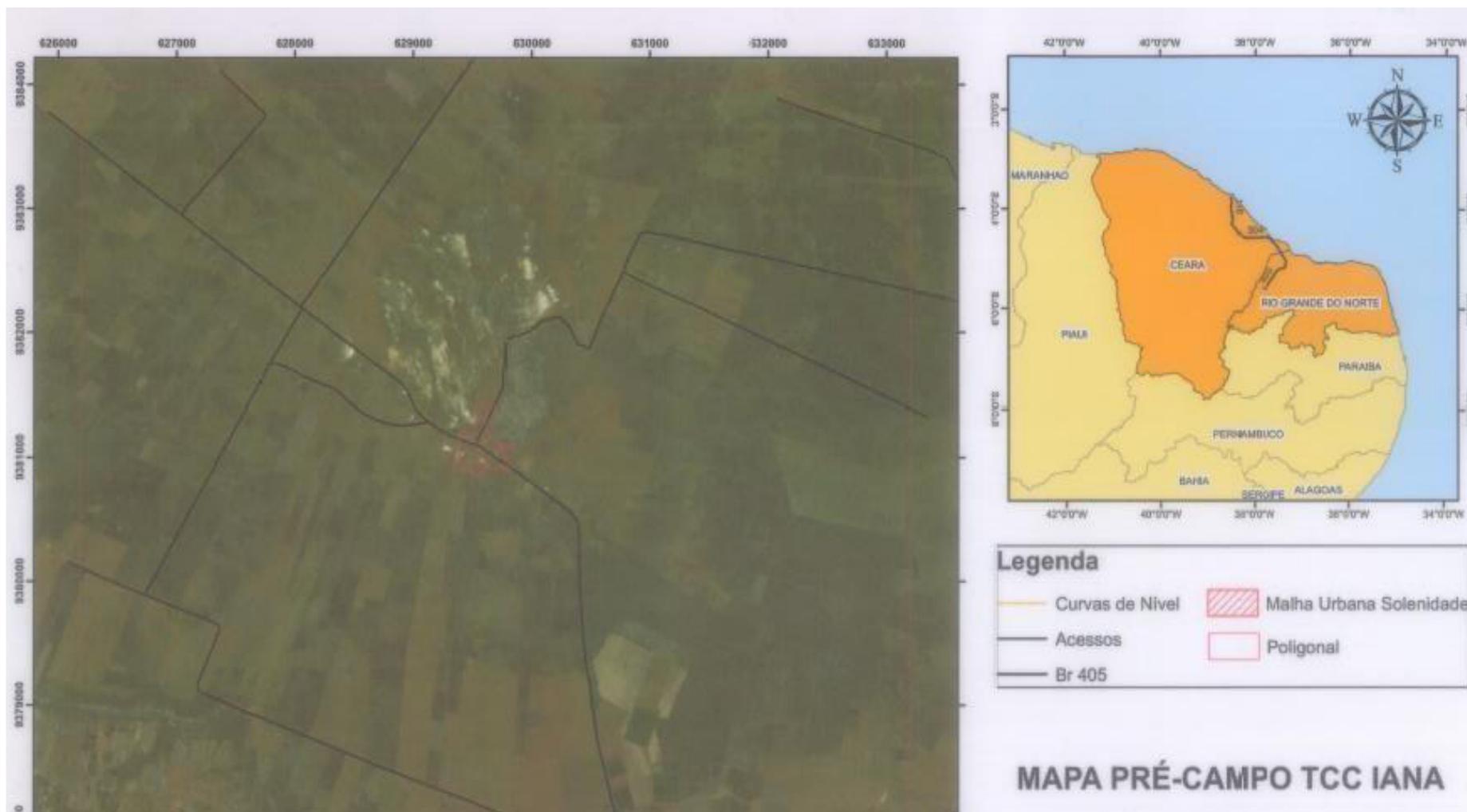
O trajeto realizado para o mapeamento foi feito utilizando dois mapas de localização, um com foco nas coordenadas e estradas (Figura 3) e outro com foco na altitude (Figura 4).

Figura 2 - Caminho percorrido até Apodi



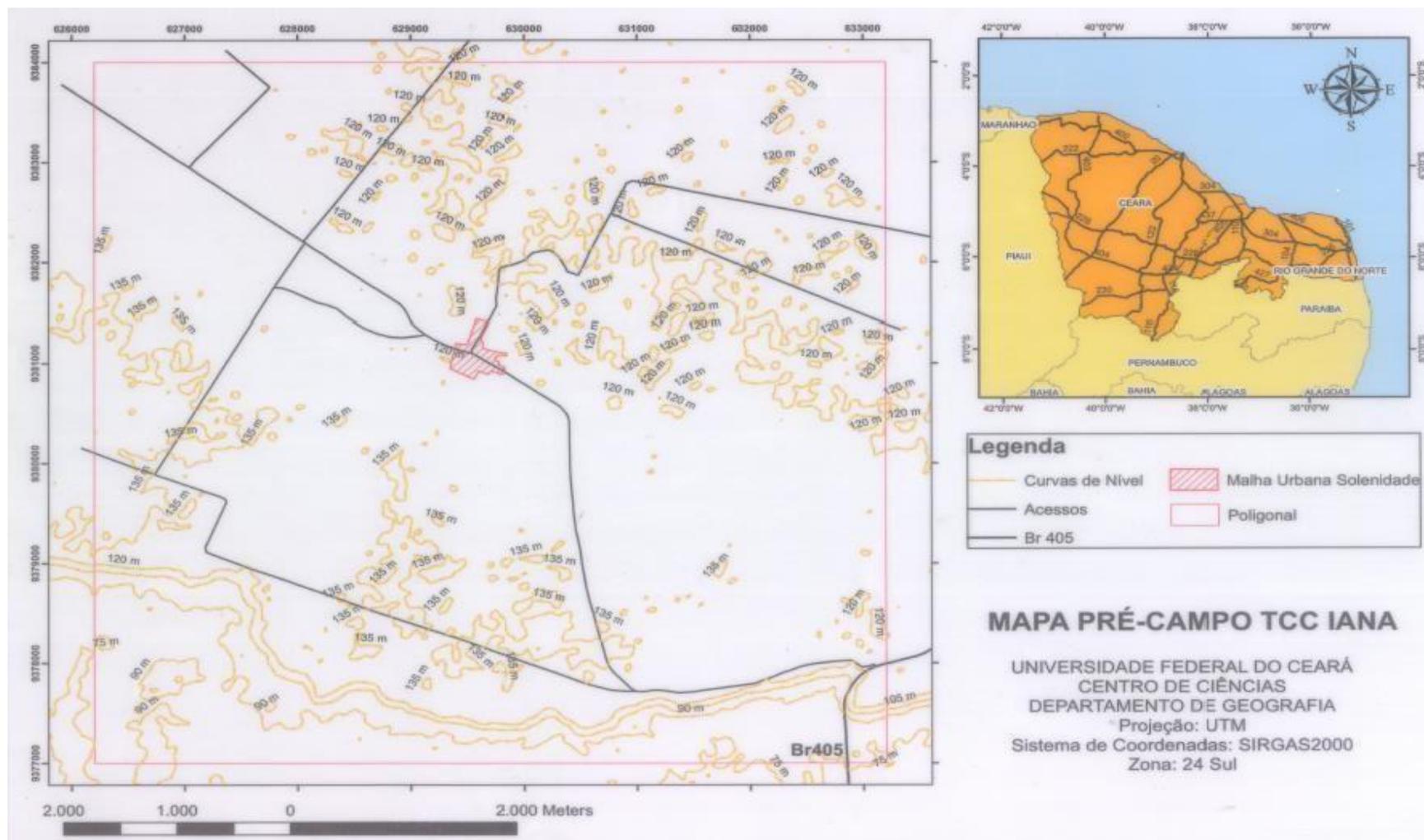
Fonte: Waze (2018)

Figura 3- Mapa de localização e acesso



Fonte: da autora

Figura 4 – Mapa de localização e altitudes



Fonte: da autora

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Etapa inicial**

O primeiro passo do trabalho consistiu em estudar bibliografias relacionadas à regional geológica da área, adquirindo conhecimento teórico visando auxiliar o entendimento na etapa seguinte de campo. Confeccionou-se também nessa etapa o mapa de localização e acesso para que se pudesse chegar à área destino.

### **4.2 Etapa de campo**

Buscou-se a preparação para o campo levando os seguintes materiais: Mapa de acesso e localização, martelo geológico, bússola estilo Brúnton, GPS, canivete, ácido HCL (10%), caderneta de campo, cartão escala para foto, água para verificar o mergulho da camada, saquinhos para coletar amostra, caneta piloto, papel adesivo para identificação das amostras, além de água e alimento, pois o local é inacessível à entrada de carro. As fotografias foram feitas pelo celular. O procedimento realizou-se com a tomada de atitudes de feições estruturais, a análise de afloramento e coleta de amostras.

Mapeou-se uma área totalizada de 49 km<sup>2</sup>, pré-requisito do curso para o Trabalho de Conclusão de Curso, mas a área se mostra aflorante em apenas 2 km<sup>2</sup>.

### **4.3 Etapa pós-campo**

#### ***4.3.1 Descrição de Lâminas Delgadas***

A análise de lâminas ainda é umas das melhores maneiras de buscar informações de determinada litologia, como sua origem, ocorrências, possíveis mudanças a fim de entender mais sobre a região estudada. Por isso, coletou-se um total de 12 amostras, na qual 9 foram confeccionadas para lâminas delgadas e analisadas em um microscópio do tipo petrográfico.

#### ***4.3.2 MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura)***

As outras três amostras, por serem muito pequenas, foram encaminhadas ao MEV

(Microscópio Eletrônico de Varredura). Ele serve para analisar fragmentos acima de 2000 vezes, que é limite de um microscópio petrográfico, permitindo o acesso a informações químicas mais detalhadas e a morfologia na qual se encontrava a amostra. Ele trabalha com a troca de fótons, utilizados nos microscópios usuais, por feixes de elétrons, trazendo resultados mais precisos e rapidamente.

#### ***4.3.3 Dados Estruturais***

Foi utilizado no trabalho um Drone Phantom 4 para gerar imagens georreferenciadas que subsidiassem uma boa análise estrutural. Essas imagens foram processadas em um software de fotogrametria chamado Photo Scan, gerando um mosaico ortoretilizados, com topografia do terreno, modelos digitais de superfície e terreno, para que se pudesse estudar as direções de lineamento. Ao fazer tal estudo, foi possível entender como que se comporta a geomorfologia da região, tendo sua evolução explicada por um completo estudo guiado pela tecnologia.

Os lineamentos foram traçados utilizando-se o programa QGis (*Quantum Gis*) de versão 2.18.16 “Las Palmas” (EPSG: 4326 WGS 84) no sistema operacional Linux Ubuntu.

Além disso, foi utilizado um programa online chamado Visible Geology (<https://app.visiblegeology.com/stereonetApp.html>) para que pudesse produzir um diagrama de roseta com os valores azimutais extraídos do mosaico.

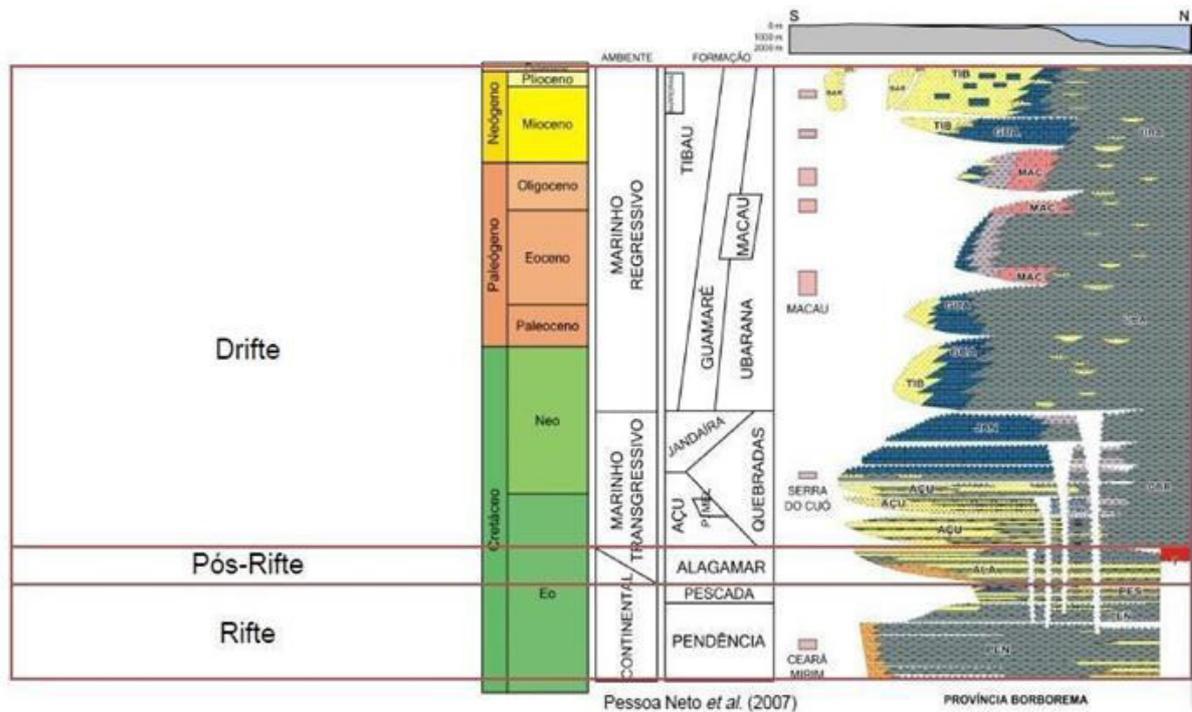
## 5 GEOLOGIA REGIONAL

### 5.1 Bacia Potiguar

Segundo Neves (1987), a Bacia Potiguar é uma bacia sedimentar do tipo rifte em sua parte emersa e *pull-apart* em sua parte submersa e está ligada a uma série de bacias intracontinentais que compõem o Sistema de Riftes do Nordeste Brasileiro (MATOS, 1992). Localiza-se em boa parte no estado do Rio Grande do Norte, adentrando em menor cobertura no estado do Ceará. Ao redor da bacia, em seus limites, encontra-se cercado pelo embasamento cristalino, com exceção de norte a leste, no qual, segundo a Folha Mossoró, faz limite com o Oceano Atlântico até a cota batimétrica de -200m. Formou-se no Eocretáceo durante a separação das placas Sul-americana/Africana e está ligado à abertura do Oceano Atlântico. Sua área é de 48.000km<sup>2</sup>, aflorando quase 50% do total de corpos rochosos existentes (PESSOA NETO *et al.*, 2007). As teorias para sua formação foram divididas e propostas por diferentes pontos de vista.

A primeira proposta sugeriu uma atribuição de sua origem à uma rotação diferencial dextral entre a América do Sul e a África, gerando na Província Borborema um regime de esforços com distensão N-S e compressão E-W. Tais tensões propiciaram o desenvolvimento de diversas bacias rifte, sob regime transtensional, como é o caso do Rifte Potiguar (FRANÇOLIM; SZATMARI, 1987). A segunda proposta e mais utilizada, feita por Teixeira (1991), Matos (1992) e reafirmada por Cremonini *et al.* (1996), associa a sua formação às fases pré-rifte (sin-rifte I), rifte I (sin-rifte II) e rifte II (sin-rifte III). Os registros estratigráficos, representados estratigraficamente na Figura 5, são denominados Supersequência Rifte, Supersequência PósRifte e Supersequência Drifte (PESSOA NETO *et al.*, 2007).

Figura 5 – Registro estratigráfico ao longo do tempo geológico do qual se apresentou em formação as Supersequências Rifte, Pós-Rifte e Drifte



Fonte: Pessoa Neto *et al.* (2007)

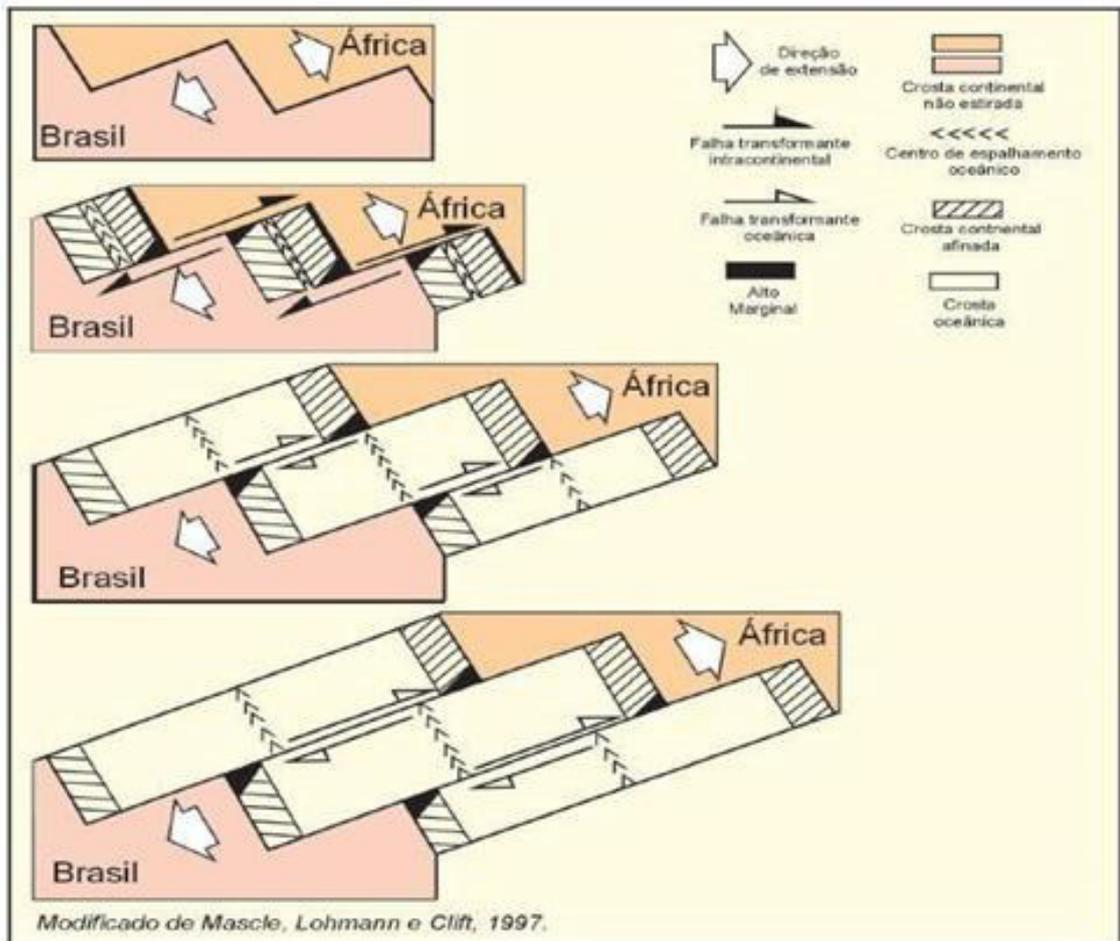
### 5.1.1 Supersequência Rifte

Essa fase vai do Berrisaiano ao Aptiano Inferior e corresponde ao preenchimento da bacia durante as fases Rifte I e Rifte II.

A Fase Rifte I ocorreu durante a abertura das placas Sulamericana/Africana (Figura 6) no Eocretáceo através de esforços distensivos causado por plumas mantélicas que teve seu primeiro pulso tectônico no Titoniano através de sua reativação no Neocomiano (ALMEIDA *et al.*, 2000). Mas foi apenas entre o Neoberriasiano/Eobarremiano que houve a reativação das zonas de fraqueza pré-existentes no local de direção NW-SE (MATOS; 1992, 1999), causando a ruptura das rochas, dando início ao embasamento cristalino, conhecido como Província Borborema (BRITO NEVES *et al.*, 2000) e a formação do rifte potiguar, de direção NE-SW (Figura 7), com o surgimento da Bacia Potiguar, assim como diversas outras bacias do tipo rifte, com altas taxas de subsidência mecânica, formando meio grabbens assimétricos e horsts do embasamento, chamados de altos internos e limitados por falhas com mais de 5.000m de rejeitos, preferencialmente normais e com flexuras na borda oposta (NEVES; MARIANO, 1999; BRITO NEVES *et al.*, 2000; ARAUJO *et al.*, 2013). A Bacia Potiguar herdou esse domínio de esforços distensivo na direção NNW-SSE e entre esses

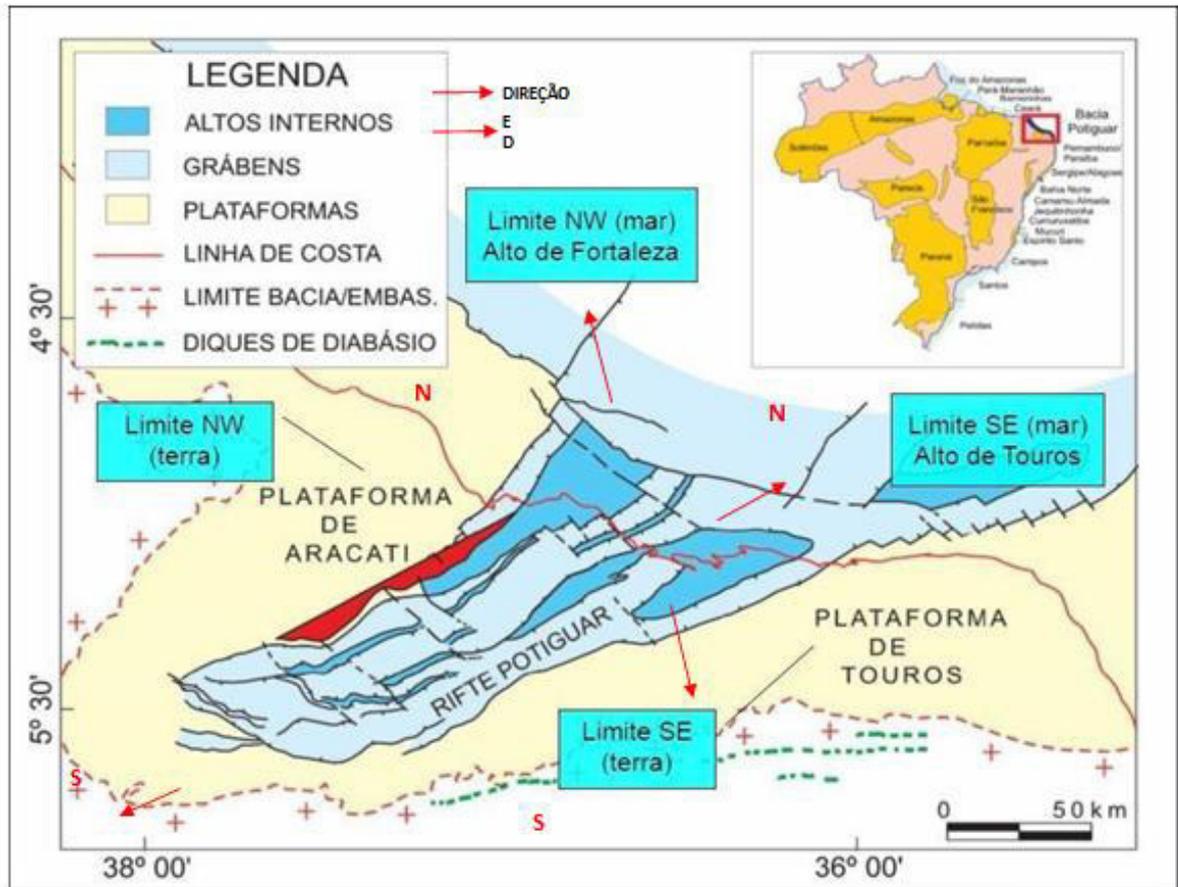
grabbens assimétricos, está o Grabben Apodi, paralelo ao rifte potiguar (CREMONINI *et al.*, 1996). Entre 120 e 150 M.a., inúmeros diques de corpos de microgabros (diabásios) E-W que adentraram as fraturas, hoje se apresentam com extensão N-S e fazem parte do magmatismo Rio CearáMirim (BRASIL, 1998).

Figura 6 – Separação das placas Sul-americana/África por Mesole, Lohmann e Clift, 1997.



Fonte: Mesole, Lohmann e Clift (1997)

Figura 7 - Arcabouço do Rifte Potiguar



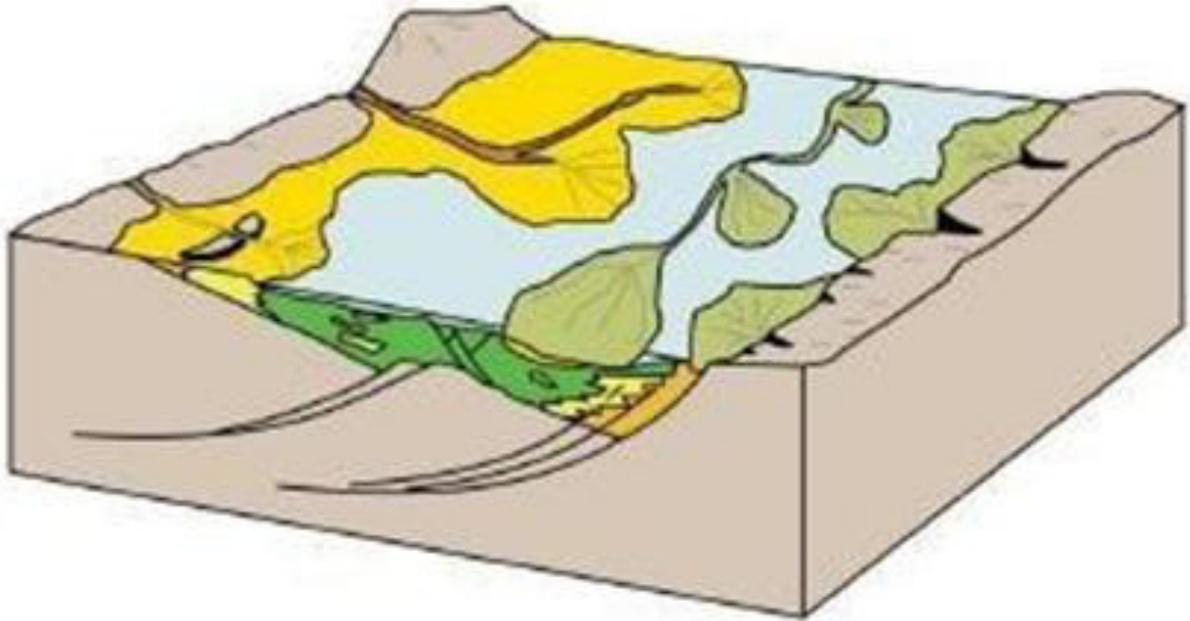
Fonte: adaptado de Cremonini *et al.* (1996).

A Fase Rifte II vai do Neobarremiano ao Aptiano Inferior e o principal marco deste é a mudança no eixo cinemático do rifte em sua fase de estiramento na margem leste (CHANG *et al.*, 1988), causada pela implantação do regime transcorrente/transformante ao longo da fratura da margem equatorial, iniciando a sua deformação e a reativação das falhas de transferência na parte submersa do rifte ao mesmo tempo que causa o levantamento e erosão na parte exposta, formando grabbens NW e ao sul do rifte (MATOS, 1992, 1999). Durante essa fase, no que diz respeito ao Barremiano Superior, houve uma mudança na direção de estiramento do rifte de NNW-SSE para quase E-W, com dominância de movimentos transtensionais e dextrais, gerando uma mudança no transporte tectônico (MATOS, 1999) que vai até o Eo-Aptiano.

Segundo a Bertani *et al.* (1990), a Formação Pendência e a Formação Pescada, são formadas por depósitos lacustres com fluxos gravitacionais, flúvio-deltaicos e fandeltaicos progradantes (Berriasiano/Eoaptiano) e pertencentes ao Grupo Areia Branca, no qual sobrepõe o embasamento cristalino de forma discordante. Fazem parte da Formação Pendência arenitos

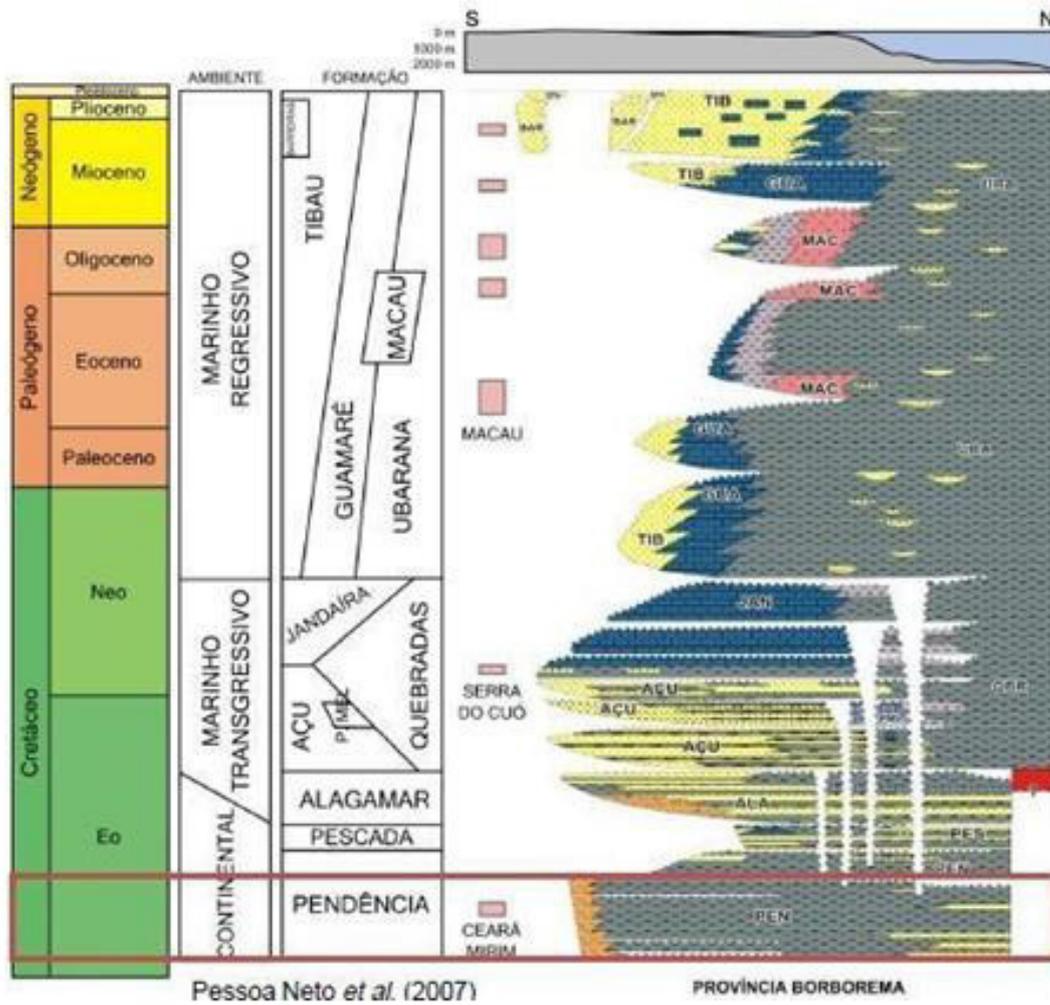
grossos e pelitos desses sistemas flúvio-deltaicos-lacustrinos e os leques aluviais, sistemas fluviais e bancos carbonáticos restritos ao sistema continental da Formação Pescada, os esquemas representativos se encontram nas Figuras 8, 9, 10 e 11.

Figura 8 - Sistema deposicional flúvio-lacustre-deltaico da Formação Pendência



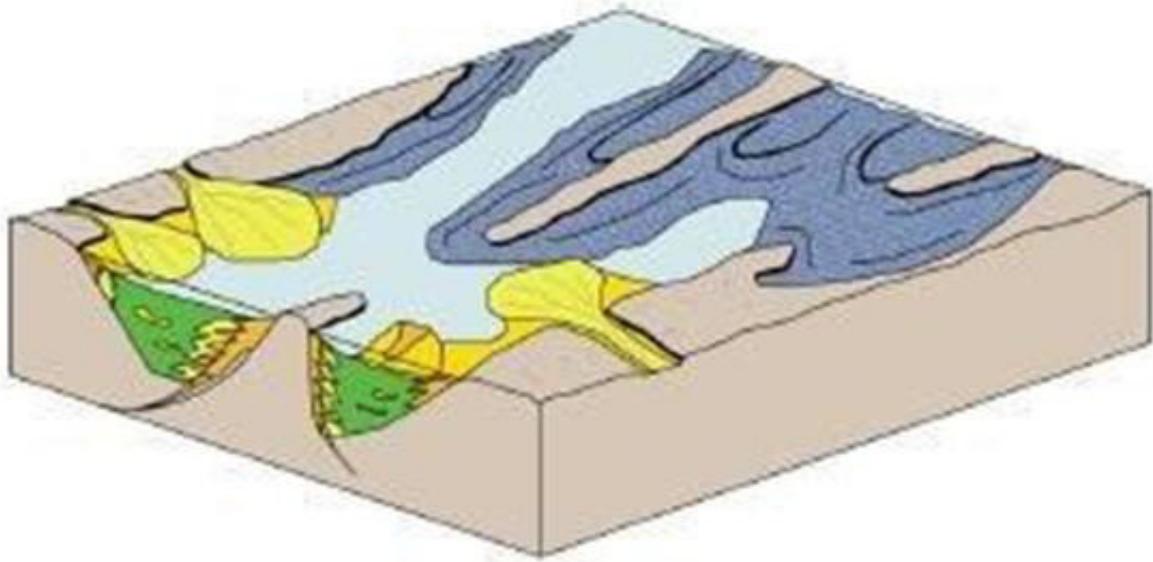
Fonte: Bertani *et al.* (1990).

Figura 9 – Carta cronoestratigráfica com foco na Formação Pendência



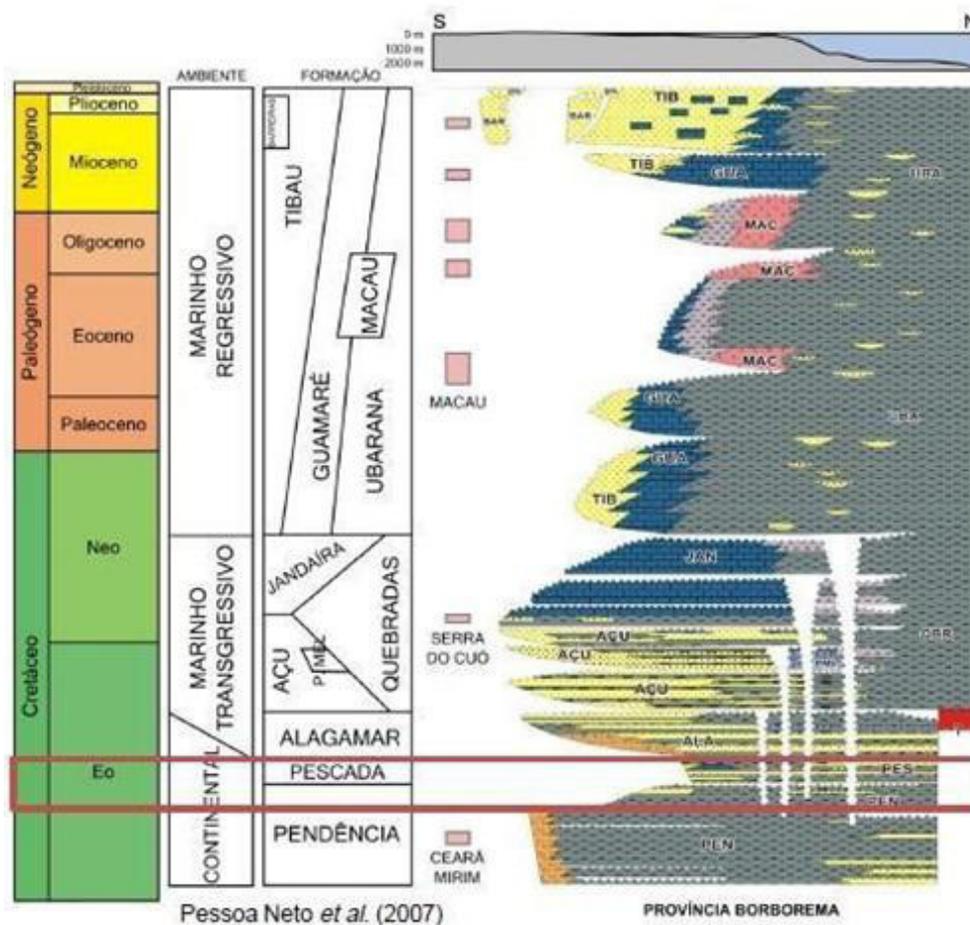
Fonte: Pessoa Neto *et al.* (2007).

Figura 10 - Sistema deposicional Formação Pescada



Fonte: Bertani *et al.* (1990)

Figura 11 – Carta cronoestratigráfica com foco na Formação Pescada



Fonte: Pessoa Neto *et al.* (2007)

### 5.1.2 Supersequência Pós-Rifte

Essa supersequência, também conhecida como Megassequência Transicional, começou a ser depositada a partir do Aptiano por depósitos fandeltáicos lacustres e leques aluviais na parte inferior do rifte, como afirmou Pessoa Neto *et al.* (2007), sucedidos de evaporitos que estão presentes em todas as bacias da margem leste e em seu topo, sistemas flúvio-lacustres sob forte discordância angular, esses sistemas são, no geral, transgressivos e são sotopostos por folhelhos pretos transicionais do Membro Galinhos e calcilitos ostracoidais denominados de Camadas Ponta do Tubarão (CPT) por Pessoa Neto *et al.* (2007).

Acredita-se que as rochas formadas nessa idade possuem os primeiros registros de ingressão marinha no continente, interpretados a partir de dados geoquímicos e bioestratigráficos, no qual se encontram dinoflangelados entre os depósitos de ambiente lagunar durante o clima árido e registrados como sendo depósitos fluviodeltaicos da Formação Alagamar, ainda do Grupo Areia Branca (Pessoa *et al.*, 2007), sobre as sequências anteriores (Figura 12). O regime tectônico no qual foi depositado toda essa sequência é majoritariamente de subsidência termal, que sucede a fase de subsidência mecânica da fase formadora do rifte potiguar. Após o estiramento e afinamento da crosta e litosfera, a litosfera esfria lentamente sob uma astenosfera mais quente, adquirindo mais volume, aumentando a sua densidade.

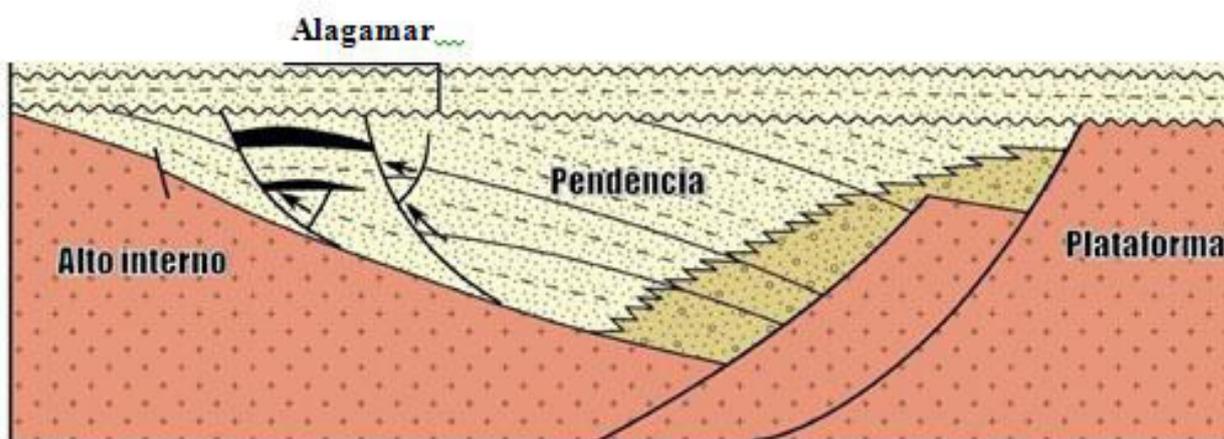
Essa fase de pós-rifteamento, herdou uma base topográfica relativamente plana e possui uma certa estaticidade em termos tectônicos, entretanto, possui em alguns grabbens porções conglomeráticos de leques aluviais e fandeltáicos associados com sedimentação fluvial de granulometria grossa com forte controle tectônico, sugerindo que as falhas da fase rifte continuam ativas nesta fase. Essa fase termina no Albiano, com depósitos de ambiente marinho raso e com regime tectônico dominado ainda por subsidência termal e pela deriva continental (PESSOA NETO *et al.*, 2007).

Os sistemas de falhas SFAB (Sistemas de Falhas Antônio Bezerra), foram alvo de estudo dos mais diversos autores, como Dantas (1998), Dantas (2004), Melo (2005) e Legrand *et al.* (2008), que afirmam ser um dos mais importantes desta fase da bacia e compreendem a direção NW-SE, subparalelas e transversais à mesma, aflorando quase que continuamente de um extremo a outro, na sua parte *onshore*.

Segundo a interpretação de Oliveira *et al.* (1993), essa falha apresenta-se com deformação em regime frágil e instalada sobre uma descontinuidade pré-cambriana reativada durante o período Cretáceo-Terciário de forma transpressiva, com rejeito direcional dextral e

reverso que, segundo Matos (1992), seriam falhas de transferência atuando durante a fase rifte. Cremonini *et al.* (1996), caracterizam esse padrão de falhamento de direções NW-SE e NE-SW, na parte submersa da bacia, como sendo produto da superposição das fases de rifteamento. As estruturas NW-SE, foi interpretado por Hackspacher *et al.* (1985) como sendo produto de reativações pós-campanianas. Cremonini e Karner (1995), afirmaram que um soerguimento termal regional, associado à deposição da Supersequência Drifte, teria provocado a reativação de falhamentos importantes, como de Afonso Bezerra. Essas reativações de estruturas do pré-cambriano estão representados pelos sistemas de falhas Afonso Bezerra, como sendo transcorrente dextral, e de Carnaubais, como transcorrente sinistral (JARDIM DE SÁ *et al.*, 1999).

Figura 12 - Depósito da Formação Alagamar sob a Formação Pendência



Fonte: adaptado de Bertani *et al.*, 1990).

### 5.1.3 Supersequência Drifte

Essa supersequência é marcada por um período de transgressão marinha e sua fase regressiva, trazendo consigo peculiaridades sedimentares registradas no Grupo Apodi e integrando o Grupo Agulhas.

A primeira fase de Transgressão Marinha traz consigo uma sequência siliciclástica (Formação Açu) e uma sequência carbonática (Formação Jandaíra) de sedimentos que encobrem as sequências anteriores, registradas na Tabela 02, além das formações Ponta do Mel e Ubarana (membro Quebradas). Esse avanço do mar no continente iniciou-se no Turoniano, nas proximidades da Chapada do Apodi, que vai do vale do rio Açu a oeste até seus limites ocidentais, já chegando no Ceará e ausente à leste de Macau. Foi considerada a maior transgressão marinha dos últimos 250 milhões de anos (HUBER *et al.*, 1995).

Tabela 2 – Sequencia e evolução estratigráfica

FASES TECTÔNICAS		LITOESTRATIGRAFIA	LITOLOGIA	AMBIENTE	IDADE INTERNACIONAL	ANDARES LOCAIS	MEGASSEQUÊNCIA DEPOSICIONAL
Porcic & Arvy (1990)	Graini et al. (1998)						
DRIFTE	DERIVA OU DRIFTE	Fm. Jandaíra		Marinho Plataformar	Campâniano Cenozoico		M A R I N H A
		Fm. Açú Fm. Quebradas		Litoral	Turoniano  Albiano		
TRANSICIONAL	TRANSICIONAL EVAPORÍTICA	Fm. Alagamar		marinho raso (topo) / lacustre	Aptiano	Alagoas	TRANSICIONAL
FASE RIFTE	SIN-RIFTE III	Fm. Pendência		lacustre (raso)  deltaico fluvial	Barremiano	Jiquiã / Buracica	C O N T I N E N T A L
	SIN-RIFTE II	Fm. Pendência		lacustre (prof) / fluvial deltaico	Hauteriviano / Berriasiano	Aratu / Rio da Serra	
PRÉ-RIFTE	SIN-RIFTE I			Lacustre	? Jurássico Superior	Dom João	

Fonte: Cassab (2003).

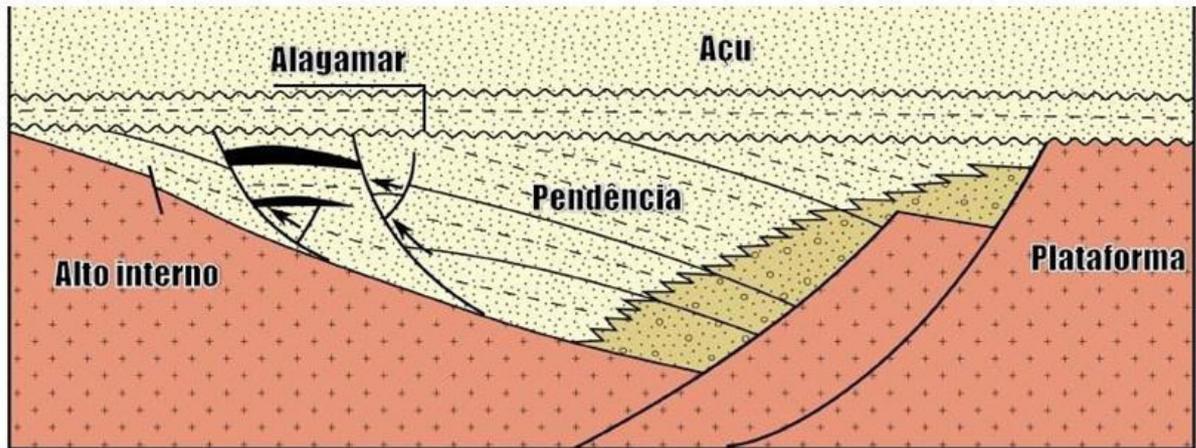
A fase de Regressão Marinha faz com que o mar recue sob o continente e recubra a sequência flúvio-marinha da fase de transgressão com uma fase carbonática desenvolvido em condições salinas normais e favorecerem a evolução de calcários bioclastos e bioconstruídos sob extensas plataformas rasas. Esses depósitos de retaguarda dos bancos calcários estão relacionados ao sistema flúvio-estaurino da Bacia Potiguar. A fase de sedimentação é representada pelas Formações Tibau, Guamaré e Ubarana (ROCHA *et al.*, 2007).

O regime tectônico dominante ainda é o de subsidência termal de ambiente isostático com geração de falhamentos normais ao longo dos lineamentos anteriores existentes. Está associado a um ambiente tectônico de deriva continental no qual se encontra em contínua evolução até os dias de hoje.

A Formação Açú (Figura 13) antecede a Formação Jandaíra e apresenta fácies siliciclásticas, com conglomerados, arenitos e pelitos que, correlacionados caracterizam um sistema fluvial entrelaçado, assim como siliciclásticas e híbridas que promovem a formação de um complexo estuarino dominado por marés (COSTA *et al.*, 2014), representados na seção

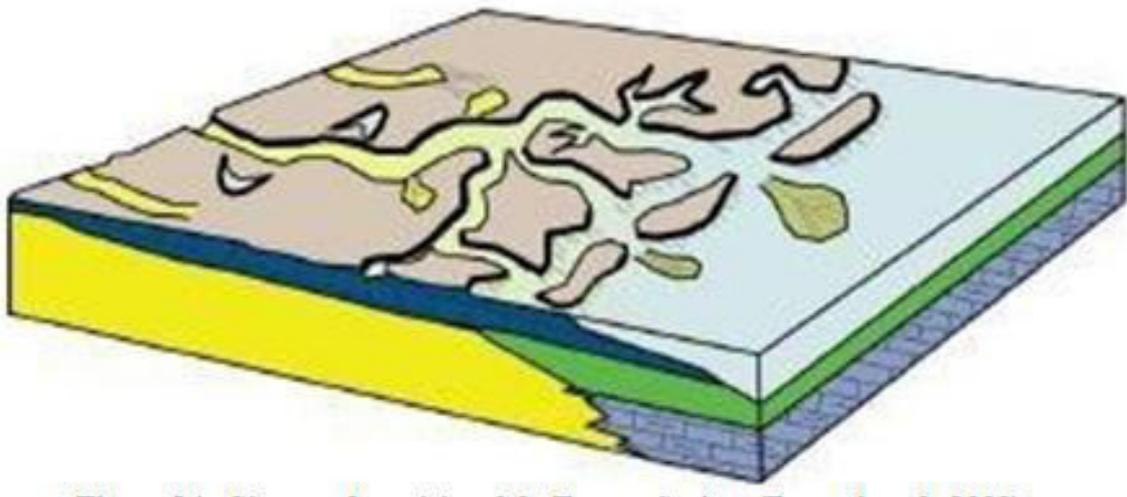
esquemática da Figura 14.

Figura 13 - Formação Açú depositada acima das formações anteriores registrando a fase de supersequência drifte



Fonte: adaptado de Bertani *et al.* (1990)

Figura 14 – Sistema deposicional da Formação Açú



Fonte: Bergani *et al.* (1990)

## 5.2 Formação Jandaíra

À essa Formação atribui-se uma sequência de sedimentação carbonática advinda da transgressão marinha da fase drifte, caracterizando a litologia presente: Carbonatos marinhos de águas rasas e agitadas. Tanto em superfície quanto em subsuperfície.

As condições climáticas foram ficando cada vez mais quentes e uniformes devido às ações vulcânicas ao longo da Cadeia Meso Oceânica (LARSON, 1991) e nas grandes províncias ígneas, culminando em aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, favorecendo o degelo e

ocasionando o evento de transgressão e a deposição de uma nova sequência estratigráfica.

### **5.2.1 Idade**

A base para a determinação das idades foram os macrofósseis datados pelos autores Maury (1925, 1934), Kegel (1957) e Beurlen (1961, 1964, 1967) e os microfósseis por Sampaio e Schaller (1968). Mais tarde, veio a compreensão e estudo dos autores Tibana e Terra (1981), Souza (1982) e Cassab (2003).

Maury (1925, 1934a) - Datou os fósseis do Turoniano.

Kegel (1957) - Dividiu a Formação Jandaíra em três partes:

- Inferior: Turoniano-Coniaciano;
- Média: Santoniano-Campaniano;
- Superior: Maastrichtiano.

Beurlen (1961a, 1964a, 1967) - Subdividiu a Formação Jandaíra em:

- Parte inferior: Formação Sebastianópolis (Turoniana);
- Parte superior: Formação Jandaíra (Campaniano-Maastrichtiano).

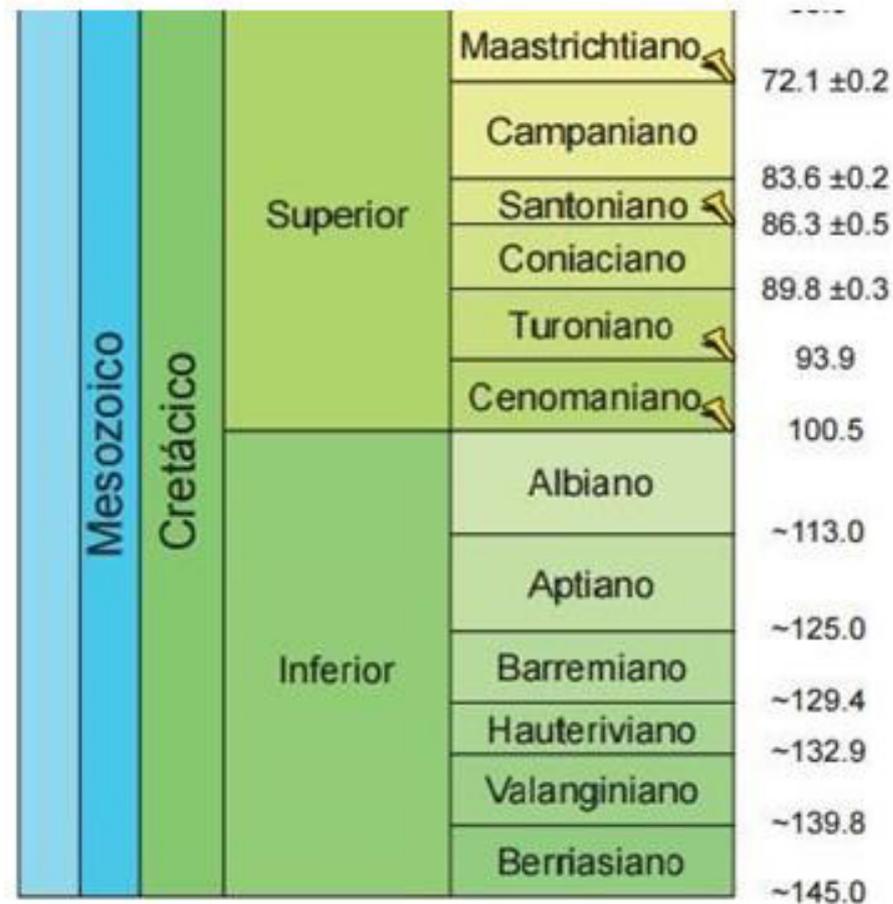
Sampaio & Schaller (1968) - Dataram os microfósseis da Formação Jandaíra nos sedimentos emersos de idade que vai do Turoniano ao Santoniano, devido a ocorrência associada aos foraminíferos e ostracodos.

Tibana & Terra (1981) - Dataram a sequência carbonática compreendendo a Formação Jandaíra do Turoniano ao Maastrichtiano.

Souza (1982) - Considerou como mais provável o intervalo Turoniano-Campaniano Inferior, em virtude do Maastrichtiano pertencer a uma sequência sismoestratigráfica superior em relação àquela concernente a Formação Jandaíra.

Cassab (2003) - Datou os sedimentos da parte aflorante da Formação Jandaíra como sendo depositados durante o intervalo Turoniano Inferior ao Campaniano Superior e é a usada neste trabalho.

Figura 15 – Idade Cretáceo em milhões de anos



Fonte: International Commisision on Stratigraphy

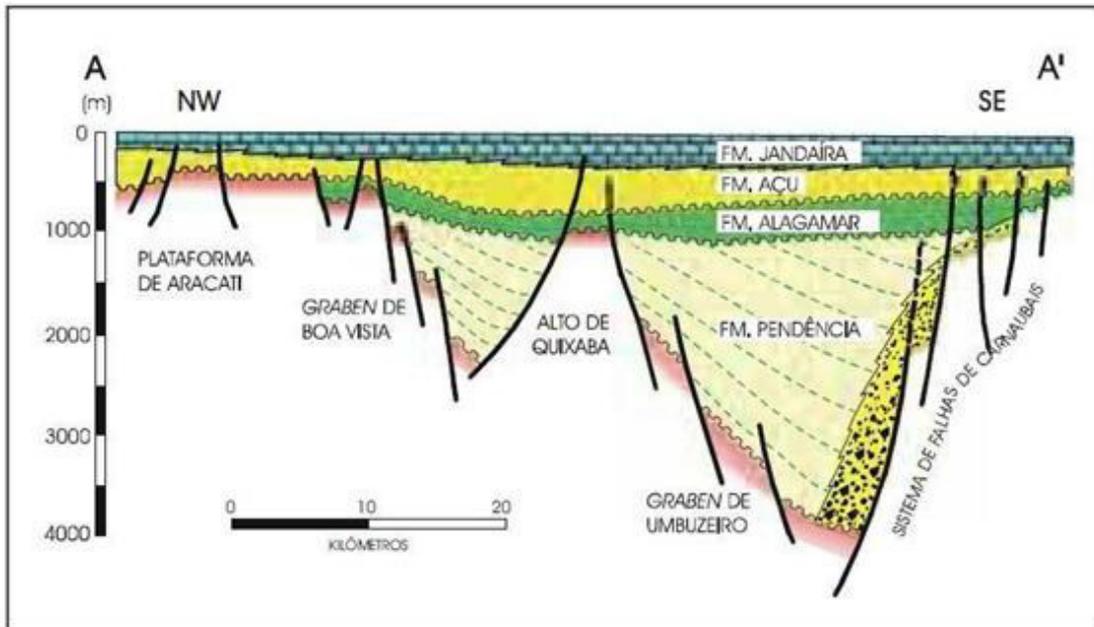
### 5.2.2 Distribuição e Espessura

Pessoa *et al.* (2007), afirma que sua extensão superficial de afloramento que vai de leste a oeste por quase toda a Chapada do Apodi, com exceção da zona litorânea. Sua maior espessura é de mais ou menos 600 m, deixando suas laterais sob a casa das dezenas de metros, passando a zero em direção às águas profundas, por consequência da erosão ou condensamento.

### 5.2.3 Litologia

Predominância de calcários marinhos por toda Formação Jandaíra (Figura 16). Os afloramento calcarenitos ficam pertencentes ao contato entre as Formações Jandaíra e Açú. E os arenitos pertencem a Formação Açú, de granulação média a grossa, com intercalações de argilitos no sentido do topo. Ambas as formações estão reunidas no Grupo Apodi (ANGELIM *et al.*, 2006).

Figura 16 – Seção esquemática típica de A/A' mostrando a sequência estratigráfica da Formação Jandaíra sobre as anteriores e arcabouço tectônico da Bacia Potiguar



Fonte: Matos (1987).

Segundo Sampaio; Schaller (1968), pode-se organizar a litologia da seguinte maneira:

Área entre o limite oeste da Formação Jandaíra até o rio Açú - Predominam calcários creme-claros, textura detrítica, variando de calcarenítica a oolítica, tanto em afloramento quanto em poço. Ocorrem também calcários microcristalinos, por vezes nodulosos ou coquinoideais, com bancosossilíferos, podendo apresentar intercalações de folhelhos pretos e carbonosos.

- Área leste do rio Açú - Foram encontrados carbonatos cinzentos, argilosos, calcíferos, contendo abundantes fragmentos de conchas de moluscos. ]
- Parte central da Bacia Potiguar - Encontrou-se uma fácies dolomítica observada nos calcários que afloram entre o rio Açú e um pouco além da margem central do rio Amargoso. Essa mesma fácies ocorre abaixo dos sedimentos cenozóicos, na região próxima a cidade de Macau.

Já Beurlen (1967), faz a divisão da seguinte maneira:

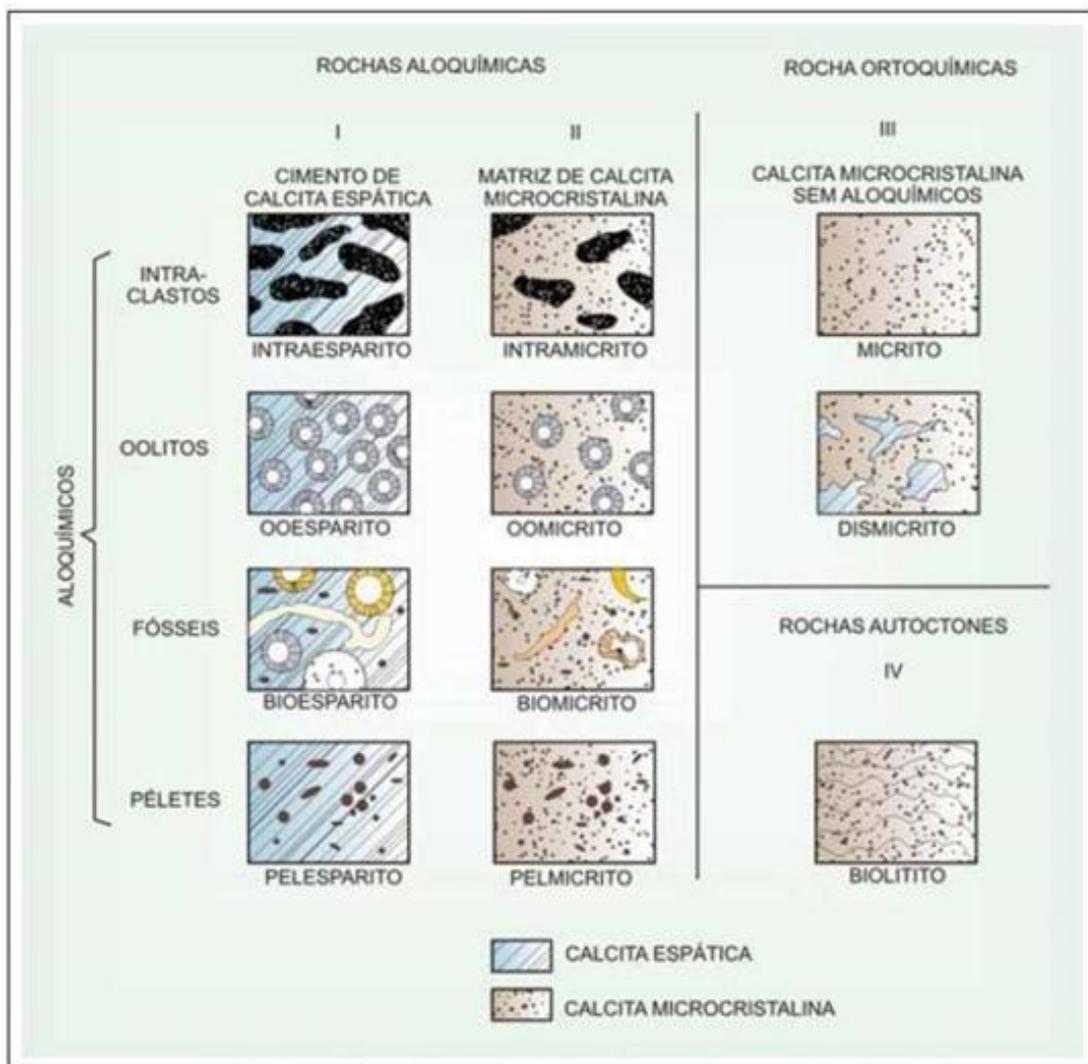
- Norte da cidade de Upanema, logo após a cuesta que limita a Chapada do Apodi - A ocorrência de calcários que variam de branco a amarelos e até acinzentados, com foraminíferos miliolídeos, especialmente quinqueloculina, intercalado com calcários

compactados, extremamente recristalizados e espessos. Não há uma estratigrafia distinta, apresentando-se em alguns locais como lajeada ou nodulosa. Tratam-se de calcários detríticos, onde a presença dos milionídeos indicam águas quentes de pouca profundidade. A presença de calcário oolítico é correspondente a uma fácies de águas mais agitadas, no entanto, este tipo é de rara formação.

### 5.2.4 Fácies Carbonáticas

Segundo Folk (1959), as fácies carbonáticas são classificadas de acordo com os constituintes, em sua maioria aloquímicos, por grãos do arcabouço, e também ortoquímicos, como matriz e cimento (Figura 17).

Figura 17 – Classificação de rochas carbonáticas



Fonte: Terra *et al.* (2010) adaptado de Folk (1962)

Além do sistema deposicional e litológico, pode ocorrer de a classificação se dá

através de microfósseis presentes no sistema, a classificação para tal se encontra na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação de rochas carbonáticas

CALCÁRIOS ALÓCTONES					CALCÁRIOS AUTÓCTONES				
Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição (<10% grão >2 mm)				Textura deposicional não-reconhecível	Componentes originais não-ligados organicamente durante a deposição		Componentes originais ligados organicamente durante a deposição		
Contém Matriz (Partículas tamanho argila/silte fino)			Sem matriz, grão-suportado		>10% grãos >2 mm		Organismos que atuam como obstáculos	Organismos que encrustam e ligam	Organismos que constroem um arcabouço rígido
Suportado por matriz		O arcabouço é grão-suportado com matriz			Suportado pela matriz	Suportado por componentes maiores que 2 mm			
Menos de 10% de grãos	Mais de 10% de grãos								
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Crystalline	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone

Fonte: Terra *et al.* (2010) adaptado de Folk (1962)

Esses bioclastos são vistos pela ciência como bioindicadores de ambiente, paleoambiente, ocorrência de mudanças climáticas e paleoclimáticas, profundidade, nível de agitação quando em ambiente marinho, se ocorreu com alta ou baixa energia o processo de transgressão marinha, através de como se apresentam no ambiente ou por meio de lâminas (macro ou microscopicamente), por tanto, foram estudados e subdivididos na Tabela 04 essas características investigativas.

Os foraminíferos são organismos unicelulares caracterizados por possuírem uma rede de pseudópodos filamentosos e uma carapaça chamada de testa, na qual se aloja em um citoplasma provido de um ou mais núcleos e, quando é fossilizado, é essa “testa” que sofre com a recristalização e é preservada (LOEBLICH; TAPPAN, 1978; ROCHA, 1972). São bioindicadores de ambientes aquáticos, mais frequentemente de ambiente marinho e podem ser encontrados nas mais variadas latitudes.

Tabela 04 – Fácies Carbonáticas

FACIOLOGIA GERAL	FORMAS DEPOSIÇIONAIS E ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES	MICROFÁCIES (PETROGRAFIA)	ALTURA (EM RELAÇÃO AO NÍVEL MÉDIO DA MARÉ)	ORGANISMOS FOSSEIS MAIS COMUNS	ESTRUTURAS SEDIMENTARES
1. Plataforma evaporítica (limite supra/intermarés superior)	Planícies de <i>subtidal</i> ; lagos ( <i>ponds</i> ) salinos; domos de anidrita; crostas de gipsita.	Micrito laminado (stromatolítico) ou não; recristalização espínica precoce anidritica e/ou dolomítica; substituição precoce por quartzo; alóbioquímicos eventuais, restritos a pelotilhas ( <i>pellets</i> ) e grãos revestidos ( <i>coated grains</i> ) rústicos; fósseis muito raros.	>> 0 m (submersão rara)	Cianobactérias tipo tapete (LLH); animais euhalinos (fauna especializada).	Tapete; laminação enterolítica (gerada em anidrita); moldes de cristais salinos; gretas planares e em arco; pisólitos vadosos; caliches e calcrites.
2. Plataforma de circulação restrita (intermarés superior)	Planícies de maré ( <i>tidal flats</i> ) com canais, diques marginais e <i>ponds</i> .	Micrito laminado fenestral-peloidal, micrito oncolítico (em fíccies de canal); alóbioquímicos pouco abundantes; <i>pellets</i> , fósseis, grãos revestidos, cocóides e esferulitos.	≥ 0 m (submersão intermitente)	Cianobactérias tipo tapete horizontal (LLH); moluscos de casca fina; ostracóides; foraminíferos bentônicos.	Laminação macrobiológica (cristalada) plano-paralela ou macroondulada; moldes de raízes; gretas de contração; laminações heterolíticas do tipo <i>wavy</i> e <i>irregular</i> .
3. Plataforma lagunar (inframarés a intermarés inferior)	Areias de deltas, barras e canais de maré; lamas de <i>ponds</i> lagunares; virtual aporte terrígeno local.	<i>Wackestone</i> bioclástico (carapaças inteiras); micrito com grãos revestidos ou <i>graptolites</i> cocóides; <i>pelapito</i> ; <i>graptolite</i> a foraminíferos e <i>dauculáceas</i> .	0 a -80 m (predomínio de submersão)	Foraminíferos bentônicos; gastrópodes; bivalves; equinodermas; cianobactérias tipo colunar (SH); algas verdes <i>dauculáceas</i> ; calcíferas grandes, maciças.	Esteras macrobiológicas colunares; estratificações cruzadas e plano-paralelas (nos <i>graptolites</i> ); laminações heterolíticas tipo <i>flaser</i> e <i>wavy</i> ; gretas raras, geralmente retilineadas.
4. Plataforma retrabalhada (parte-recife, back-reef ou internal reef debris zone)	Ilhas e ilhas-barreiras; praia e face litorânea; desembocaduras lagunares ( <i>inlets</i> ) e deltas de maré vazante.	<i>Graptolite</i> oolítico, oncolítico ou coquínico (carapaças quebradas ou desgastadas); baixa diversidade de fósseis na lâmina.	> 0 a -5 m	Foraminíferos bentônicos; gastrópodes; bivalves; equinodermas; algas vermelhas e verdes; cianobactérias cocóides (SS); fragmentos de corais.	Estratificações cruzadas e marcas onduladas de onda e de corrente; estratificação plano-paralela; macroondulações.
4.1. Eoliarite (pós-praia)	Dunas eólicas costeiras.	<i>Graptolite</i> , principalmente bioclástico (carapaças quebradas ou desgastadas).	> 0 m	Os mesmos da fácies 4, mais restos de raízes e bioturbações de animais continentais.	Laminação rítmica de agulha ( <i>pin stripe</i> ); lentes de fluxo granular ( <i>grain flow</i> ); sets métricos de cruzadas de alto ângulo; paleossolos com rizocoqueções.
5. Plataforma biocostruída (bioerma, recife ou barrier-reef)	Edifícios de corais hermatípicos e algas calcárias.	<i>Boundstone</i> (com ou sem lama com detritos infiltrados); lentes de <i>graptolite</i> , <i>packstone</i> e <i>wackestone</i> ; grãos revestidos.	-0 a -10 m	Corais; algas vermelhas; bivalves perforantes; foraminíferos bentônicos incrustantes.	Estruturas orgânicas ramificadas; edifícios com formas convexas, intercaladas com lentes de lamito, rudito ou arenito.
6. Talude frontal de recife (fore-reef, fore-slope ou external reef debris zone)	Talhas com blocos intraclásticos ( <i>metaraps</i> ); material escorregado ( <i>slump deposits</i> ); tempestitos em barras costa afora; fluxos de detritos; turbiditos proximais.	Brechas intra-bioclásticas; <i>rudstones</i> , <i>floatstones</i> e <i>packstones</i> coral-algáceas.	-10 a -50 m	Corais; algas, principalmente vermelhas e coralíferas; foraminíferos bentônicos.	Brechas intraformacionais, convoluções, deformações atecônicas recumbentes; estrutura de escape de fluidos; lentes de calcissilto com estratificação cruzada <i>hummocky</i> ou <i>sunitey</i> .
7. Plataforma profunda (fore-reef/transicional ou distal)	Lamitos pelágicos; turbiditos e tempestitos (barras de costa afora) distais; <i>hard-ground</i> .	<i>Wackestone</i> bioclástico; micrito com grãos revestidos; glauconita e fósfito.	> -50 m	Foraminíferos planctônicos e bentônicos (tipicamente misturados); calcíferas grandes, maciças e pequenas, ocas (ver fácies 5); corais e algas vermelhas.	Aspecto maciço; laminação rítmica; lentes delgadas de calcissilto com estruturas <i>flaser</i> , <i>wavy</i> e <i>irregular</i> em sua periferia.
8. Bacia profunda (basin ou off-reef)	Lamitos pelágicos; turbiditos distais rítmicos (tipo <i>flysch</i> ); <i>hard-ground</i> .	<i>Mudstone</i> bioclástico; micrito pelágico; folhelhos silicosos radiolaríticos e espongiolíticos; glauconita e fósfito (* Fácies carbonático-fósfitica, até 2000 a 3000 m de profundidade; fácies silicosas, a mais de 1000 m).	> -50 m (vide *, à esquerda)	Foraminíferos planctônicos; calcíferas ocas, pequenas (calpionelídeos, tintinídeos e dinoflagelados em geral).	Aspecto maciço; laminação rítmica; aglomerados nodulares, inclusive poliméricos; lentes de silteito ou folhelho silicoso.

Fonte: Rodrigues (2012) adaptado de Logan *et al.* (1969) e Wilson (1975).

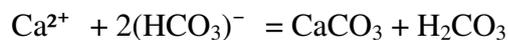
Phleger (1960), Boltovskoy (1965) e Vilela (2000), determinaram os organismos bentônicos como sendo um tipo de foraminíferos que vivem em zonas intersticial a abissal, podendo ser fixos ao substrato ou móveis. Podem se distribuir entre os sedimentos, dentro e sobre os mesmos. Podem viver em zona costeira ou zonas mais profundas. As que vivem em zonas mais rasas (entremarés e infralitoral) se limitam às profundidades de subsuperfícies por serem mais dependentes da luz. Segundo Araripe; Feijó (1994), a Formação Jandaíra tem histórico de ocorrência de foraminíferos bentônicos, algas verdes, presença de marcas de raízes e gretas de ressecção, que são indicadores de ambiente de planície de maré, ao mesmo

tempo que em alguns locais predominem plataforma rasa.

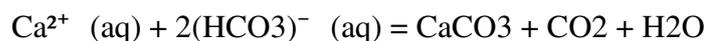
### 5.2.5 Geomorfologia Cárstica

Segundo Drew (1985), a geomorfologia cárstica diz respeito às rochas as quais tomam formas específicas através da dissolução sofrida, tanto de água meteórica, que penetra na formação (carste epigênico), quanto pela ação de fluidos subterrâneos ascendentes (carste hipogênico). Essa água (H<sub>2</sub>O) dissolve o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), formando o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Esse ácido escorre pela rocha calcária (CaCO<sub>3</sub>) pouco solúvel através das fraturas existentes em sua localidade e vai modificando o relevo resultando em bicarbonato de cálcio (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) muito solúvel que se dissolve e é transportado pela água. Isso se dá através do Princípio de *Le Chatelier*.

- Princípio de Le Chatelier - É quando uma perturbação externa atinge um equilíbrio, deslocando-se no sentido de consumir essa perturbação, retornando a seu equilíbrio químico.



OU



#### Calcita

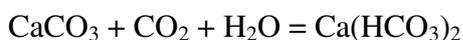
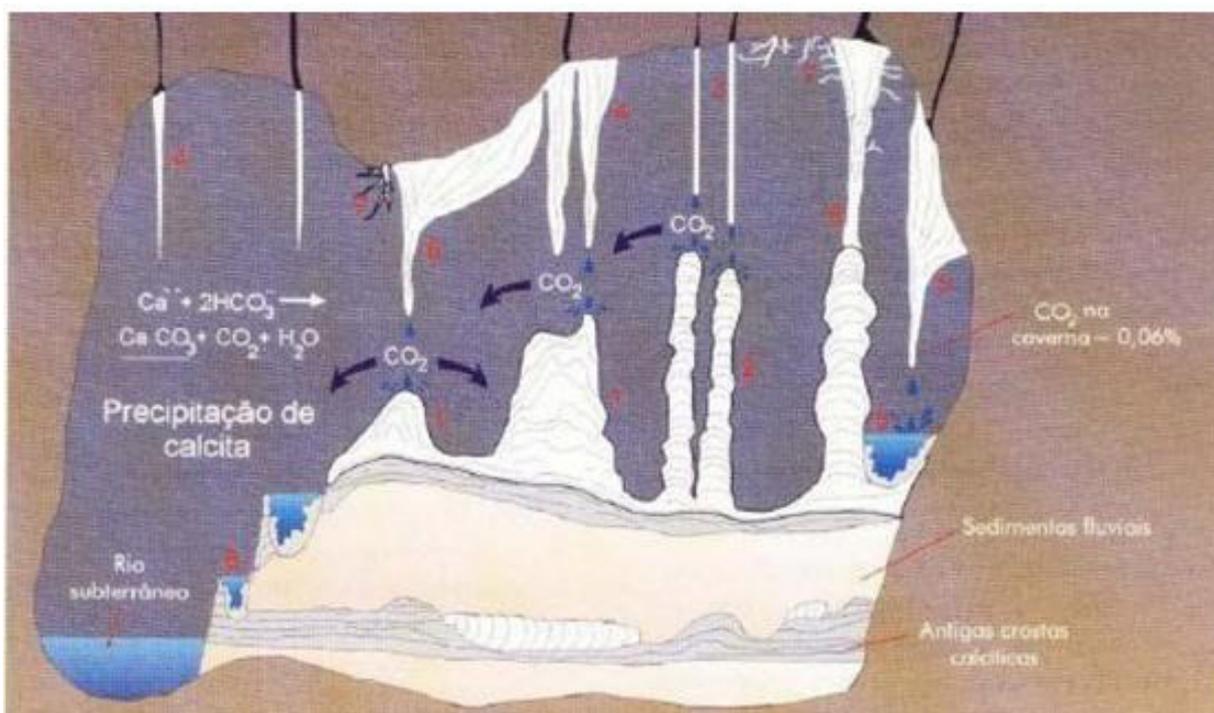


Figura 18 – Esquema ilustrativo da formação da calcita



Fonte: GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA

A ocorrência de precipitação do carbonato se dá através dos seguintes fatores:

1. Aumento da temperatura;
2. Aumento na quantidade de fotossintetizantes;
3. Aumento na agitação das águas;
4. Redução da profundidade (reduz a pressão de  $CO_2$ ); e
5. Aumento na alcalinidade das águas.

Por conseguinte destes feitos, as rochas carbonáticas tornam-se susceptíveis a diversas modificações, mas o surgimento das específicas formas variadas do relevo está em função solubilidade de cada tipo de rocha, sua gênese, litologia existente e a qualidade da porosidade (FORD; WILLIAMS, 1989).

Segundo Cunha; Guerra (1994), o mesmo pode acontecer com a rochas evaporíticas, quartzitos, granitos, basaltos, mesmo possuindo baixa solubilidade.

Além da natureza da rocha, fatores como o tectonismo, a vegetação e o clima também influenciam na sua evolução. Um sítio cárstico pode se formar através da presença de água/umidade, ou seja, um ambiente onde chova com uma certa frequência, suficiente para

dissolver o carbonato presente e, na ausência do mesmo, é o tectonismo que assume o controle dessas estruturas, através da geometria linear, podendo ser o propulsor do processo de dissolução (PILÓ, 2000). No caso da vegetação, sua influência ocorre devido os ácidos orgânicos liberados pelas raízes e pela decomposição da matéria orgânica morta sob a rocha, modificando a sua forma.

A classificação da palavra “carste” é feita da seguinte maneira:

- Carste - Associado ao processo de dissolução da rocha calcárias, podendo se referir também a outras rochas, carbonáticas ou não que se modelam e apresentam morfologia específica, como dolina, lapiás, bacias de dissolução, etc, ou sistema de drenagem em zonas subterrâneas (PILÓ, 2000).
- Endocarste - Zona de condutos subterrâneos e seus depósitos químicos, clásticos e orgânicos (BÖGLI, 1980).
- Exocarste - Conjunto morfológico superficial do carste (BÖGLI, 1980).
- Epicarste - É a constituição da porção superior da rocha subjacente coberta por material, podendo este ser consolidado ou inconsolidado, como é o caso do solo e do manto alterado, contendo uma rede de fissuras alargadas por processos cársticos (WILLIAMS, 1985; FORD; WILLIAMS, 1989; PALMER, 1999).

Ainda sobre as dissoluções formadoras da morfologia aqui estudada, as discussões sobre a sua influência na formação de relevo cárstico tem sido estudado e discutido. Palmer (1999) interpreta a dissolução por meio de poros intergranular como não eficiente para a formação de carste, devido a rocha carbonática ter uma característica maciça e se mostrar insuficiente para a modificação de relevo. Por outro lado, quando existe uma estrutura pré-existente de juntas, falhas e lineamentos em geral, a dissolução se torna muito mais generalizada, transmitindo muito mais facilmente os percursos d’água, sendo o maior responsável pelo avanço no processo de carstificação (MARTIN, 1979; KLIMCHOUK, 2009).

### ***5.2.6 Lajedo Soledade***

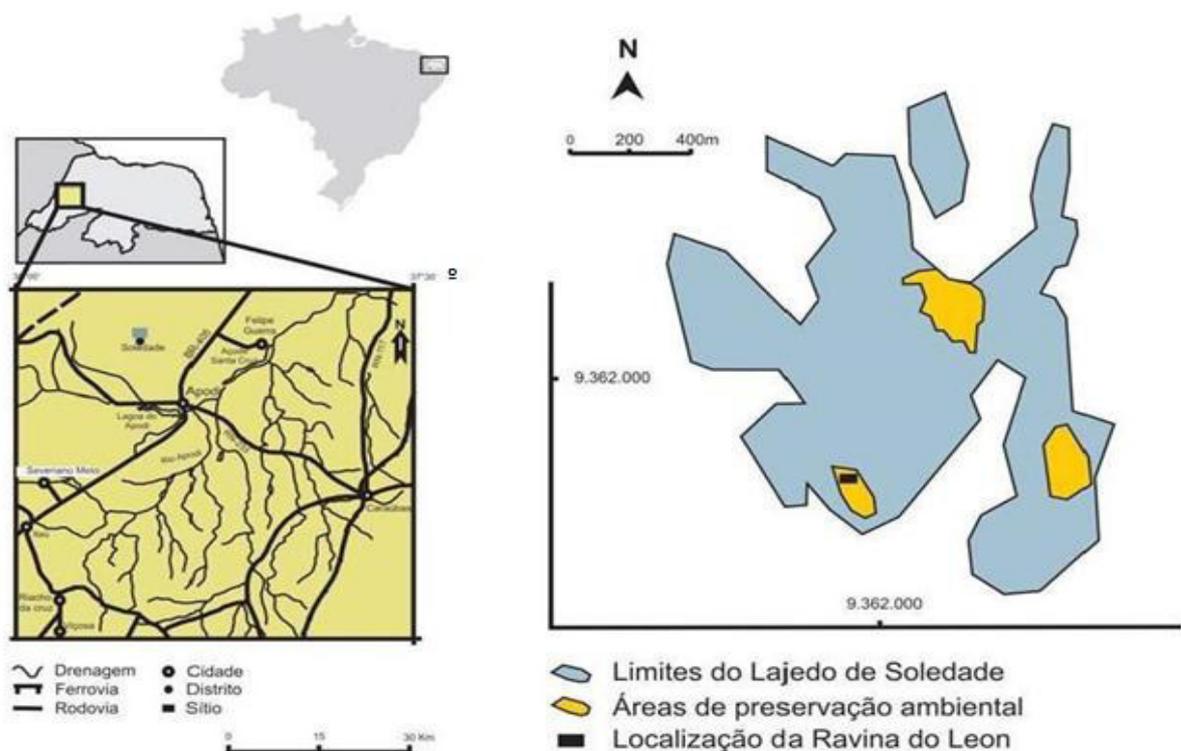
O Lajedo Soledade possui área de exposição do carbonato de aproximadamente 2 km<sup>2</sup> (RABELO, 2014) e contém as mais diversas formas de relevo esculpidas naturalmente pela ação da água, do clima (BEURLLEN, 1967) ou da tectônica (RABELO, 2014), essas dos quais estão inseridos na Chapada do Apodi, sob terreno plano, de altitudes por volta dos 100 m (BEURLLEN, 1967). Em terreno mais baixo, está a Depressão Sertaneja, com os rios

Jaguarigue e Açú passando em volta da Chapada, assim como os rios Apodi e Upanema, que os cortam (BEURLLEN, 1967). Tanto a Chapada do Apodi, quanto a Depressão Sertaneja compõem umas das áreas geomorfológicas mais importantes e peculiares da Bacia Potiguar.

Segundo IDEMA (1999), o Lajedo encontra-se sob uma vegetação de caatinga hiperxerófila, com abundância de cactáceas e arbustos, fazendo parte do Domínio Morfoclimático das Caatingas Brasileiras (sensu Ab'Saber, 1974). O clima é semiárido e a temperatura média anual é de 28,1°C.

Seus estudos tiveram início há cerca de 90 anos e pesquisas importantes avaliaram seu potencial arqueológico e paleontológico como de valor imensurável para o estudo histórico da região e da Terra como um todo. Na década de 90, as universidades de Natal e Pernambuco (UFRN e UFPE), fizeram estudos de animais vertebrados, mais precisamente, de mamíferos, encontrados em uma ravina conhecida como Ravina do Leon (Figura 19), com estudos tafonômicos, taxonômicos, geológicos e arqueológicos mais detalhados, propondo ideias de bioestratigrafias existentes, assim como classificando as estruturas e fácies sedimentares.

Figura 19 - Lajedo Soledade



Fonte: De Oliveira; Kleberon (2007) adaptado de Santos *et al.* (2002) e Córdoba; Souza (1994)

Seu surgimento culminou durante a transgressão marinha da fase Drifte da Bacia

Potiguar, vindo juntamente com os carbonatos calcínicos, calcarenitos e dolomitos da Formação Jandaíra (PESSOA NETO, 2003).

Estudos recentes mostram que seu relevo se dá através de fraturas pré-existentes que influenciaram no processo formador do carste devido o mesmo possuir maior influência na transmissão de meios epigênicos, transferindo essa dissolução tanto para meios superficiais, quanto subsuperfície. Essas fraturas lineares mostram que o processo dinâmico de dilatação intensifica o desenvolvimento da porosidade secundária (induzido) no processo de dissolução estruturalmente controlado (RABELO, 2014).

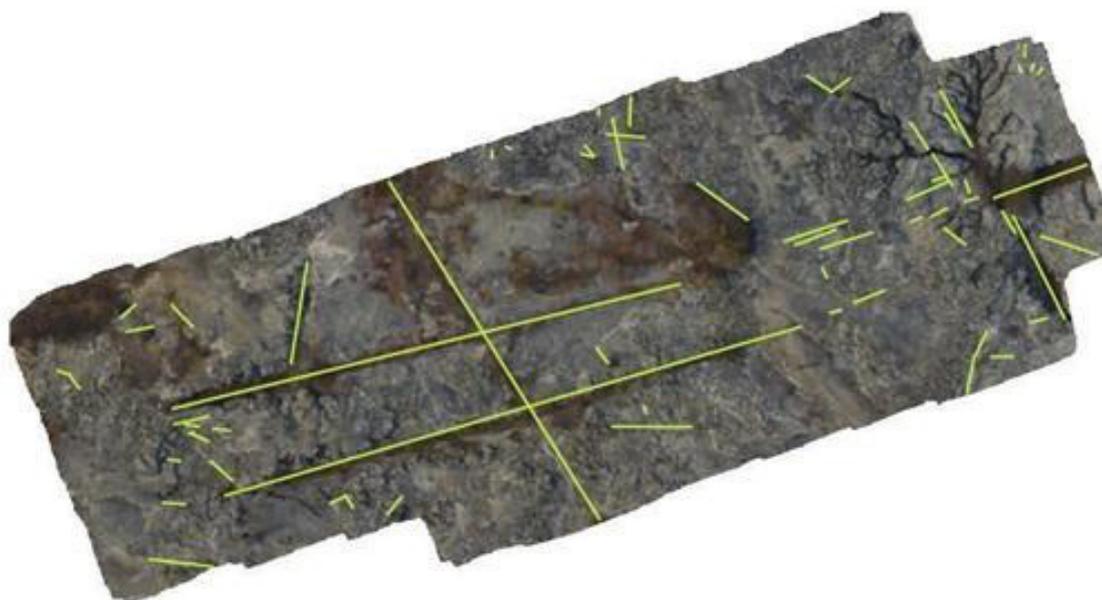
## 6 RESULTADOS

Neste capítulo será mostrado o resultado do que foi mapeado e o mesmo será apresentado através de características correspondentes aos aspectos morfológicos, litológicos e estruturais.

### 6.1 Aspectos Estruturais

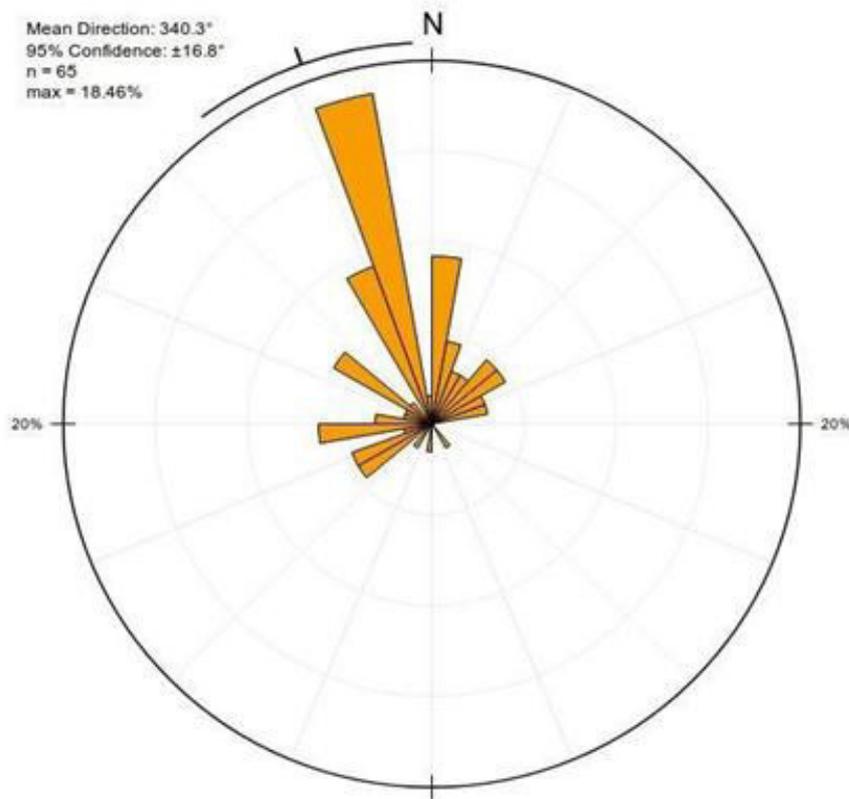
A Figura 20 representa o mosaico gerado através do Vante. Nele foram demarcados os lineamentos mais retilíneos e menos afetado pela dissolução, presentes em sua superfície, gerando um mapa (ANEXO F). Com isso, foram coletados dados azimutais (ANEXO A) dos mesmos e feito um diagrama de roseta.

Figura 20 - Mosaico gerado pelo Vante Phantom 4



Fonte: Maia *et al.* (2013)

Figura 21 - Diagrama de roseta dos lineamentos traçados no mosaico do Lajedo Soledade



Fonte: da autora

## 6.2 Aspectos Geomorfológicos e Litológicos

Os estudos do Lajedo Soledade foram majoritariamente na morfologia exocárstica. As estruturas a seguir vão trazer aspectos litológicos de cada feição visitada e sua interpretação na evolução. As coordenadas estão anexadas em Anexo B estão divididas em pontos e o devido mapa encontra-se em Anexo G. As demais áreas são de zona rural e zona urbana e estão demarcados no mapa de pontos.

### 6.2.1 Campo de Lapiás

#### Aspectos geomorfológicos e litológicos

O Lajedo Soledade possui em sua maior parte as lapiás, formações típicas de relevos cársticos. A precipitação rápida de HCl 10% mostra que a natureza destas são de rochas calcárias e sua dissolução resultou em grandes canais que sulcam e formam caneluras (Figura 22).

Figura 22 - Dissolução da rocha carbonática deixando os lapiás em caneluras



Fonte: da autora

A formação ferrífera representada na Figura 23 e apresentada no Ponto 1, mostrou em análise de MEV a presença de elementos como  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $FeO$  (goetita). Há em alguns ambientes a precipitação de calcita (Figura 24) no meio dessa morfologia e até a formação de geodos (Figura 25) variando de 0,5 a 1 cm, como se apresenta nos pontos 3 e 5.

Figura 23 - Precipitação de  $FeO$



Fonte: da autora

Figura 24 - Formação de calcita



Fonte: da autora

Figura 25 – Geodos de calcita

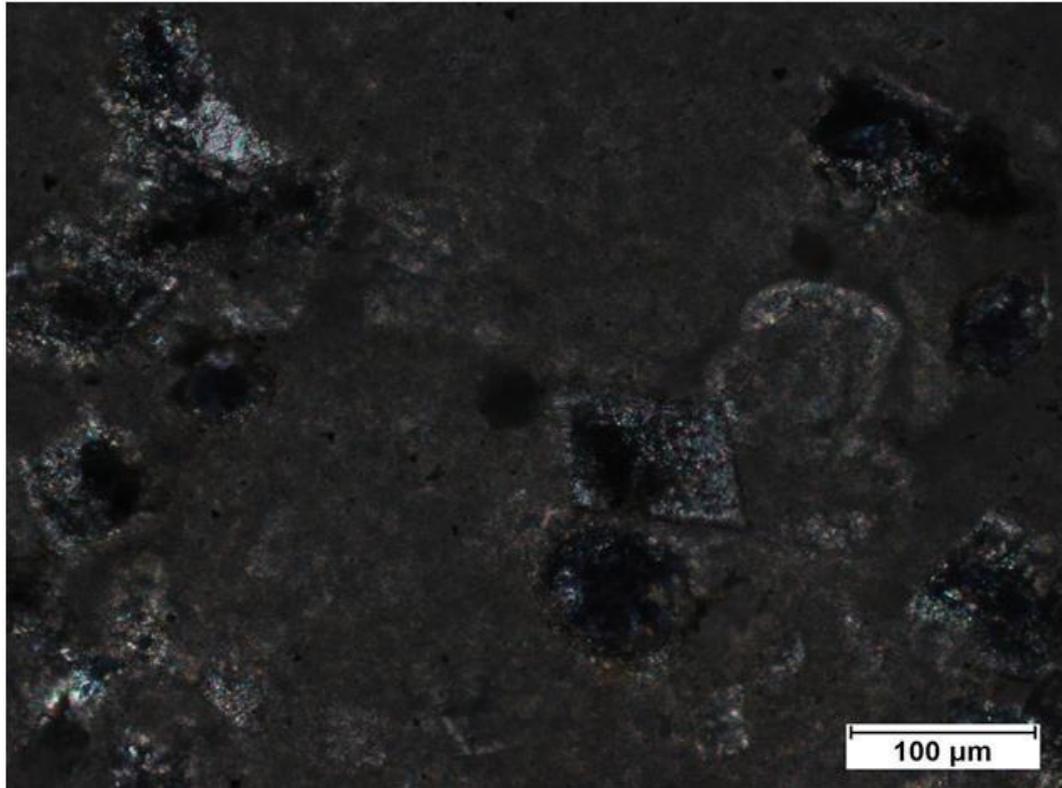


Fonte: da autora

No caso do ponto 4, foi analisado uma amostra que mostra uma forma cristalina do tipo romboedro, mais comum em dolomitas (Figura 26), mostrando a presença de rocha

dolomítica.

Figura 26 - Formação de dolomitas



Fonte: da autora

Estruturas lineares presentes se mostram em direção NW-SE, com as lapiás bastante intemperizadas caracterizadas por fendas de dissolução (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Dissolução em rocha carbonática (presente no Ponto 5)



Fonte: da autora

Figura 28 – Fendas de dissolução formando bifurcação (presente no Ponto 5)



Fonte: da autora

Já as estruturas lineares presentes no ponto 6, têm seu trend tanto nas direções NW-SE, quanto NE-SW (Figura 29).

Figura 29 - Fraturas presentes no meio das lapiás de direção NW-SE e NE-SW (Ponto 6)



Fonte: da autora

### ***6.2.2 Leito de Rio Seco***

#### **Aspectos geomorfológicos e litológicos**

Depósito calcarenítico marcado dentro do leito de um rio seco, com drenagens formadas pelo controle estrutural de direção NW-SE e NE-SW formando cânions, contendo presença de bioturbação, formada por vida marinha que se instalou em suas “paredes” e em momento de regressão, deixou os espaços vazios (Figura 30). Na base do leito, ocorre gretas de dissecação. O MEV revela a presença tanto da rocha calcária, quanto da rocha dolomítica, e em alguns momentos, a presença de sílica e alumínio (ANEXO D).

Figura 30 – Leito de de rio seco formando o cânion e com bioturbação em suas paredes (Ponto 10)



Fonte: da autora

Uma características bastante peculiar dessas regiões de rio seco, são as pinturas rupestres que esta possui (Figura 31).

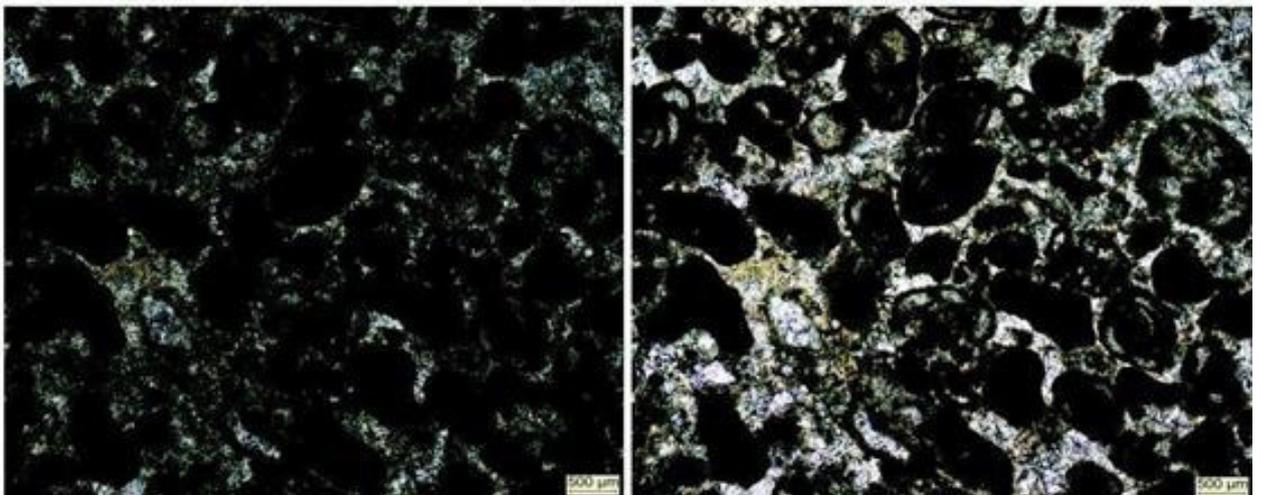
A lâmina analisada que representa a Figura 32, apresenta uma grande quantidade de bioclastos sob a matriz calcítica, sendo classificada em partes como wackstone (Figura 33), com matriz calcítica micrítica, que suporta os esqueletos dos microfósseis com e sem contato entre eles. A Figura 34 mostra que esse fundo mais escuro na amostra é a decomposição por parte dos organismos presentes, remobilizando grãos de calcita, tornado-os pseudo-micrito tornado-o em sua maior parte, mudstone.

Figura 31 - Pinturas rupestres sob a rocha



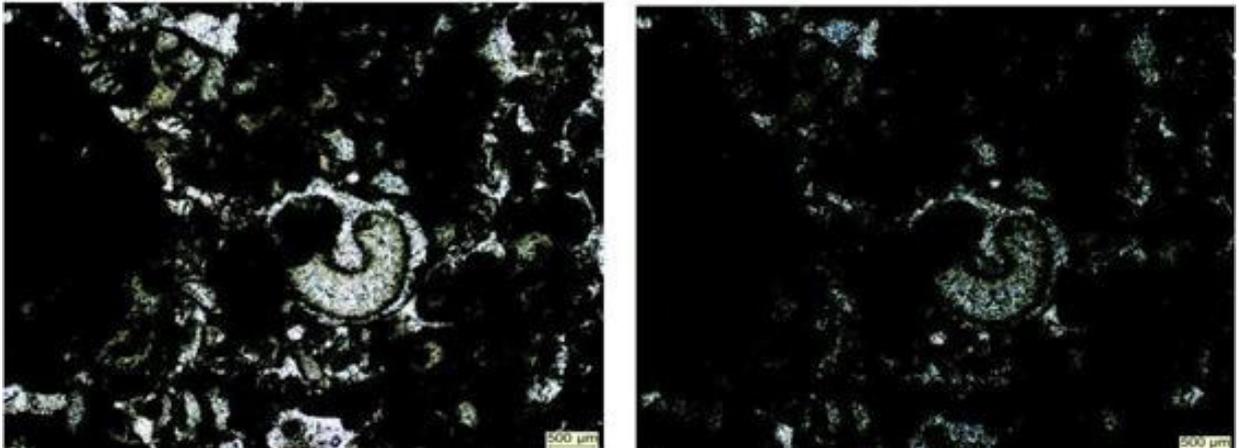
Fonte: da autora

Figura 32 - Foraminíferos sobre uma matriz micrítica



Fonte: da autora

Figura 33 - Decomposição da matéria viva formando a matriz pseudo-micrítica



Fonte: da autora

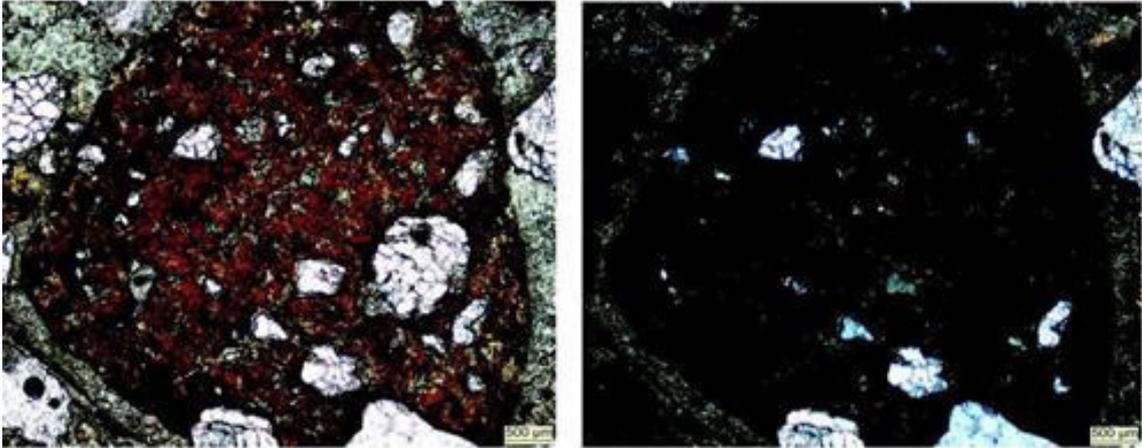
O interior do leito de rio seco é feito por arenito de superfície lisa, com carbonatos presentes e a ocorrência de laterização no calcarenito, camadas altamente horizontais e pequenos círculos de cor clara onde precipita o HCl 10% (Figura 34). A laterita presente cimenta os demais grãos de quartzo no qual possuem microlineamentos e a ocorrência de clastos de limonita, calcário e quartzo.

Figura 34 - Precipitado de FeO



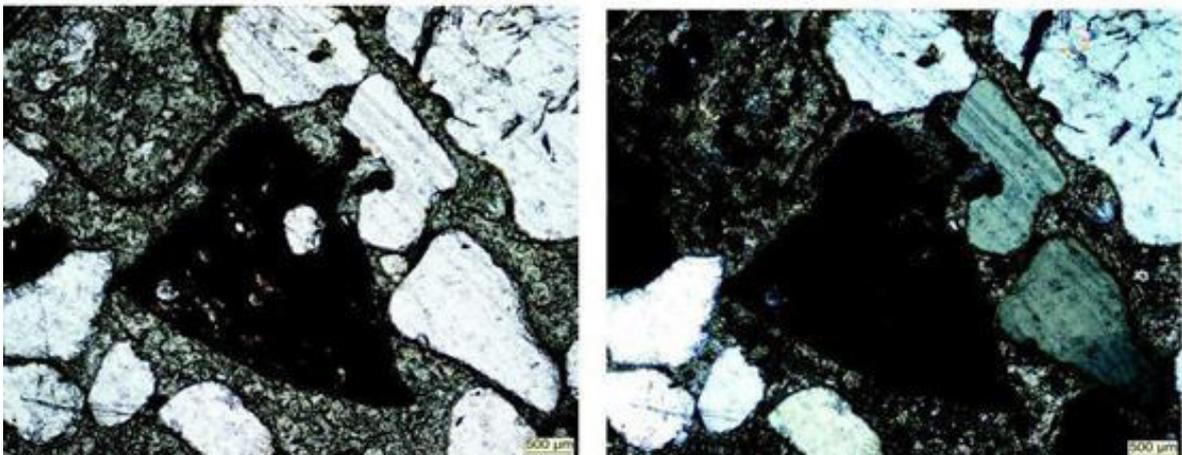
Fonte: da autora

Figura 35 – Laterita cimentando cristais de quartzo (Ponto 12)



Fonte: da autora

Figura 36 - Microlineamentos dentro dos grãos presentes na amostra (Ponto 12)



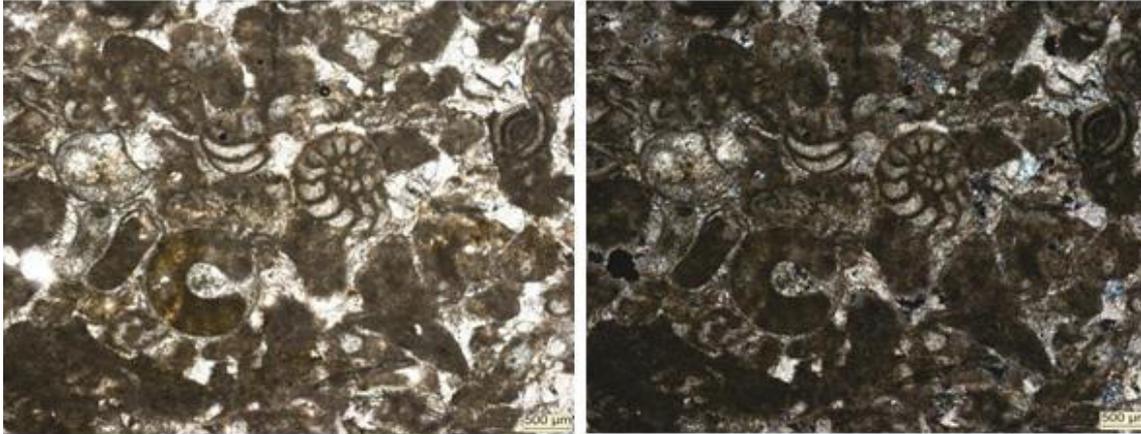
Fonte: da autora

A leve efervescência do HCl 10% do ponto tal, contendo elementos de FeO e com uma sugere o contato direto entre o ferro e o carbonato.

Três amostras foram coletadas nessa repartição. A primeira sugere a presença de bioclastos calcitizados e a decomposição de algas, sob uma matriz calcítica fina (Figura 37). A segunda, o mesmo processo de laterização por óxido de ferro, englobando os grãos de quartzo presente (Figura 38), cimentando-os e com a presença de clastos, sem a presença de microestruturas (Figura 39).

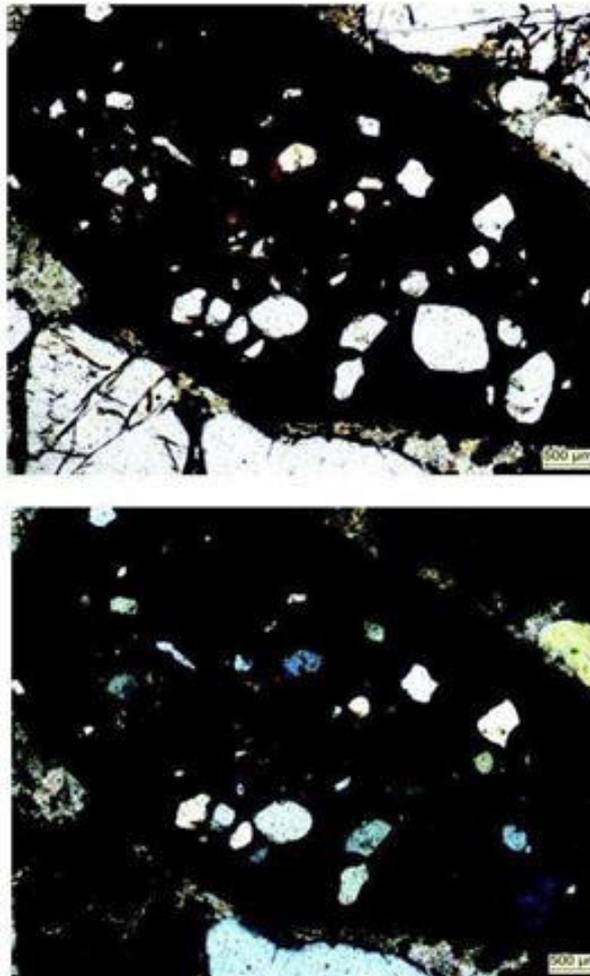
A terceira amostra foi levada ao MEV para analisar os elementos presentes e foi encontrados os mesmos elementos  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  e FeO vistos anteriormente. Macroscopicamente, ela possui uma variação de cor creme clara no carbonato com uma cor superficial alaranjada e forte demonstração de intemperismo pela água.

Figura 37 - Bioclastos sobre matriz micrítica (Ponto 13)



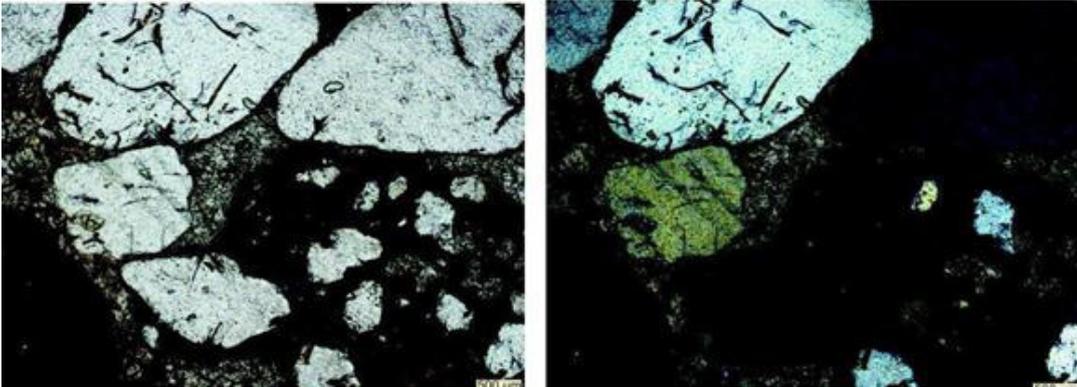
Fonte: da autora

Figura 38 - Laterização (Ponto 13)



Fonte: da autora

Figura 39 - Minerais de quartzo sem os microlineamentos (Ponto13)



Fonte: da autora

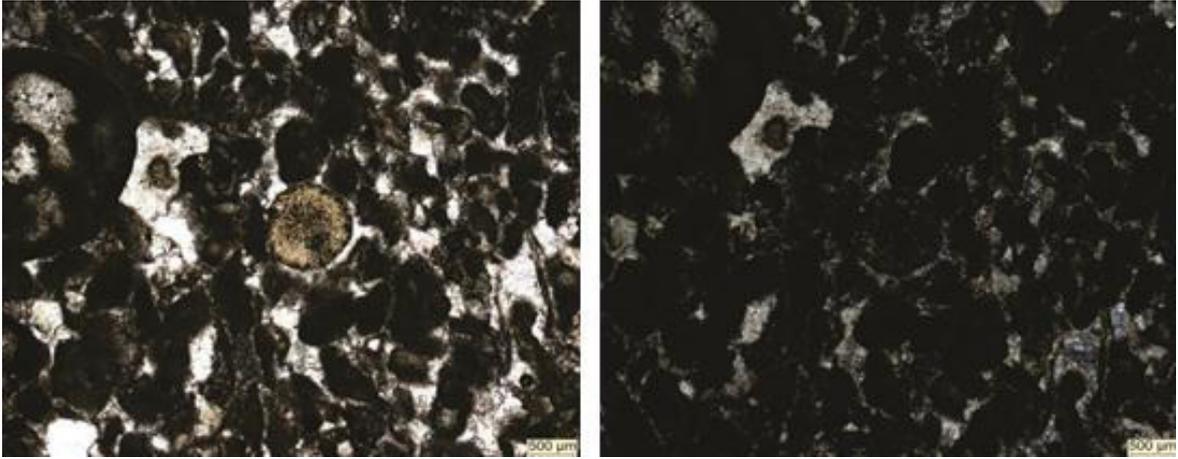
No ponto tal, onde foi encontrado um calcário de cor róseo (Figura 40), notou-se em lâmina a presença de oncólito entre os bioclastos (Figura 41). Os oncólitos aparecem em calcários e se parecem com oólitos, mas com o desenvolvimento de estromatólito, sendo indicador de ambiente marinho com mais energia.

Figura 40 - Camada de sedimento rosa



Fonte: da autora

Figura 41 - Oncólito entre os demais foraminíferos sobre uma matriz pseudo-micrítica fina



Fonte: da autora

## 7 CONCLUSÃO

A litologia presente possui bastante bioclastos, em especial, os foraminíferos, de granulação fina, indicadores de transgressão marinha, de água rasa e agitada. Ocorreu que, o carbonato gerado das calcitas sofreu com a diagênese o aumento de pressão, remobilizando-a durante a decomposição desses bioclastos, além da presença da calcita original, tornando por vezes a matriz pseudomicrítica a micrítica.

Algumas regiões que possuem a laterita, sugerem um solo fortemente intemperizado quimicamente, desenvolvido por ser de clima tropical, como era o caso do Lajedo Soledade, pobre em nutrientes e com altas concentrações residuais de hidróxidos de Fe e Al.

A análise estrutural mostra uma versão tendenciosa dos lineamentos de NW-SE, inflexionadas para N e NE-SW inflexionadas para E-W, sugerindo que as direções dos lineamentos traçados correspondem às direções dos lineamentos do sistema de falhas de Afonso Bezerra (NWSE com compressão para E-W devido às deformações dextrais), já que: Hackspacher *et al.* (1985) interpretou as estruturas dessas direções como sendo de reativações pós-campaniana que, segundo Cremonini e Karner (1995), foi provocada pela deposição da Supersequência Drifte de Pessoa *et al.*, (2007).

Também, segundo a tese de Lima (2011), em suas conclusões, ocorre:

- As falhas do Sistema Afonso Bezerra deformou as rochas de Bacia Potiguar, em especial as Formações Açu, Jandaíra e Barreiras.
- As unidades sedimentares cenozóicas foram afetadas por atividades neotectônicas relacionadas aos grandes sistemas de falhas da região.
- A tectônica da Bacia Potiguar tem se mostrado recente, devido às estruturas de liquefação existentes e os dados de campo coletados.

Concluindo, esse sistema de falhas se mostrou ativo no período pós-campaniano, afetando as unidades litoestratigráficas e reafirmando que o lineamento da área estudada podem ser de origem neotectônica.

Há também, em contrapartida, a teoria de Rabelo (2014) atribuindo as estruturas pré-existentes da bacia como verdadeiras influências no processo de evolução do relevo cárstico, devido ao acúmulo de tensões das fraturas, dilatando suas fendas ao precipitar água meteórica por processos epigênicos.

Os lineamentos marcados neste foram os mais retilíneos possíveis e com menos marcas da dissolução, ou seja, as estruturas neotectônicas, que sobrepõem as fraturas

anteriormente dissolvidas e geradora da morfologia presente, que não foi marcado, devido ainda fazer parte de estudos recentes e necessitar um maior processo investigativo de sua distinção, para a eventual confirmação do que realmente são estruturas neotectônicas e as que não são.

## REFERENCIAS

- BENAIM, Natalia Pereira; SENRA, Maria Célia Elias. O gênero *Pholadomya* Sowerby, 1823 (Mollusca: Bivalvia) na formação Jandaíra (Cretáceo Superior), Bacia Potiguar: implicações paleoecológicas e paleogeográficas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 88-97, 2008.
- BERTANI, Renato Tadeu; COSTA, Iran Garcia da; MATOS, Renato Marcos Darros de. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na Bacia Potiguar. *In*: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Ed.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobras, p. 291-310, 1990.
- BEZERRA, Francisco Hilário Rego; SRIVASTAVA, Narendra Kumar; SOUSA, Maria Osválneide Lucena. **Geologia e recursos minerais da folha Mossoró, SB. 24-XDI**: estado do Rio Grande do Norte. [S.l.]: CPRM, 2014.
- CASSAB, Rita de Cássia Tardin. **Paleontologia da Formação Jandaíra, cretáceo superior da bacia potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos**. 2003. 184 f. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- CARNEIRO, Mikaelle Araujo *et al.* Controle Estrutural do Sistema Cárstico Epigenético na Formação Jandaíra, Bacia Potiguar. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 199-209, 2016.
- CAZARIN, Caroline Lessio. **Controle faciológico do sistema cárstico hipogênico de Campo Formoso BA**: sistema conduto-barreira. 2015. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- COSTA, A. B. C. *et al.* Registro faciológico e paleoambiental da transgressão que marca a passagem do Cenomaniano para o Turoniano na Bacia Potiguar, NE do Brasil, **Comunicações Geológicas**, Porto, v. 01, n. especial, p. 415-420, 2014.
- DE FIGUEIREDO, Alice Sueiro; DE FIGUEIREDO, Regina Sueiro; DO PANTANAL-UNIDERP, Região. Caracterização do pseudocarste no Município de Rio Negro, MS. *In*: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4., 2004, Corumbá. **Anais...Corumbá**: [s.n.], 2004, p. 1-6.
- DE OLIVEIRA PORPINO, Kleberson; DOS SANTOS JÚNIOR, Valdeci. **Lajedo de Soledade, Apodi, State of Rio Grande do Norte**. [S.l.: s.n.], 2007.
- DE MEDEIROS, Rita de Cássia Surrage. Levantamento Preliminar das Cavernas do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 4., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: Speleo, 2001.
- DE MIRANDA, Tiago Siqueira *et al.* Estudo do comportamento geológico-estrutural dos depósitos cretácicos do sistema aquífero Apodi, Bacia Potiguar, NE do Brasil. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 22, p. 1, 2012.
- DE SOUZA, Suelen Ferreira *et al.* Relações do arcabouço tectônico do Rifte Potiguar com as estruturas do embasamento adjacente: análise de dados gravimétricos e magnéticos. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-60, 2016.

DREW, David. **Karst processes and landforms**. Londres: Macmillan Education, 1985.

FERREIRA, Daniel Kim; DA SILVA, Sebastião Milton Pinheiro. Delimitação de afloramentos de calcários da Formação Jandaíra utilizando dados LANDSAT 7/ETM+. **Sociedade e Território**, Natal, v. 26, n. 2, p. 31-43, 2014.

GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA. Disponível em: <  
<https://www.passeidireto.com/arquivo/2491855/geomorfologia-carstica>> Acesso em: 15 jan. 2018.

KLIMCHOUK, Alexander. Morphogenesis of hypogenic caves. **Geomorphology**, [S.l.], v. 106, n. 1-2, p. 100-117, 2009.

LIMA, Elissandra Nascimento de Moura. **Tectônica pós-rifte na Bacia Potiguar**. 2011. 166 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MAIA, Rúbson Pinheiro *et al.* A importância do controle tectônico para a formação da paisagem cárstica na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 13, n. 4, 2013.

MAIA, Rúbson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilario Rego. Inversão neotectônica do relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 15, n. 1, 2014.

MILANI, Edison José *et al.* Bacias sedimentares brasileiras: cartas estratigráficas. **Anexo ao Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 183-205, 2007.

MATOS, Renato M. Darros. The northeast Brazilian rift system. **Tectonics**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 766-791, 1992.

MOHRIAK, Webster Ueipass. Bacias sedimentares da margem continental Brasileira. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**, [S.l.], v. 3, p. 87e165, 2003.

MORELATTO, Rodrigo; FABIANOVICZ, Rosemari. Bacia Potiguar. [S.l.]: Superintendência de definição de blocos, 2015.

OLIVEIRA, Josevânia de *et al.* Revisão Sistemática dos Equinóides (Echinodermata) na Formação Jandaíra (Cretáceo) Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 143-161, 2013.

PALMER, Arthur N. Patterns of dissolution porosity in carbonate rocks. **Karst modeling: The Karst Waters Institute Special Publication**, [S.l.], v. 5, p. 71-78, 1999.

PESSOA NETO, O. da C. *et al.* Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 357-369, 2007.

PILÓ, Luís B. Geomorfologia cárstica (Revisão de Literatura). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 1, n. 1, 2000.

PORPINO, K. O.; JUNIOR, V. Santos; SANTOS, M. F. C. F. Lajeado de Soledade, Apodi, RN. Ocorrência peculiar de megafauna fóssil quaternária no Nordeste do Brasil. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, [S.l.], v. 2, p. 403-412, 2009.

PORPINO, K. de O.; SANTOS, M. F. C. F.; BERGQVIST, L. P. Registros de mamíferos fósseis no lajedo de Soledade, Apodi, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 349-358, 2004.

RABELO, Juliana Gomes. **Criação de zonas de alta permeabilidade em fraturas: modelagem numérica do Lajedo de Soledade, Formação Jandaíra, Bacia Potiguar**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RABELO, Juliana Gomes. **Criação de zonas de alta permeabilidade em fraturas: modelagem numérica do Lajedo de Soledade, Formação Jandaíra, Bacia Potiguar**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica)- Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SOARES, Ubiraci Manoel. As relações entre tectonismo e seqüências deposicionais no rifte potiguar - porção SW do Graben de Umbuzeiro, bacia potiguar emersa. 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

TERRA, Silvia Amorim. **Pirometamorfismo em calcários da formação Jandaíra, bacia potiguar, nordeste do Brasil**. 2015. 71f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

**ANEXO A - DADOS AZIMUTAIS DE LINEAMENTOS**

<u>Azimutes dos lineamentos</u>		
256.011742936	149.036243469	256.920876219
253.416171569	288.366166407	294.044223264
270.493916899	273.65222278	279.061378581
251.816346845	248.875280854	252.439727946
252.474431627	255.677280023	276.473955969
316.847610262	248.759928981	348.190117042
259.2611029	215.537677778	182.366247995
226.909152426	219.289406855	178.264295404
218.290163188	214.562524632	318.674499522
243.434948821	178.53119926	283.038656585
150.018360645	180.0	325.653902602
94.8498439016	164.505151395	287.74467162
303.569698417	180.0	342.057552913
53.9305900996	291.181349492	250.062008256
148.417808802	279.283552806	333.634584879
245.695450733	189.050721677	324.223922283
326.993348727	190.911128384	339.775140598
252.99714736	207.22867918	270.0
253.779806305	241.598104392	255.774036102
246.271608922	156.297354032	151.1013024
306.119340849	147.847704859	276.793830561
129.427802198		312.426640535

**ANEXO B - COORDENADAS E ALTITUDES****Campo de Lapiás**

<b>1.</b> X: 0629801 Y: 9381594 Altitude: 125 m	<b>2.</b> X: 0630043 Y: 9381811 Altitude: 127 m	<b>3.</b> X: 0629928 Y: 9381751 Altitude: 126 m	<b>4.</b> X: 0627380 Y: 9383300 Altitude: 131 m	<b>5.</b> X: 0629676 Y: 9381361 Altitude: 130 m
<b>6.</b> X: 0629799 Y: 9381291 Altitude: 126 m	<b>7.</b> X: 0629935 Y: 9382008 Altitude: 120 m	<b>8.</b> X: 0630130 Y: 9382142 Altitude: 120 m	<b>9.</b> X: 0630267 Y: 9382215 Altitude: 119 m	

**Leito de Rio Seco**

<b>10.</b> X: 0630000 Y: 9381668 Altitude: 122 m	<b>11.</b> X: 0629989 Y: 9381678 Altitude: 112 m	<b>12.</b> X: 0630005 Y: 9381737 Altitude: 125 m	<b>13.</b> X: 0629993 Y: 9381769 Altitude: 124 m	<b>14.</b> X: 0629991 Y: 9381787 Altitude: 119 m
---	---	---	---	---

## ANEXO C - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 1

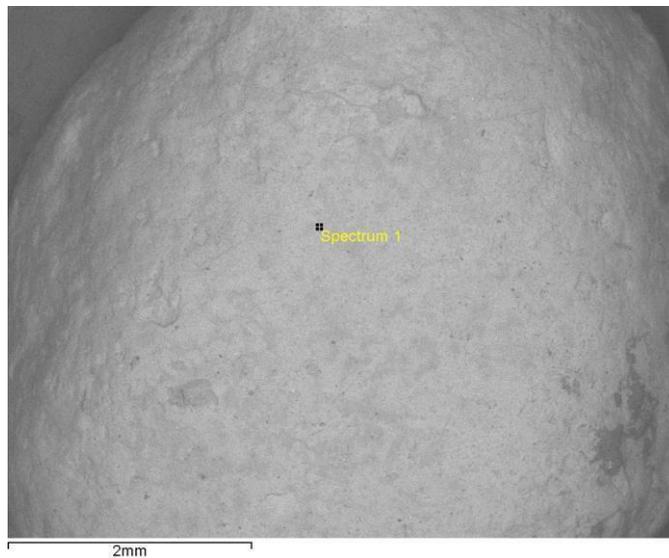
### Ponto 1:

## Spectrum details

Spectrum 1

## Electron Image

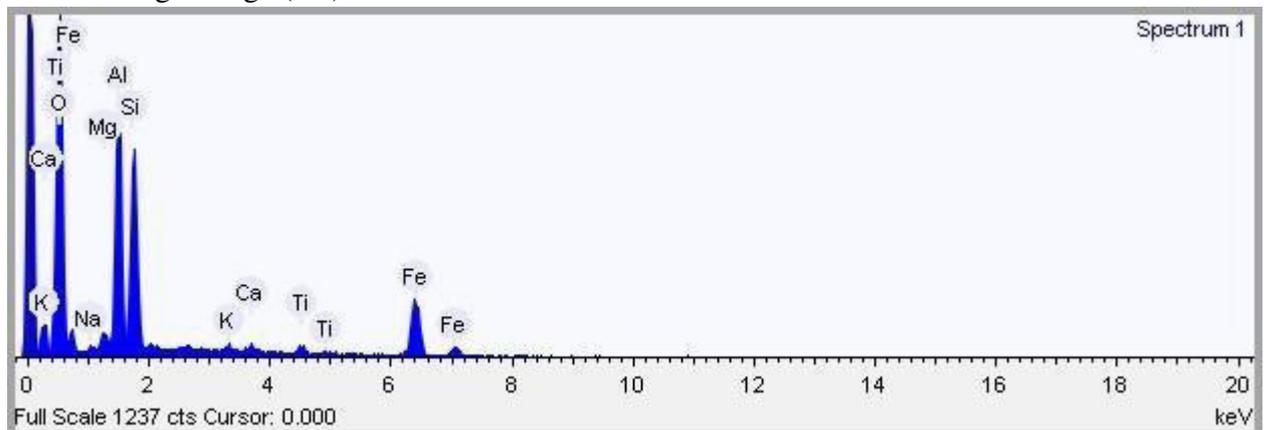
Image Width: 5.491 mm



*Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.*

## Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

**Quantification Settings**

Quantification method Stoichiometry (normalised)  
 Combined element Oxygen Number of anions 22.0  
 Coating element None

**Summary results**

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Sodium	0.581	0.179	0.595	0.784	Na <sub>2</sub> O
Magnesium	1.179	0.175	1.140	1.955	MgO
Aluminum	15.955	0.331	13.900	30.147	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	15.694	0.349	13.135	33.574	SiO <sub>2</sub>
Potassium	0.471	0.139	0.283	0.567	K <sub>2</sub> O
Calcium	0.632	0.149	0.371	0.885	CaO
Titanium	1.333	0.196	0.654	2.224	TiO <sub>2</sub>
Iron	23.214	0.586	9.771	29.864	FeO
Oxygen	40.939	0.557	60.151		

**Dados elementares e suas porcentagens.**

**Spectrum details**

Spectrum 2

**Electron Image**

Image Width: 5.491 mm

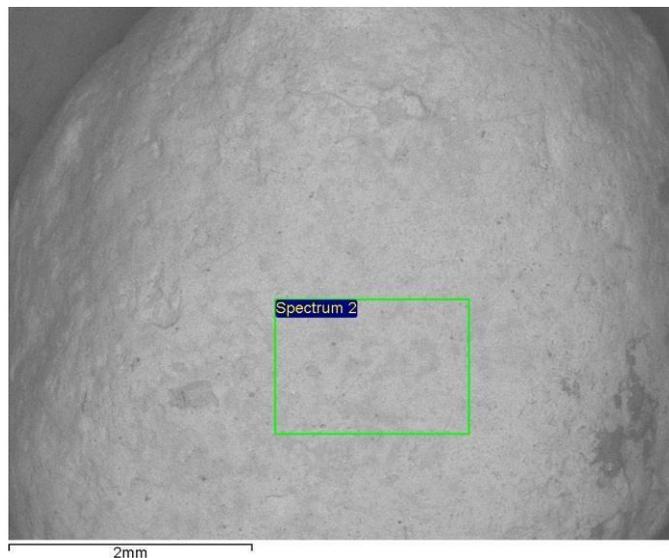
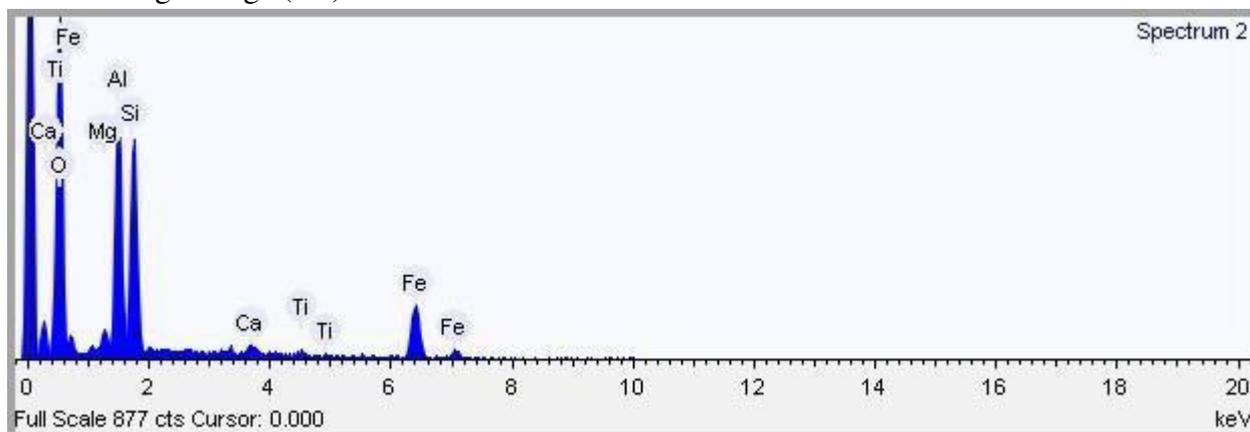


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)

Combined element Oxygen

Number of anions 22.0

Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Magnesium	1.383	0.204	1.322	2.293	MgO
Aluminum	16.102	0.391	13.866	30.424	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	17.008	0.417	14.070	36.384	SiO <sub>2</sub>
Calcium	0.938	0.187	0.544	1.313	CaO
Titanium	0.690	0.212	0.335	1.151	TiO <sub>2</sub>
Iron	22.103	0.679	9.196	28.435	FeO
Oxygen	41.776	0.639	60.669		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 3

### Electron Image

Image Width: 5.491 mm

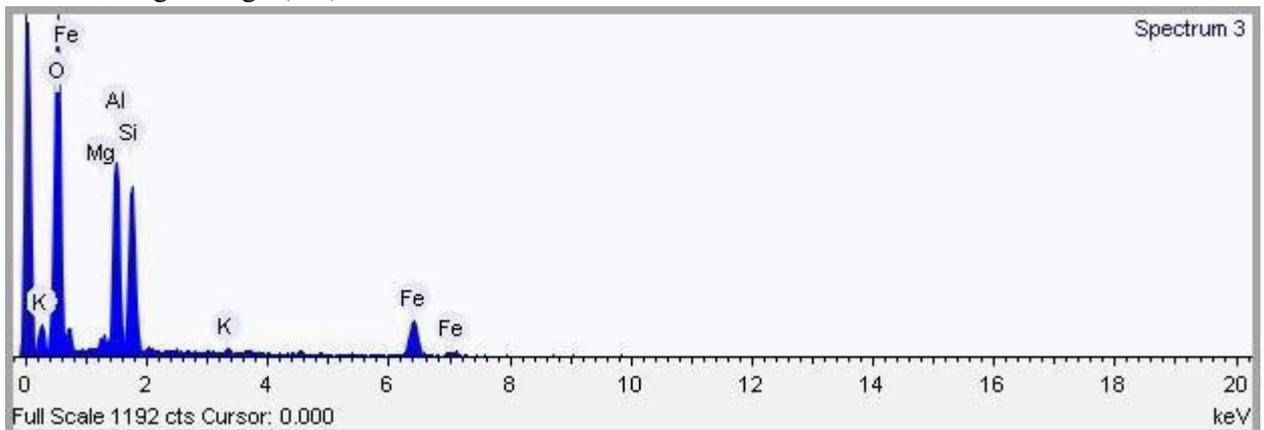


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Magnesium	1.172	0.209	1.096	1.944	MgO
Aluminum	17.562	0.401	14.787	33.182	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	18.397	0.429	14.881	39.357	SiO <sub>2</sub>
Potassium	0.578	0.158	0.336	0.696	K <sub>2</sub> O
Iron	19.294	0.667	7.849	24.821	FeO
Oxygen	42.997	0.624	61.053		

**Dados elementares e suas porcentagens.**

### Spectrum details

Spectrum 4

### Electron Image

Image Width: 5.491 mm

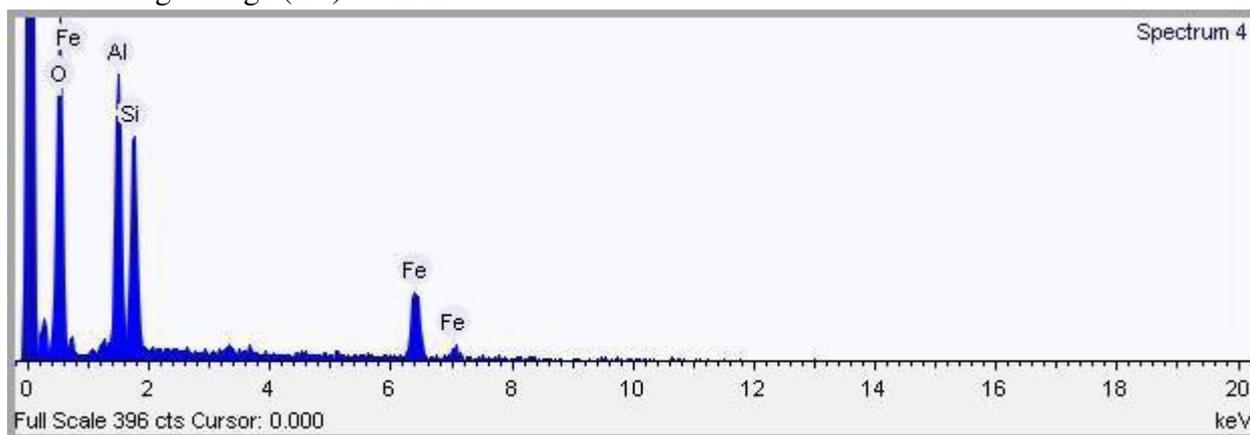


**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)

Combined element      Oxygen

Number of anions      22.0

Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	16.890	0.556	14.832	31.913	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	16.085	0.585	13.570	34.411	SiO <sub>2</sub>
Iron	26.177	1.007	11.106	33.676	FeO
Oxygen	40.847	0.892	60.493		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 6

### Electron Image

Image Width: 5.491 mm

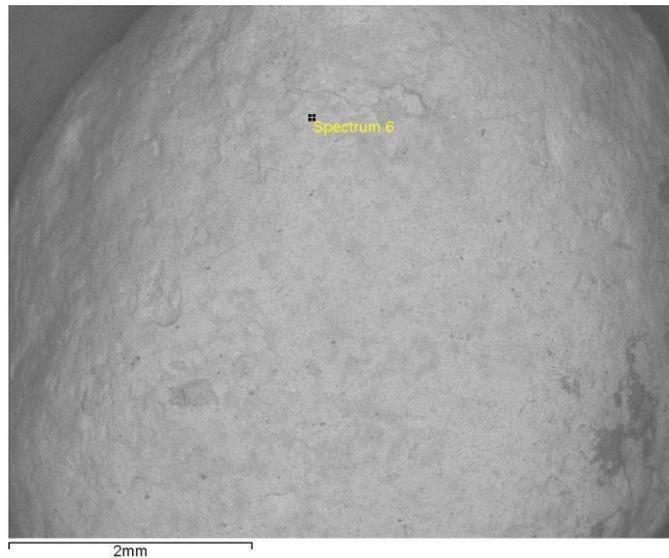


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0

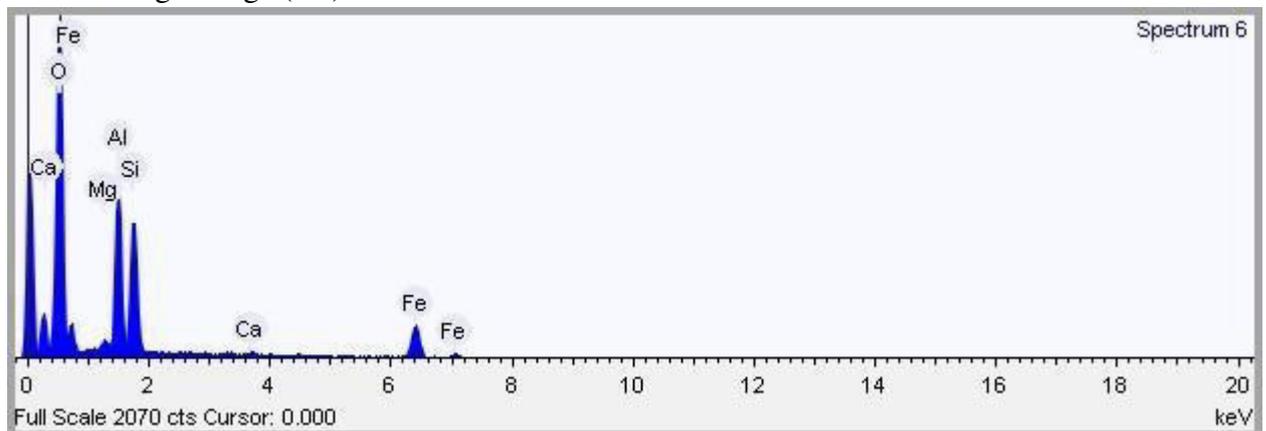


Gráfico 05 - Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Magnesium	1.193	0.183	1.122	1.978	MgO
Aluminum	17.388	0.335	14.735	32.854	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	17.844	0.359	14.527	38.174	SiO <sub>2</sub>
Calcium	0.618	0.139	0.353	0.865	CaO
Iron	20.310	0.552	8.316	26.129	FeO
Oxygen	42.646	0.523	60.947		

**Dados elementares e suas porcentagens.**

**ANEXO D - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 10**  
**Ponto 10**

**Spectrum details**

Spectrum 1

**Electron Image**

Image Width: 1.647 mm

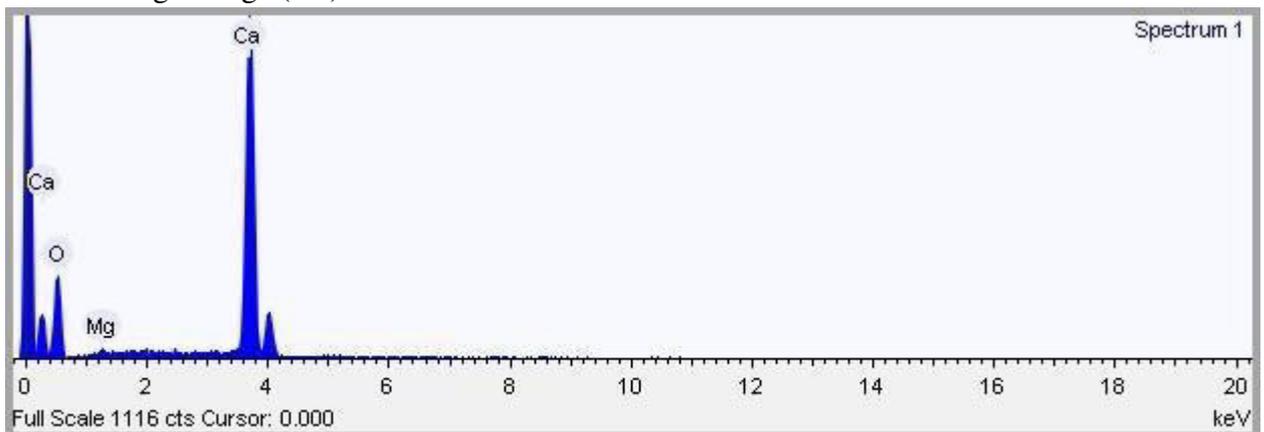


**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

**Acquisition conditions**

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

**Quantification Settings**

Quantification method      Stoichiometry (normalised)

Combined element      Oxygen

Number of anions 22.0  
Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Magnesium	0.606	0.195	0.697	1.006	MgO
Calcium	70.752	0.530	49.303	98.994	CaO
Oxygen	28.642	0.515	50.000		

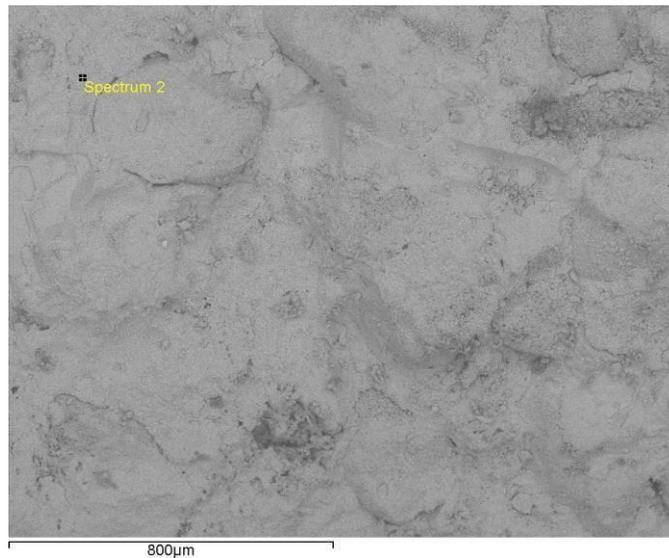
**Dados elementares e suas porcentagens.**

### Spectrum details

Spectrum 2

### Electron Image

Image Width: 1.647 mm

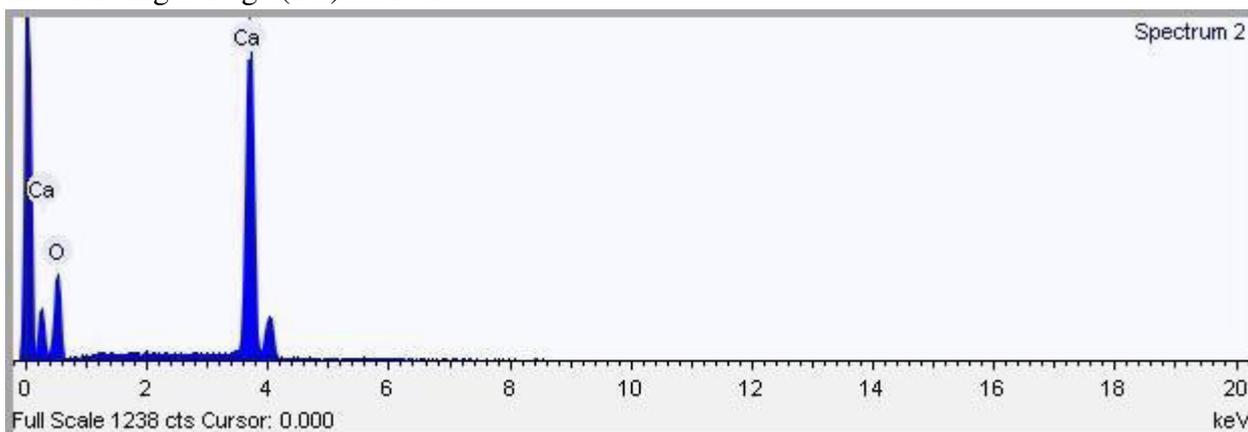


**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)  
 Combined element Oxygen  
 Number of anions 22.0  
 Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	71.471	0.488	50.000	100.000	CaO
Oxygen	28.529	0.488	50.000		

**Dados elementares e suas porcentagens.**

### Spectrum details

Spectrum 3

Electron Image

Image Width: 1.647 mm

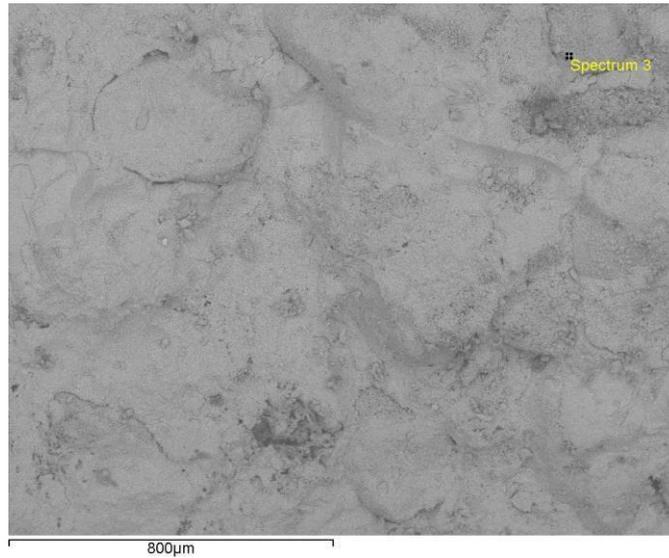
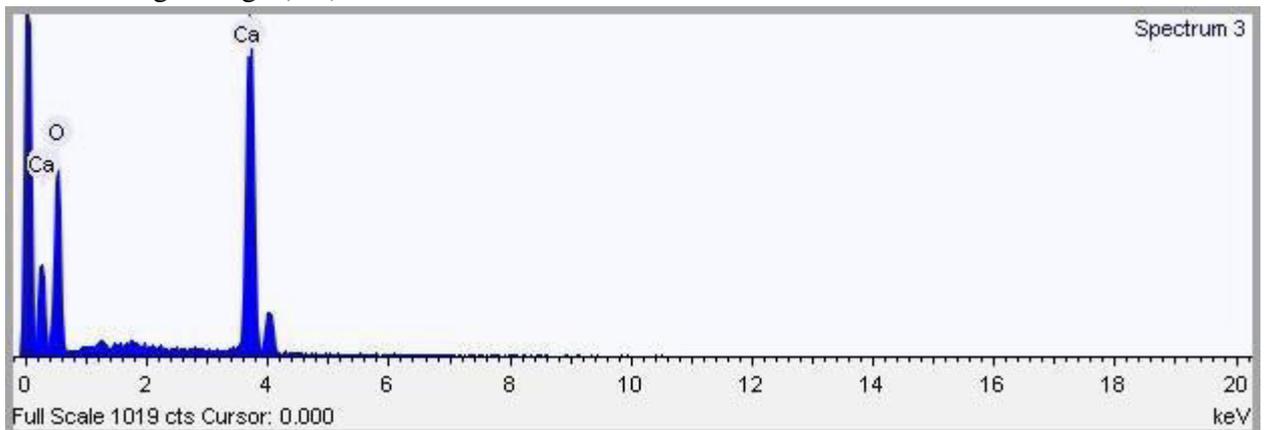


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

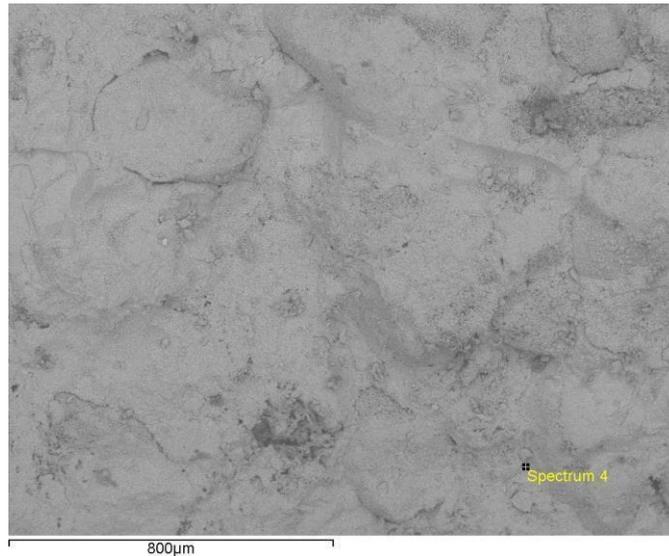
Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	71.471	0.525	50.000	100.000	CaO
Oxygen	28.529	0.525	50.000		

**Dados elementares e suas porcentagens.****Spectrum details**

Spectrum 4

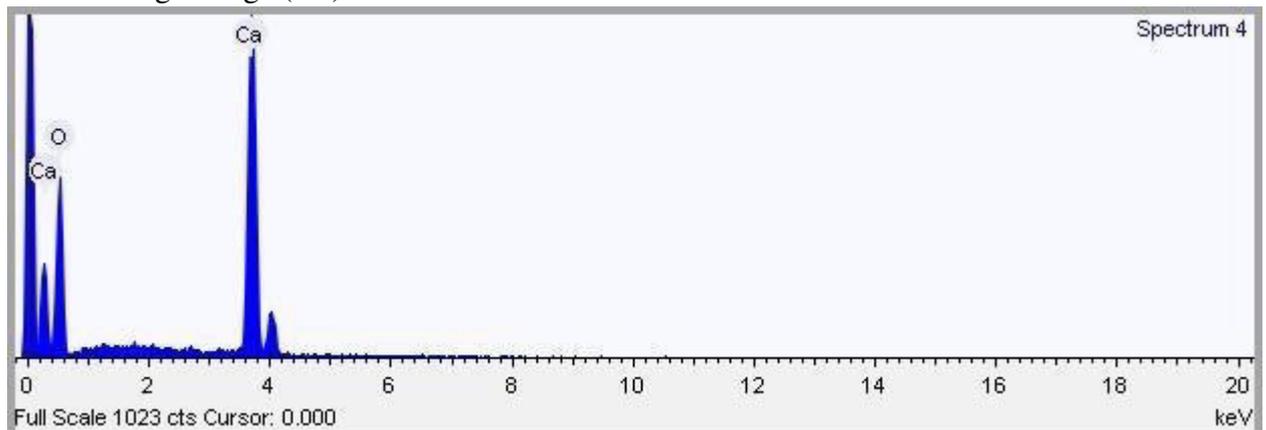
**Electron Image**

Image Width: 1.647 mm

**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.****Acquisition conditions**

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0

**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.****Quantification Settings**

Quantification method      Stoichiometry (normalised)

Combined element      Oxygen

Number of anions 22.0  
Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	71.471	0.531	50.000	100.000	CaO
Oxygen	28.529	0.531	50.000		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 5

### Electron Image

Image Width: 1.647 mm

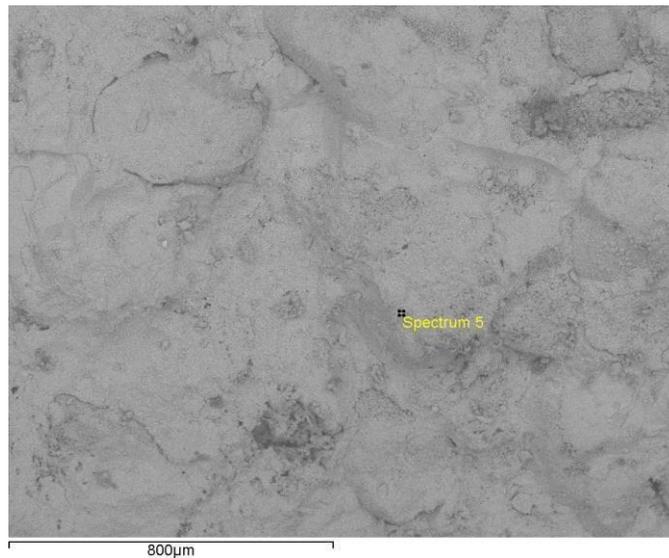
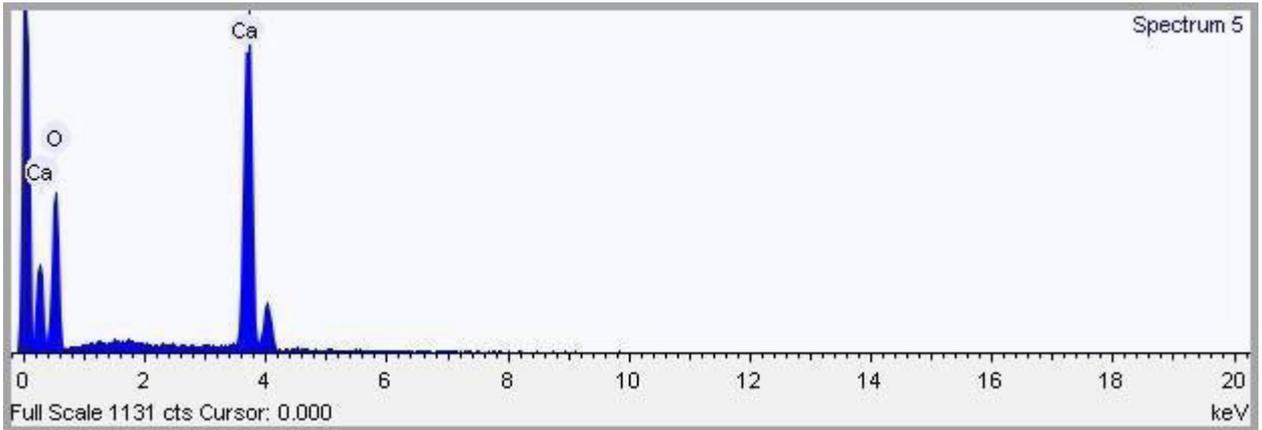


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	71.471	0.498	50.000	100.000	CaO
Oxygen	28.529	0.498	50.000		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 6

### Electron Image

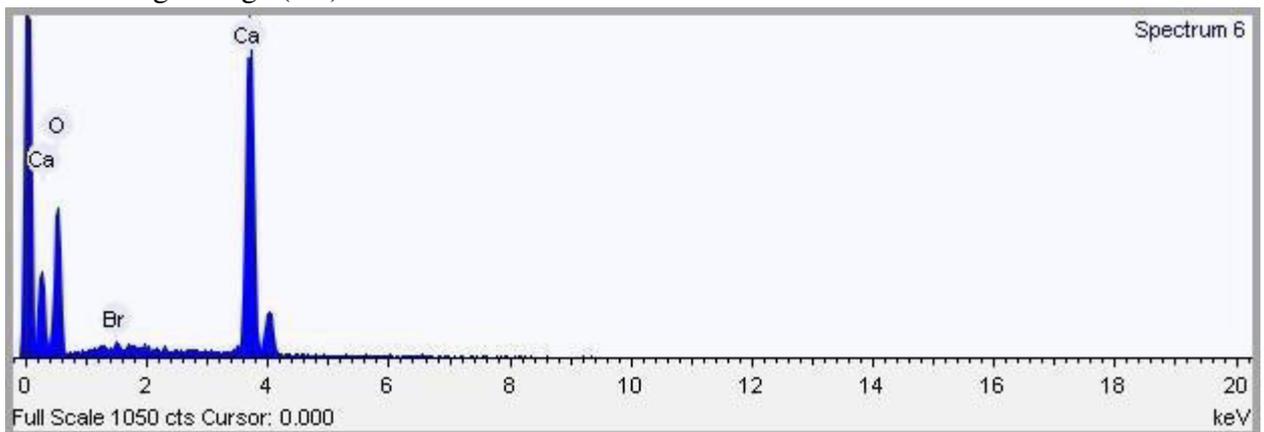
Image Width: 1.647 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	70.275	0.585	49.703	98.327	CaO
Bromine	1.673	0.403	0.593	0.000	
Oxygen	28.052	0.522	49.703		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 1

### Electron Image

Image Width: 1.647 mm

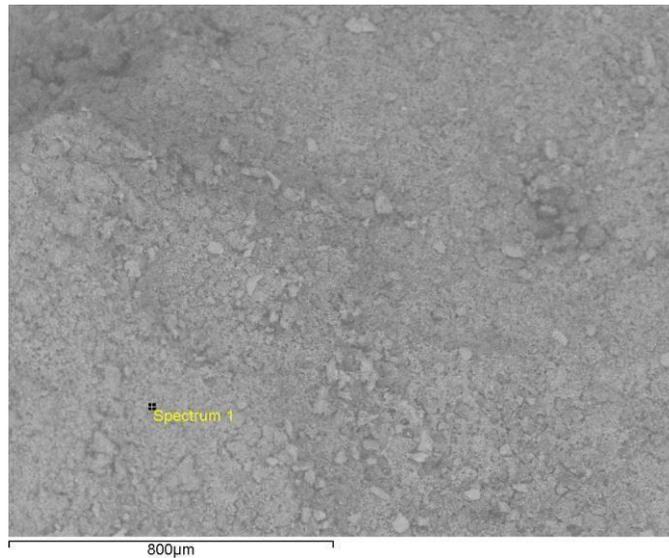
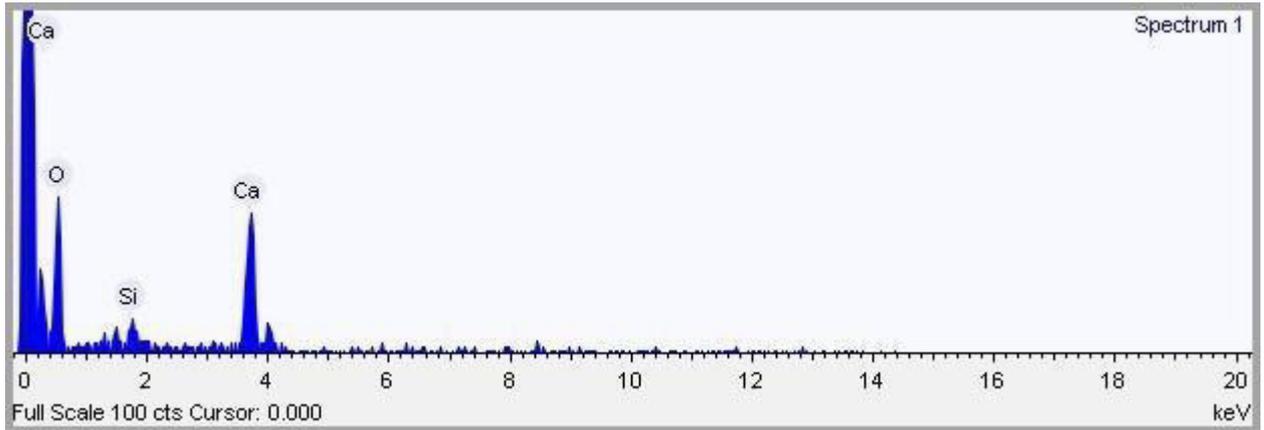


Figura 42 - Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)  
 Combined element Oxygen  
 Number of anions 22.0  
 Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Silicon	6.718	1.594	6.342	14.371	SiO <sub>2</sub>
Calcium	61.200	2.947	40.487	85.629	CaO
Oxygen	32.083	2.816	53.171		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 2

### Electron Image

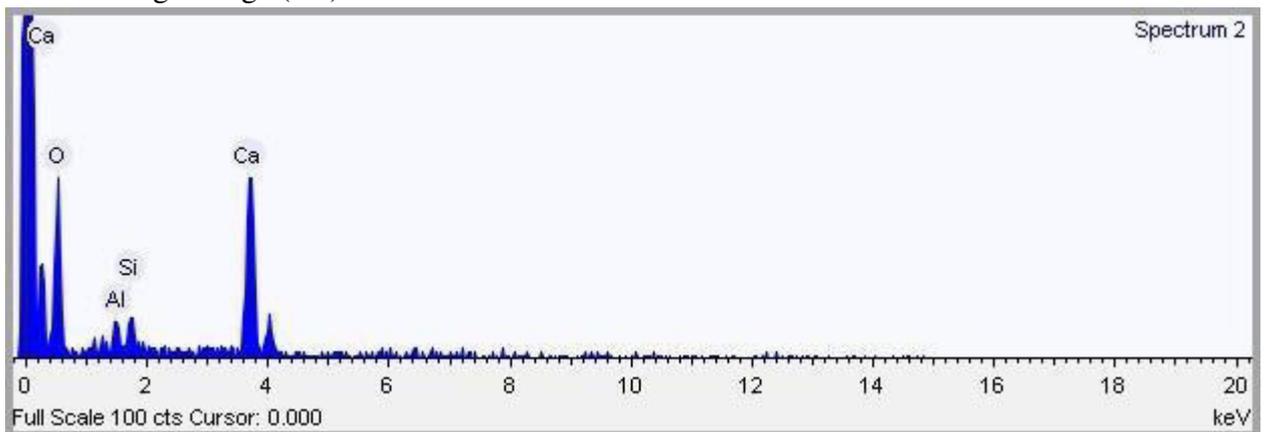
Image Width: 1.647 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

## Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	5.430	1.212	5.233	10.260	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	4.662	1.310	4.316	9.974	SiO <sub>2</sub>
Calcium	57.010	2.513	36.985	79.767	CaO
Oxygen	32.898	2.381	53.466		

Dados elementares e suas porcentagens.

## Spectrum details

Spectrum 3

### Electron Image

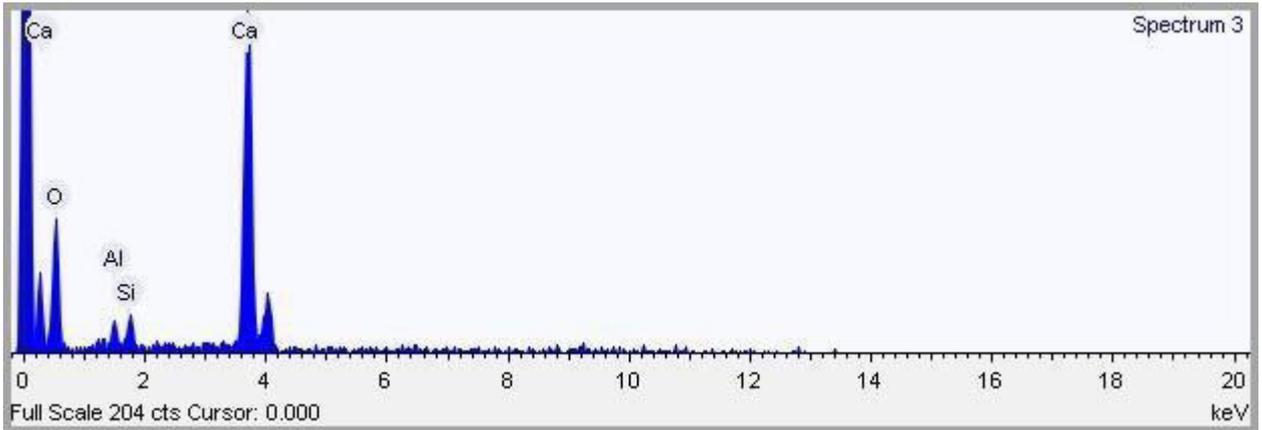
Image Width: 1.647 mm



Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

## Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	2.388	0.449	2.380	4.512	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	2.993	0.479	2.867	6.404	SiO <sub>2</sub>
Calcium	63.669	1.213	42.725	89.084	CaO
Oxygen	30.949	1.156	52.028		

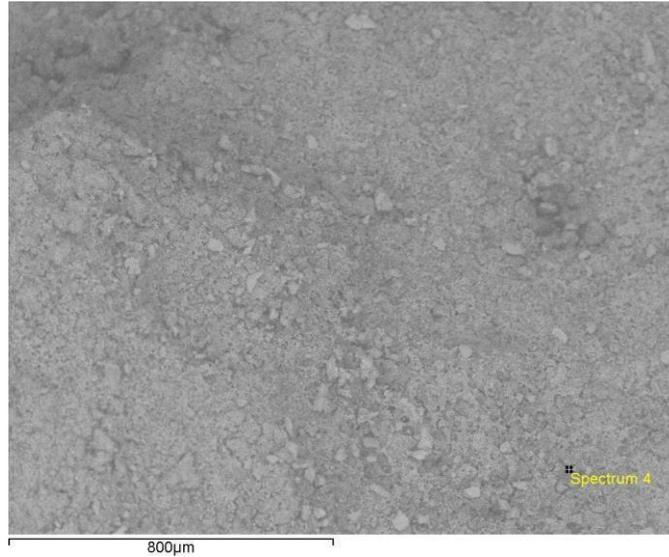
Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 4

### Electron Image

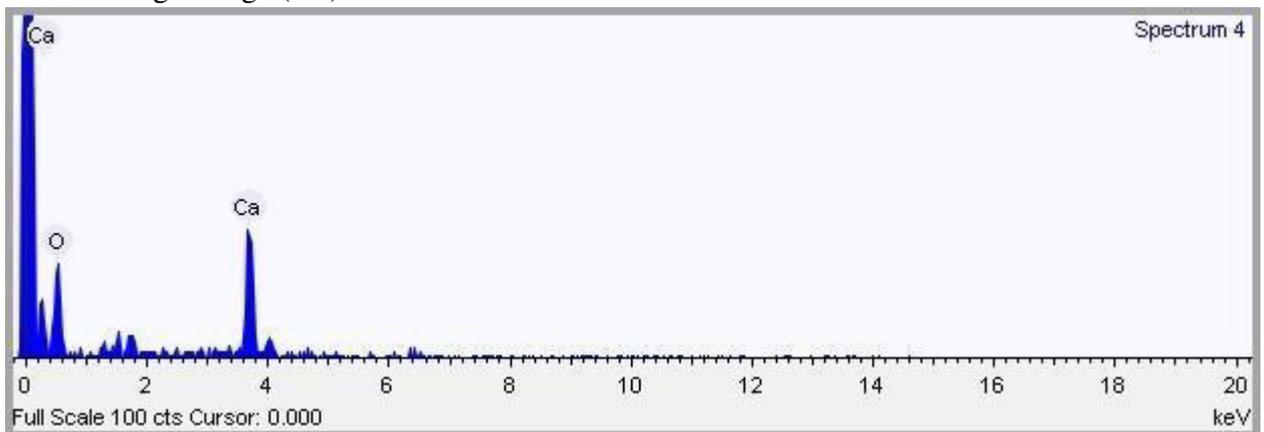
Image Width: 1.647 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Calcium	71.471	2.852	50.000	100.000	CaO
Oxygen	28.529	2.852	50.000		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 5

### Electron Image

Image Width: 1.647 mm

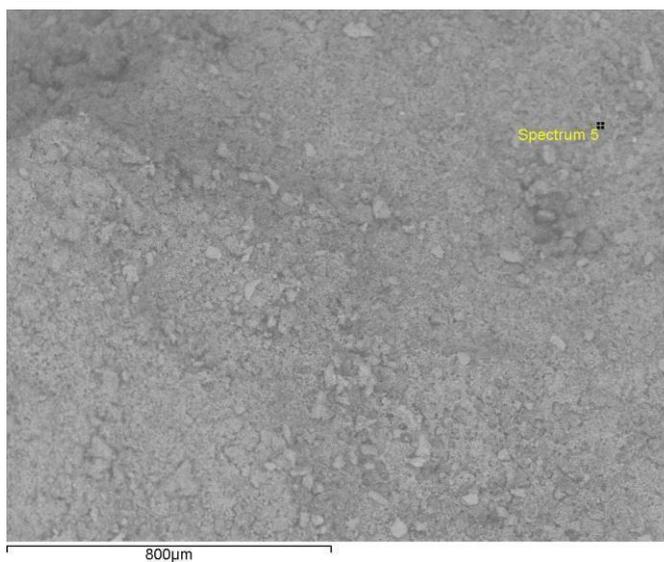
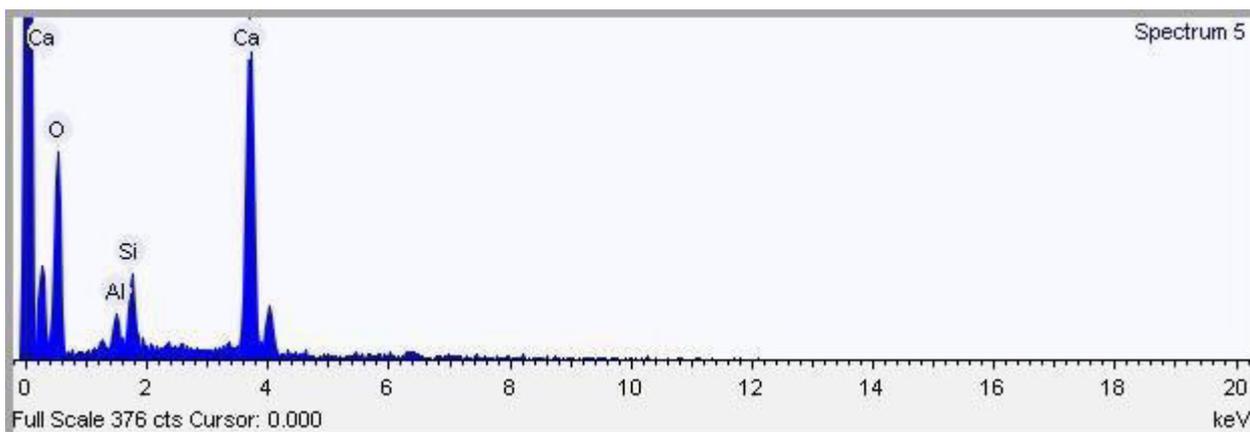


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)  
 Combined element Oxygen  
 Number of anions 22.0  
 Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	3.054	0.407	2.945	5.770	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	6.537	0.501	6.056	13.984	SiO <sub>2</sub>
Calcium	57.353	0.941	37.235	80.246	CaO
Oxygen	33.057	0.892	53.764		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 6

### Electron Image

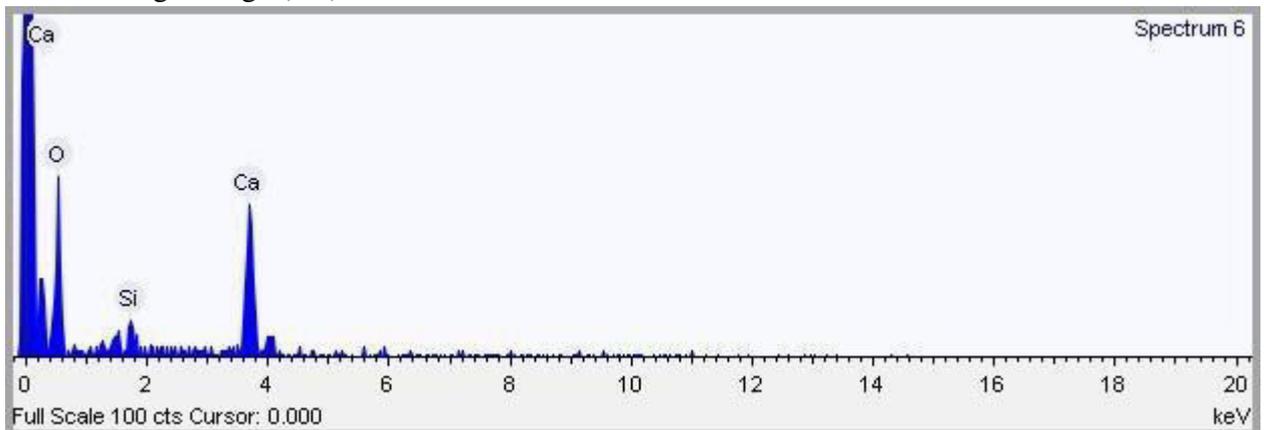
Image Width: 1.647 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

**Summary results**

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Silicon	6.891	1.582	6.496	14.742	SiO <sub>2</sub>
Calcium	60.935	2.774	40.255	85.258	CaO
Oxygen	32.174	2.644	53.248		

**Dados elementares e suas porcentagens.**

## ANEXO E - ANÁLISE PELO MEV REFERENTE AO PONTO 13

### Ponto 13

#### Spectrum details

Spectrum 1

#### Electron Image

Image Width: 2.059 mm

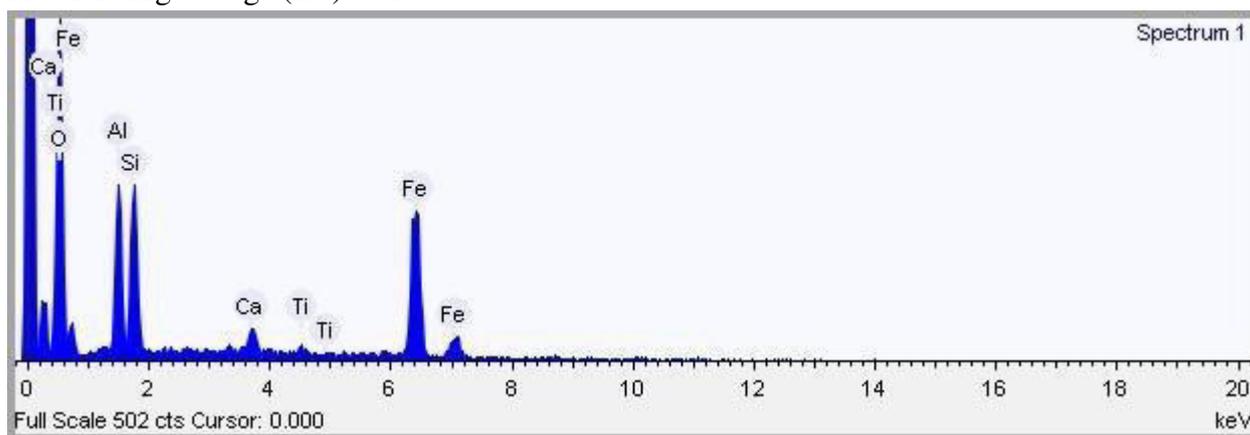


Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

#### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4

Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

#### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)

Combined element      Oxygen

Number of anions 22.0  
Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	9.512	0.366	9.645	17.973	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	9.612	0.378	9.364	20.564	SiO <sub>2</sub>
Calcium	2.048	0.235	1.398	2.865	CaO
Titanium	0.836	0.242	0.477	1.394	TiO <sub>2</sub>
Iron	44.466	0.847	21.784	57.205	FeO
Oxygen	33.526	0.756	57.332		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 2

### Electron Image

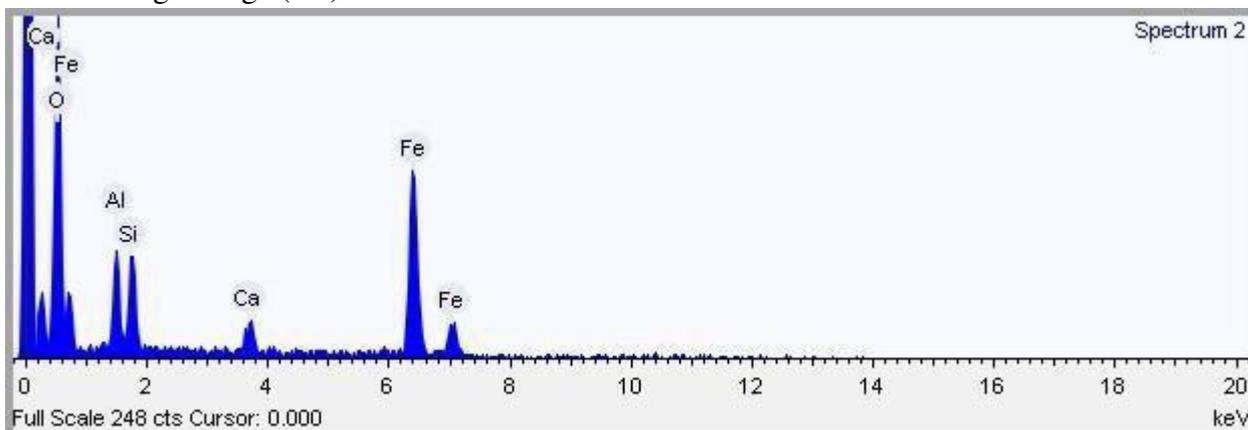
Image Width: 2.059 mm



Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	6.019	0.493	6.649	11.373	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	6.413	0.494	6.805	13.719	SiO <sub>2</sub>
Calcium	2.504	0.361	1.862	3.503	CaO
Iron	55.503	1.261	29.620	71.404	FeO
Oxygen	29.560	1.146	55.065		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 3

### Electron Image

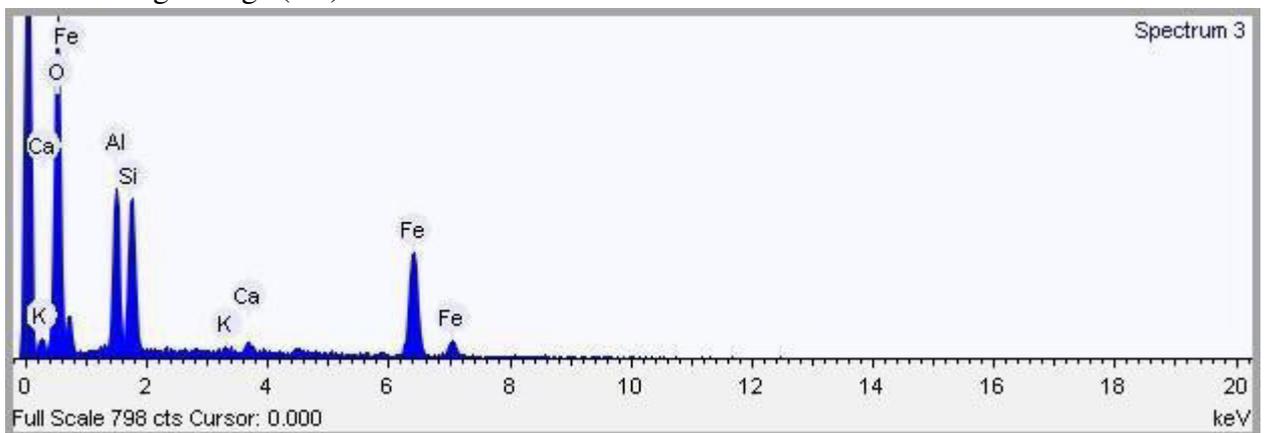
Image Width: 2.059 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Gráfico 20 - Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	11.336	0.356	10.991	21.419	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	12.101	0.373	11.271	25.887	SiO <sub>2</sub>
Potassium	0.525	0.157	0.351	0.632	K <sub>2</sub> O
Calcium	0.929	0.188	0.607	1.300	CaO
Iron	39.458	0.755	18.484	50.762	FeO
Oxygen	35.651	0.669	58.296		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 4

### Electron Image

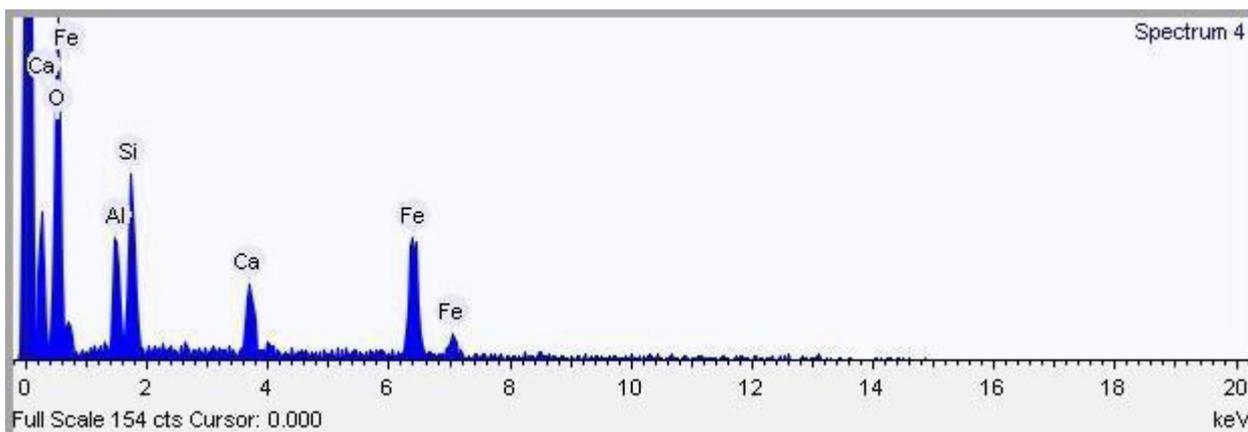
Image Width: 2.059 mm



Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)  
 Combined element Oxygen  
 Number of anions 22.0  
 Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	6.544	0.658	6.657	12.365	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	11.105	0.780	10.852	23.756	SiO <sub>2</sub>
Calcium	6.650	0.633	4.554	9.305	CaO
Iron	42.421	1.634	20.848	54.574	FeO
Oxygen	33.280	1.443	57.090		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 5

### Electron Image

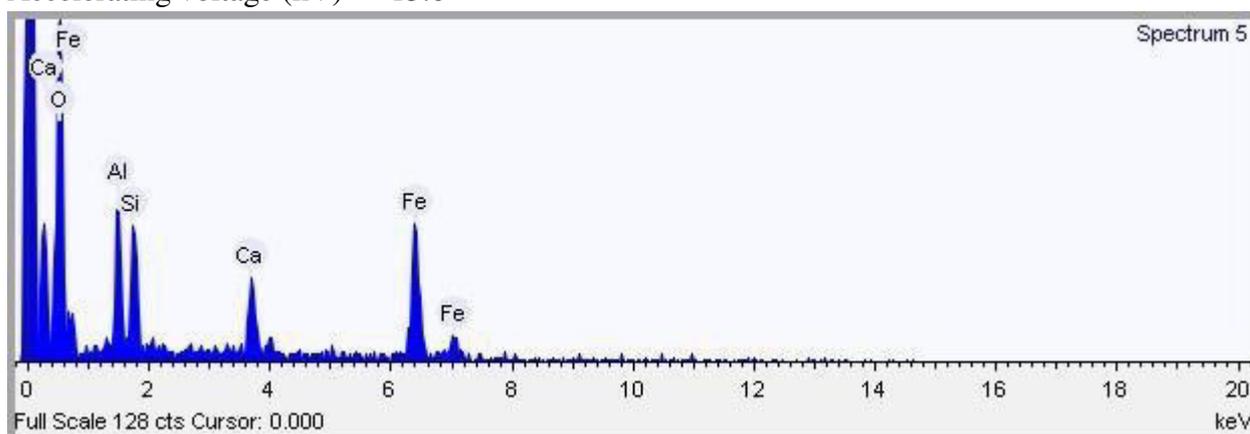
Image Width: 2.059 mm



**Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.**

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



**Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.**

### Quantification Settings

Quantification method      Stoichiometry (normalised)  
 Combined element      Oxygen  
 Number of anions      22.0  
 Coating element      None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	8.849	0.758	9.058	16.720	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	8.533	0.772	8.391	18.255	SiO <sub>2</sub>
Calcium	7.227	0.703	4.980	10.112	CaO
Iron	42.685	1.760	21.110	54.913	FeO
Oxygen	32.706	1.549	56.460		

Dados elementares e suas porcentagens.

### Spectrum details

Spectrum 6

### Electron Image

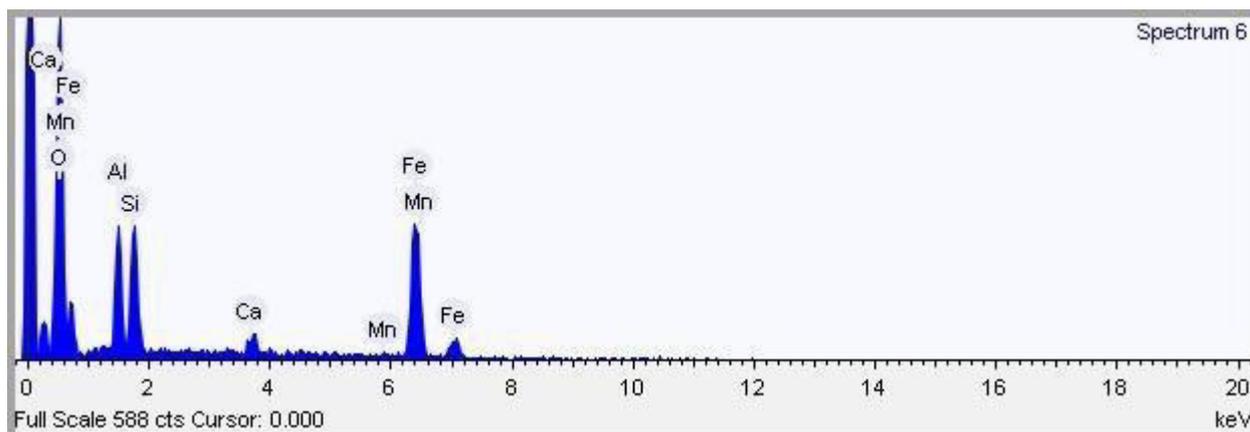
Image Width: 2.059 mm



Imagem gerada através do MEV sob esta amostra.

### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 30.0      Process time 4  
 Accelerating voltage (kV) 15.0



Picos de ocorrência de elementos presentes na amostra.

### Quantification Settings

Quantification method Stoichiometry (normalised)

Combined element Oxygen

Number of anions 22.0

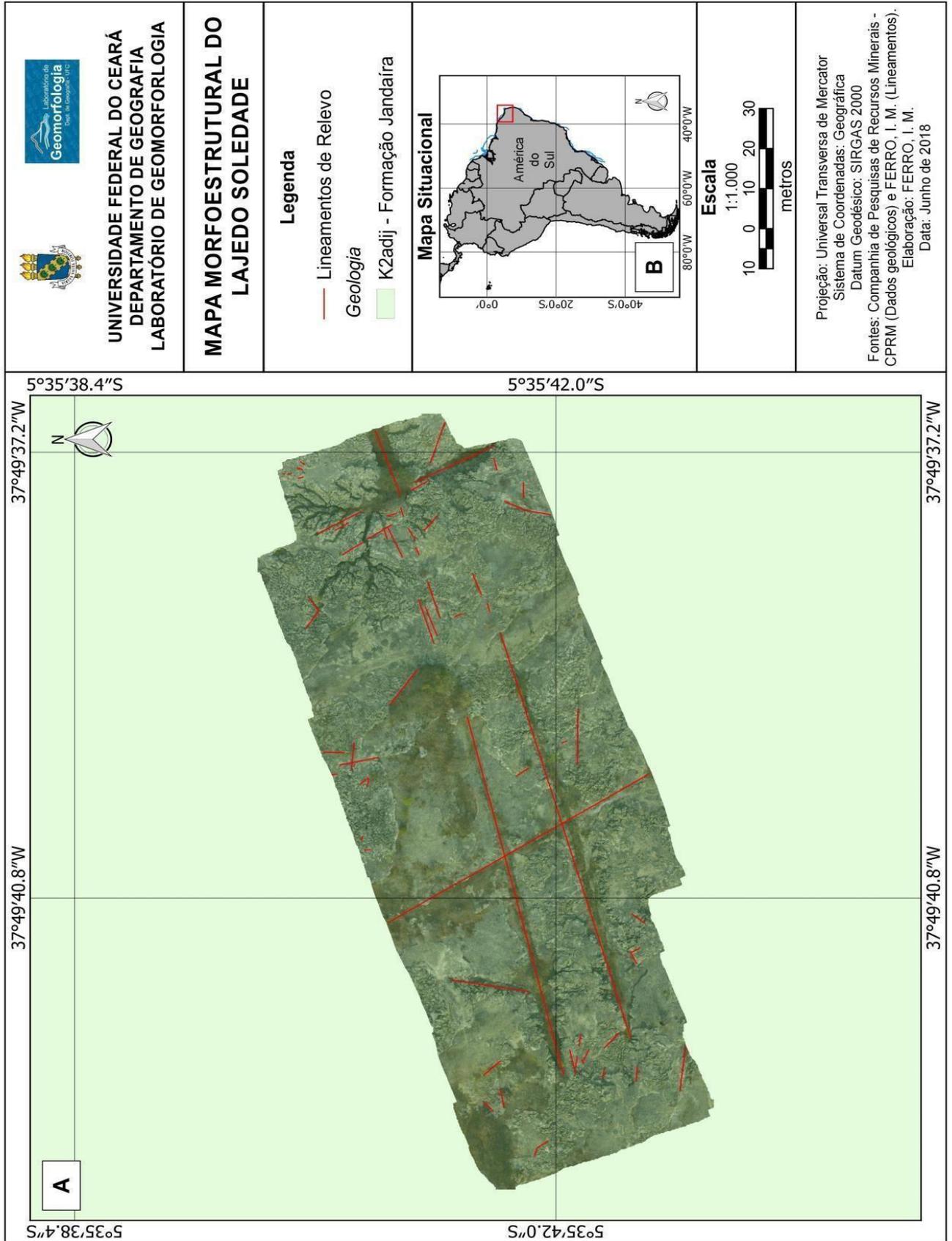
Coating element None

### Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %	Compound %	Formula
Aluminum	8.563	0.363	8.874	16.178	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicon	9.048	0.380	9.008	19.356	SiO <sub>2</sub>
Calcium	1.937	0.229	1.351	2.710	CaO
Manganese	1.085	0.356	0.552	1.401	MnO
Iron	46.915	0.865	23.492	60.356	FeO
Oxygen	32.453	0.772	56.723		

Dados elementares e suas porcentagens.

ANEXO F - MAPA DE PONTOS



**ANEXO G - MAPA MORFOESTRUTURAL**

