

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

PROJETO GIPSITA NO SUDOESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 25

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Costa Lima de Albuquerque Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos

Ioná de Abreu Cunha

Chefe da Divisão de Geoquímica

Cassiano Costa e Castro

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Durringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Ricardo Luiz Barreiros Motta

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

Superintendente Regional

Vanildo Almeida Mendes

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Silvana Carvalho Melo

Responsável Técnico do Projeto

Roberto Batista Santos

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

PROJETO GIPSITA NO SUDOESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

Estados de Pernambuco e Piauí

ORGANIZADORES

Roberto Batista Santos
Silvana Diene Sousa Barros
Geysson de Almeida Lages

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Rochas e Minerais Industriais, nº 25



Recife
2019

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Recife

ORGANIZAÇÃO

Roberto Batista Santos
Silvana Diene Sousa Barros
Geysson de Almeida Lages

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Silvana Diene Sousa Barros

2. Panorama Econômico do Setor Produtivo da Gipsita

Gustavo Alexandre Silva

3. Geologia da Bacia do Araripe: aspectos gerais

Silvana Diene Sousa Barros
Roberto Batista Santos

4. Geologia da Área do Projeto

Roberto Batista Santos
Bruno Ludovico Dihl Horn
Silvana Diene Sousa Barros

5. Geofísica

Roberto Gusmão de Oliveira

6. Tectônica Pós-Rifte: Controle dos Depósitos de Gipsita

Roberto Batista Santos

7. Cadastramento de Minas, Garimpos e Ocorrências de Gipsita

Roberto Batista Santos
Cristiano de Andrade Amaral

8. Características e Gênese da Mineralização

Bruno Ludovico Dihl Horn
Silvana Diene Sousa Barros

9. Conclusões e Recomendações

Roberto Batista Santos
Silvana Diene Sousa Barros
Bruno Ludovico Dihl Horn
Roberto Gusmão de Oliveira

Referências

Silvana Diene Sousa Barros
Roberto Batista Santos
Bruno Ludovico Dihl Horn
Roberto Gusmão de Oliveira
Gustavo Alexandre Silva

Apêndice

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA (<http://geosgb.cprm.gov.br>)

Roberto Batista Santos
Silvana Diene Sousa Barros
Dunaldson Eliezer Alcoforado Rocha
Cristiano de Andrade Amaral

APOIO TÉCNICO

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Alcemir da Silva
Renê Cavalcante

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (GERINF-SA)

Andrea Machado de Souza

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Isabel Ângela dos Santos Matos

COLABORADORES

Carlos Alberto Cavalcanti Lins
Joseneusa Brilhante Rodrigues
Ricardo Cavalcanti Santiago
Stella Bijos Guimarães

REVISÃO DO TEXTO PARA PUBLICAÇÃO

Geysson de Almeida Lages
Felipe José da Cruz Lima
Ioná de Abreu Cunha
Nívia Pina de Souza Santos
Alessandra Elisa Blaskowski
Rogério Celestino de Almeida

REVISÃO FINAL

Geysson de Almeida Lages
Ioná de Abreu Cunha

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

S237g Santos, Roberto Batista.

Gipsita no Sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, estados de Pernambuco e Piauí / Organizadores: Roberto Batista Santos, Silvana Diene Sousa Barros, Geysson de Almeida Lages – Recife: CPRM, 2019.

61p.: il. color.; Documento eletrônico. – (Informe de Recursos Minerais, Série Rochas e Minerais Industriais, 25)

Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral – Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil.
ISBN 978-85-7499-575-5

1. Gipsita – Brasil. 2. Depósitos Minerais – Bacia do Araripe. 3. Recursos Naturais – Bacia do Araripe. 4. Bacia Sedimentar – Brasil. I. Barros, Silvana Diene Sousa. II. Lages, Geysson de Almeida. III. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. IV. Título. V. Série.

CDD 553.6350981

FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

1. Afloramento de Gipsita intrasedimentar e estratificada;
2. Mina Sítio Escorrego (Mineração Puluca). Sítio Escorrego, Ipubi-PE. Folha Ipubi;
3. Ocorrência de gipsita no Sítio Andorinha. Folhelho na parte superior. Sítio Andorinha, Bodocó-PE. Folha Ipubi;
4. Arenito da Fomação Exu exibindo estratificação cruzada acanalada.

APRESENTAÇÃO

O Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos no Projeto Gipsita no Sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe. O empreendimento é ligado ao **PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**, financiado pelo **PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (PACII)** do governo federal, dentro da ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil.

O **PROJETO GIPSITA NO SUDOESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE** estabeleceu como meta geral contribuir para ampliação da reserva apresentando áreas potenciais para exploração de gipsita no noroeste de Pernambuco e sudeste do Piauí, bem como, avançar na possibilidade de ocorrência de outros minerais de minério com maior valor agregado como, por exemplo, a celestita, fomentando, assim, a exploração mineral. Os estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica com uso de técnicas avançadas e sua execução e gerenciamento, no Serviço Geológico do Brasil – CPRM, foram responsabilidade da Superintendência Regional de Recife, com coordenação nacional da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos – DIPEME e coordenação geral do Departamento de Geologia e Recursos Minerais – DEREM.

A área sudoeste da Bacia Sedimentar do Araripe, nos estados de Pernambuco e Piauí, foi selecionada em virtude de o Polo Gesseiro Pernambucano ser destaque no cenário brasileiro por abastecer, aproximadamente, 95% do mercado, devido à qualidade do produto manufaturado, diretamente relacionado ao grau de pureza da sua matéria prima (gipsita). Além disso, a Bacia Sedimentar do Araripe que representa um importante marco geológico, instalado no sertão nordestino entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí recebe com essa publicação, juntamente com as 7 cartas geológicas na escala 1:50.000 e o Informe Geoquímico da Bacia do Araripe, já publicados, uma atualização e revisão estratigráfica da bacia, caracterização e gênese das fácies de minério e modelos de prospecção mineral.

Este produto, aqui disponibilizado, compreende o texto em PDF do Informe de Recursos Minerais.

Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM cumpre seu papel de induzir o desenvolvimento socioeconômico regional e setorial por meio da atualização do conhecimento geológico e dos recursos minerais do Brasil.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Polo Gesseiro Pernambucano tem destaque no cenário brasileiro por abastecer, aproximadamente, 95% do mercado, devido à qualidade do produto manufaturado, diretamente relacionado ao grau de pureza da sua matéria prima (gipsita). Esta gipsita provém da bacia sedimentar do Araripe que representa um importante marco geológico, instalado no sertão nordestino na área limítrofe entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Iniciado em 2009, o Serviço Geológico do Brasil executou o Projeto Gipsita na parte sudoeste da Bacia do Araripe, que teve por objetivo ampliar a reserva e apresentar áreas potenciais para exploração de gipsita no noroeste de Pernambuco e sudeste do Piauí. O projeto realizou a revisão das unidades geológicas com foco para a Formação Ipubi, apresentadas em 07 folhas na escala 1:50.000 (Simões, Araripina, Monte Santo, Curral Novo do Piauí, Morais, Ipubi, Trindade).

A Formação Ipubi está estratigraficamente inserida no Grupo Santana e constitui a unidade mineralizada que ocorre de forma descontínua sendo que, os depósitos são cartografados na base das encostas ou em trapas sobre o embasamento cristalino. O minério ocorre com pacote de espessura de até 30 m, e pode ser utilizado in natura na agricultura e no cimento “Portland”; ou calcinada na construção civil e na indústria para aplicações médicas. Na área investigada, identificou-se quatro fácies evaporíticas (2 primárias e 2 secundárias), além das fácies carbonáticas e siliciclásticas. No âmbito das fácies evaporíticas tem-se: Gipsita intrasedimentar “piso” caracterizada por cristais pequenos, anédricos, intercalados com calcita, grãos de quartzo, feldspato e matéria orgânica; Gipsita estratificada “Cocadinha” associada à intercalação de gipsita “swallow tail” grossa a fina com cristais alinhados em camadas. Pode ocorrer juntamente com esteira algal alternando com anidrita; Gipsita maciça “rapadura/Johnson” refere-se à gipsita em mosaico grosso a fino, de aparência maciça ou com estratificação incipiente. Ocorrem agregados fibro-radiados de gipsita que são o resultado da recristalização de fácies sindeposicionais de gipsita e anidrita; Gipsita espática preenche os veios e fraturas de tamanhos variados, com cristais crescendo perpendicular ao sentido de abertura. As demais fácies (carbonáticas e siliciclásticas) são os calcilitos maciços afossilíferos, e os folhelhos verdes a negros fossilíferos. Não foram identificadas fácies com zonas diferenciadas contendo celestita e o mesmo foi identificado apenas como mineral em lâmina delgada. Os valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$), oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e enxofre ($\delta^{34}\text{S}$), para amostras provenientes da Formação Ipubi em diferentes depósitos, sugerem uma compartimentação em lagos pequenos com fontes de alimentação diferenciadas, provavelmente controlados pelas estruturas tectônicas; ou por dois pulsos deposicionais em um único lago para a gipsita, com aporte em diferentes momentos; ou ainda se aventa idades diferentes na deposição dos evaporitos.

De acordo com os resultados da interpretação dos dados aeromagnetométricos, foi possível propor um modelo de evolução do arranjo dos depósitos, para as áreas de Rancharia e Ipubi, em ambos, houve a reativação de estruturas pré-existentes no embasamento cristalino, desenvolvimento de falhas normais formando *grabens* e *horsts* e aprisionamento de parte dos sedimentos nos *grabens*. A erosão posterior dos sedimentos localizados nos *horsts* possibilitou a exposição dos depósitos de gipsita. Na região de Rancharia, a prospecção de novos depósitos pode ser feita ao longo da direção das estruturas que aprisionaram os sedimentos. Enquanto que para a região de Ipubi a prospecção de novos depósitos não tem uma direção preferencial podendo ser feita em qualquer direção a partir de um depósito conhecido.

Os dados de sondagem elétrica vertical (SEV), na região de Ipubi, inferem que um pacote de 45 m da camada sedimentar da Formação Araripina já fora erodida no trecho investigado. A disposição dos dados também sugere o posicionamento do mar na porção nordeste do Polo Gesseiro, envolvendo as áreas de Ipubi e Morais, nessa região os sedimentos da Formação Ipubi parecem representar sedimentação de maior profundidade.

ABSTRACT

The Polo Gesseiro Pernambucano stands out in the Brazilian scenario for supplying approximately 95% of the market, due to the quality of the manufactured product, directly related to the purity of its raw material (gypsum). This gypsum comes from the Araripe basin that represents an important geological landmark, installed in the northeastern backlands in a border area between the states of Pernambuco, Ceará and Piauí. Started in 2009, the Geological Survey of Brazil executed the Projeto Gipsita no sudoeste da Bacia do Araripe, which aims to expand the ore resources and present potential areas for gypsum exploration in the northwest of Pernambuco and southeast of Piauí. The project carried out a review of geological units focused on the Ipubi Formation presented in 07 geological datasheets on the 1: 50,000 scale (Simões, Araripina, Monte Santo, Curral Novo do Piauí, Morais, Ipubi and Trindade).

The Ipubi Formation is stratigraphically inserted in the Santana Group, and constitutes the mineralized unit that occurs in discontinuous layers, and the deposits are mapped at the base of the slope, or in traps over the crystalline basement. The oreshoots come with a package of thickness of up to 30 m, and can be used in natura in agriculture and Portland cement; or calcined in construction and industry for medical applications. In the area investigated, four evaporite facies (2 primary and 2 secondary) were identified, in addition to carbonate and siliciclastic facies. In the context of the evaporite facies there is: Intra-sedimentar Gypsite “piso” characterized by small, anhedral crystals interspersed with calcite and grains of quartz and feldspar and organic matter; Layered gypsite “Cocadinha” associated with the intercalation of coarse-to-thin “swallow tail” gypsum with crystals aligned in layers. It can occur along with an algal sediments alternating with anhydrite; Massive gypsite “rapadura / Johnson” refers to gypsum in thick to fine mosaic, has a massive appearance or with incipient stratification. Fractured aggregates of gypsite are the result of the recrystallization of syn-depositional gypsite and anhydrite facies; Spastic gypsum that fills veins and fractures of varying size, with crystals growing perpendicular to the opening direction. The other facies (carbonate and siliciclastic) are the afossiliferous massive mudstones, and the green and black fossiliferous shales. No facies were identified with differentiated zones containing celestite and it was identified only as mineral in thin sections. The isotopic data of carbon ($\delta^{13}\text{C}$), oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) and sulphur ($\delta^{34}\text{S}$) for rock samples from the Ipubi Formation in different deposits suggest a compartmentalization in small lakes with different feeding sources, probably controlled by tectonic structures; or by two depositional pulses in a single lake for the gypsum, with contribution at different moments in the lake, or even suggesting different ages in the deposition of the evaporites.

According to the results of the interpretation of the magnetometric data, it was possible to propose a model of evolution of the deposit arrangement, for the Rancharia and Ipubi areas, in both reactivation of pre-existing structures in the crystalline basement and development of normal faults forming grabens and horsts and entrapment of part of the sediments in the grabens. Later erosion of the sediments located in the horsts allowed the exposure of the gypsum deposits. In the region of Rancharia, the prospection of new deposits can be made along the direction of the structures that imprisoned the sediments. While for the region of Ipubi the prospection of new deposits does not have a preferential direction and can be done in any direction from a known deposit.

The data of vertical electrical probe (SEV), in the region of Ipubi, infer that a package of 45 m of the sedimentary layer of the Araripina Formation had already been eroded in the section investigated. The arrangement of the data also suggests the positioning of the sea in the northeastern portion of the Polo Gesseiro, involving the areas of Ipubi and Morais, in this region the sediments of the Ipubi Formation seem to represent sedimentation of greater depth.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS, LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	8
1.2. JUSTIFICATIVA	8
1.3. OBJETIVOS	8
1.4. METODOLOGIA E PRODUTOS	8
1.5. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	11
1.5.1. Clima	11
1.5.2. Hipsometria, Relevo e Hidrologia.....	11
1.5.3. Solo e Vegetação	11
2. PANORAMA ECONÔMICO DO SETOR PRODUTIVO DA GIPSITA	12
2.1. CONJUNTURA	12
2.2. UTILIZAÇÃO DA GIPSITA ATRAVÉS DO TEMPO.....	12
2.3. USOS E APLICAÇÕES	13
2.4. RECURSOS E RESERVAS	13
2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL	13
2.6. PRODUÇÃO NACIONAL	14
2.7. COMÉRCIO EXTERIOR	14
2.8. MERCADO E PREÇOS PRATICADOS NO BRASIL	15
3. GEOLOGIA DA BACIA DO ARARIPE: ASPECTOS GERAIS	16
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
3.2. BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE	16
3.2.1. Arcabouço Tectônico da Bacia Sedimentar do Araripe	16
3.2.2. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe	18
4. GEOLOGIA DA ÁREA DO PROJETO	21
4.1. UNIDADES DO EMBASAMENTO	21
4.1.1. Complexo Granjeiro - A4g e A4yg (Neoarqueano)	21
4.1.2. Complexo Itaizinho - PP2i (Riáciano)	21
4.1.3. Unidade Ipueirinha xisto - PPI (Estateriano)	21
4.1.4. Suíte Intrusiva Itaporanga - NP3γit (Ediacarano).....	21
4.1.5. Granitóides de quimismo indiscriminado - NP3γ3i (Ediacarano)	21
4.1.6. Granitoide Bodocó – ε2γ4b (Cambriano)	21
4.2. UNIDADES SEDIMENTARES DO MESOZOICO.....	21
4.2.1. Grupo Santana – K1 (Cretáceo Inferior)	21
4.2.1.1. Formação Ipubi (K1ip).....	22
4.2.1.2. Formação Romualdo (K1rmd)	23
4.2.2. Grupo Araripe (Cretáceos inferior – K1 e superior – K2).....	23
4.2.2.1. Formação Araripina (K1ap).....	23
4.2.3. Formação Exu (Ke1,2)	24
4.3. UNIDADES SEDIMENTARES DO CENOZOICO (NEÓGENO - QUATERNÁRIO)	26
4.3.1. Depósitos Colúvio-eluviais (NQc)	26
4.3.2. Coberturas Recentes (Q2a)	26

5. GEOFÍSICA.....	27
5.1. INTRODUÇÃO.....	27
5.2. TRABALHOS GEOFÍSICOS ANTERIORES.....	27
5.3. AQUISIÇÃO DOS DADOS.....	28
5.3.1. Dados Aerogeofísicos.....	28
5.3.2. Dados de Eletrorresistividade.....	28
5.4. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS.....	28
5.4.1. Gamaespectrometria.....	28
5.4.2. Magnetometria.....	30
5.5. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE ELETORRESISTIVIDADE.....	30
5.6. MODELOS PROSPECTIVOS.....	35
5.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS E MODELOS GEOFÍSICOS DE PROSPECÇÃO.....	35
6. TECTÔNICA PÓS-RIFTE: CONTROLE DOS DEPÓSITOS DE GIPSITA.....	38
7. CADASTRAMENTO DE MINAS, GARIMPOS E OCORRÊNCIAS DE GIPSITA.....	42
8. CARACTERÍSTICAS E GÊNESE DA MINERALIZAÇÃO.....	43
8.1. INTRODUÇÃO.....	43
8.2. IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES.....	43
8.3. CARACTERIZAÇÃO DAS FÁCIES.....	43
8.3.1. fácies evaporíticas.....	43
8.3.2. fácies não evaporíticas.....	45
8.4. ANÁLISES QUÍMICAS DAS FÁCIES EVAPORÍTICAS.....	48
8.4.1. Difractometria de Raios-X.....	48
8.4.2. Química Mineral.....	48
8.5. ANÁLISES DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.....	50
8.5.1. Isótopos de Carbono (¹³ C) e Oxigênio (¹⁸ O).....	50
8.5.2. Isótopos de Enxofre (³⁴ S).....	52
8.6. AMBIENTE DEPOSICIONAL.....	53
8.7. CONSIDERAÇÕES E POSSÍVEIS GUIAS PROSPECTIVOS.....	55
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	57
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE.....	62
LISTAGEM DOS RECURSOS MINERAIS.....	63

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS, LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A gipsita é um sulfato cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que apresenta um variado interesse econômico na indústria e na agricultura, representando um dos minérios com maior destaque entre as reservas minerais do Brasil para recursos não metálicos, sendo o maior produtor da América do Sul e o 14º no mundo, contribuindo com 1.2% da produção mundial. A necessidade do redimensionamento das reservas de gipsita decorre da aplicação e diversificação da matéria prima na construção civil e em produtos manufaturados.

A Bacia Sedimentar do Araripe está instalada nas divisas dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, limitada pelas coordenadas 7°00' e 8°00' latitude sul e 38°30' e 41°00' de Longitude a oeste de Greenwich e recobre uma área da ordem de 9.000 km². A área do projeto situa-se entre as coordenadas 7°30' e 8°00' latitude sul e 40°00' e 41°00' de Longitude a oeste de Greenwich, abrangendo uma extensão de 5.250 km² (Figura 1.1).

O acesso à área, partindo de Recife, pode ser realizado através da BR-232 até a cidade de Salgueiro e daí pela BR-316 até a cidade de Araripina, perfazendo um total de 693 km. A partir dessa cidade se atinge todas as localidades da região, através de estradas federais, estaduais e municipais.

1.2. JUSTIFICATIVA

A atividade extrativa do gesso na Bacia Sedimentar do Araripe teve início na década de 1960 com a descoberta da gipsita (mineral de minério). Nas décadas subsequentes, a instalação de empresas de exploração e beneficiamento do minério (com pureza variando de 88% a 98%), possibilitou o desenvolvimento regional e, atualmente, o produto abastece o mercado nacional em até 95%. Os depósitos de gipsita do estado de Pernambuco correspondem a 18% das reservas brasileiras.

Com a instalação de um polo extrativo associado ao bem mineral (gipsita) ocorreu a formação de um polo industrial na região do Araripe, que em 2003 era constituído por 47 mineradoras, 72 calcinadoras e 193 fábricas de artefatos, resultando em 12.000 empregos diretos e 60.000 indiretos na região (SINDUSGESSO, 2003).

Em 2014, a produção brasileira de gipsita bruta ROM (*Run of Mine*) alcançou 3,45 Mt, 3,6% a mais do que no ano anterior. Pernambuco é o principal estado produtor de gipsita do Brasil, sendo responsável, em 2013, por 84,3% do total produzido, onde se destaca o “Polo Gesseiro do Araripe”, situado no extremo oeste do estado, formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri (QUEIROZ FILHO *et al.*, 2015), cujos centros urbanos de maior destaque são Araripina e Ouricuri (Figura 1.2).

Todos esses elementos reforçam a necessidade de ampliar a demanda de “áreas potenciais” para pesquisa e prospecção do bem mineral, justificando a necessidade do Serviço Geológico do Brasil - CPRM de realizar este trabalho, que através de ações integradas visam atualizar e disponibilizar o conhecimento geológico incentivando o desenvolvimento econômico-social regional.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar as características geológicas de ocorrências e depósitos de gipsita na bacia do Araripe, produzindo informações na forma de mapas e dados, que possam ampliar o conhecimento de forma a fomentar a exploração deste bem mineral, contribuindo para desenvolvimento econômico da região.

Este projeto tem como objetivos específicos:

- Realizar o mapeamento geológico, escala 1:50.000, em sete folhas na porção sudoeste da Bacia do Araripe, tendo como alvo o Grupo Santana com destaque para Formação Ipubi;
- Investigar e indicar novas áreas potenciais para exploração/exploração de gipsita, bem como detalhar áreas associadas aos recursos minerais na Formação Ipubi (Grupo Santana);
- Cadastrar as minas e ocorrências de gipsita, visando proporcionar para as empresas de mineração um instrumento de trabalho, que facilite a prospecção deste bem mineral;
- Caracterizar o minério, bem como, propor modelo para a gênese do depósito de gipsita.

1.4. METODOLOGIA E PRODUTOS

Para execução do projeto foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento bibliográfico dos dados geológicos decorrentes de mapas e projetos anteriores;

fotointerpretação, interpretações de mapas aerogeofísicos (diversos métodos) e de imagens de radar (SRTM), resultando em mapas preliminares;
 - Checagem em campo dos mapas preliminares; descrição detalhada das seções geológicas em minas e afloramentos visando a atualização da cartografia geológica das áreas investigadas que, por sua vez,

forneçam subsídios para indicação de áreas-alvo para prospecção da gipsita;
 - Levantamentos geofísicos, através do método eletrorresistividade, para verificar a detecção de horizontes de gipsita em profundidade, com o objetivo de fornecer mais uma ferramenta na prospecção deste bem mineral;

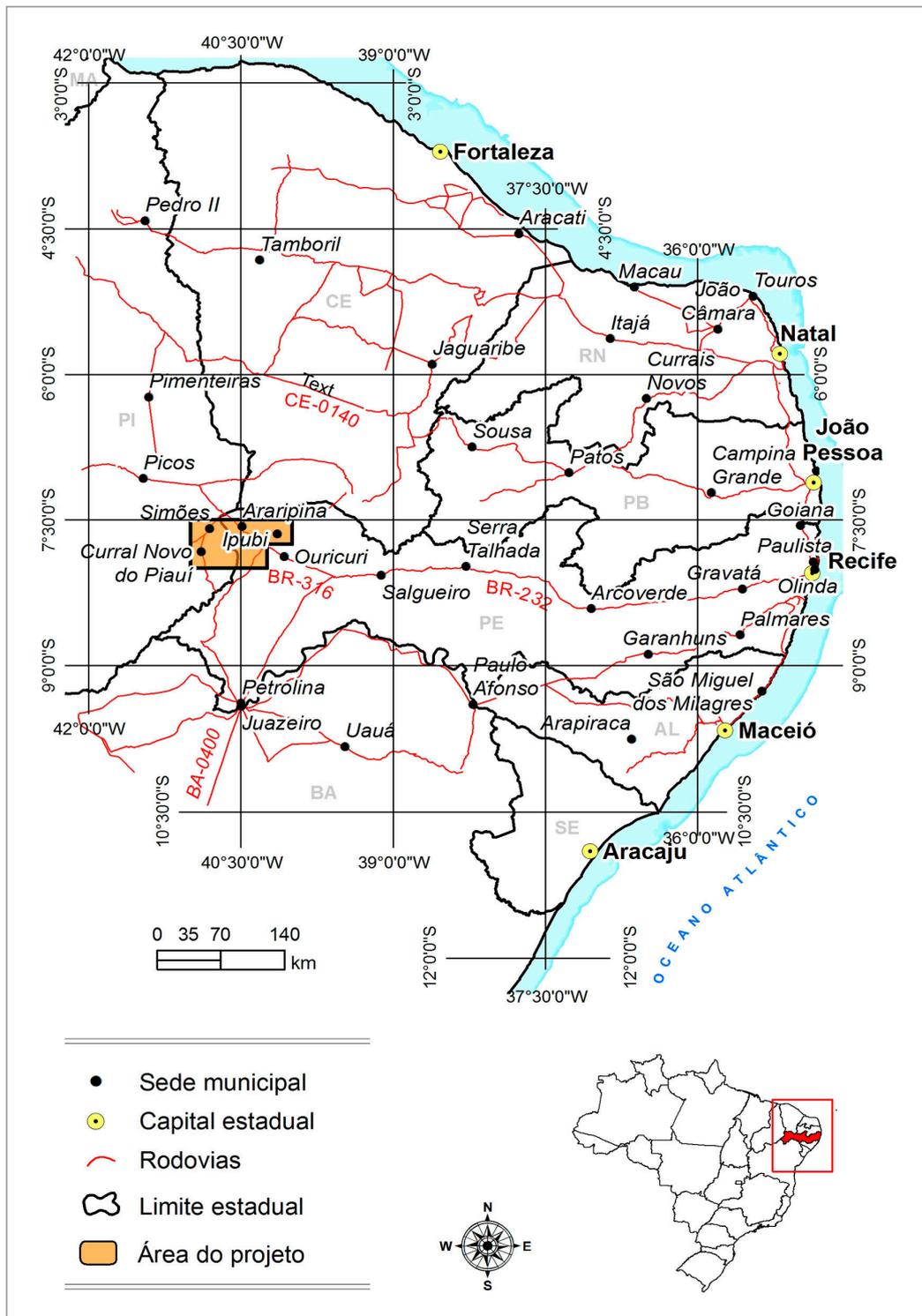


Figura 1.1 - Mapa de localização da área do projeto na Bacia Sedimentar do Araripe e vias de acesso.

- Descrições das lâminas petrográficas objetivando a caracterização do minério, às análises químicas;
 - Análises por microsonda eletrônica de seções delgadas polidas, em amostras de rocha de furo de sondagem, realizadas no Laboratório de Microsonda eletrônica do IG-UnB. As análises de microsonda eletrônica visam examinar as diferenças composicionais dos tipos de gipsita precipitadas a partir da salmoura;

- Análise quimioestratigráfica de isótopos estáveis de C, O e S (carbono, oxigênio e enxofre), no Laboratório de Isótopos Estáveis Geochronos da Universidade de Brasília (IG-UnB) e no laboratório de Isótopos estáveis da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), para caracterizar os tipos de minério, e assim auxiliar na construção do modelo metalogenético. Esses elementos fornecem informações relacionadas ao ambiente deposicional.

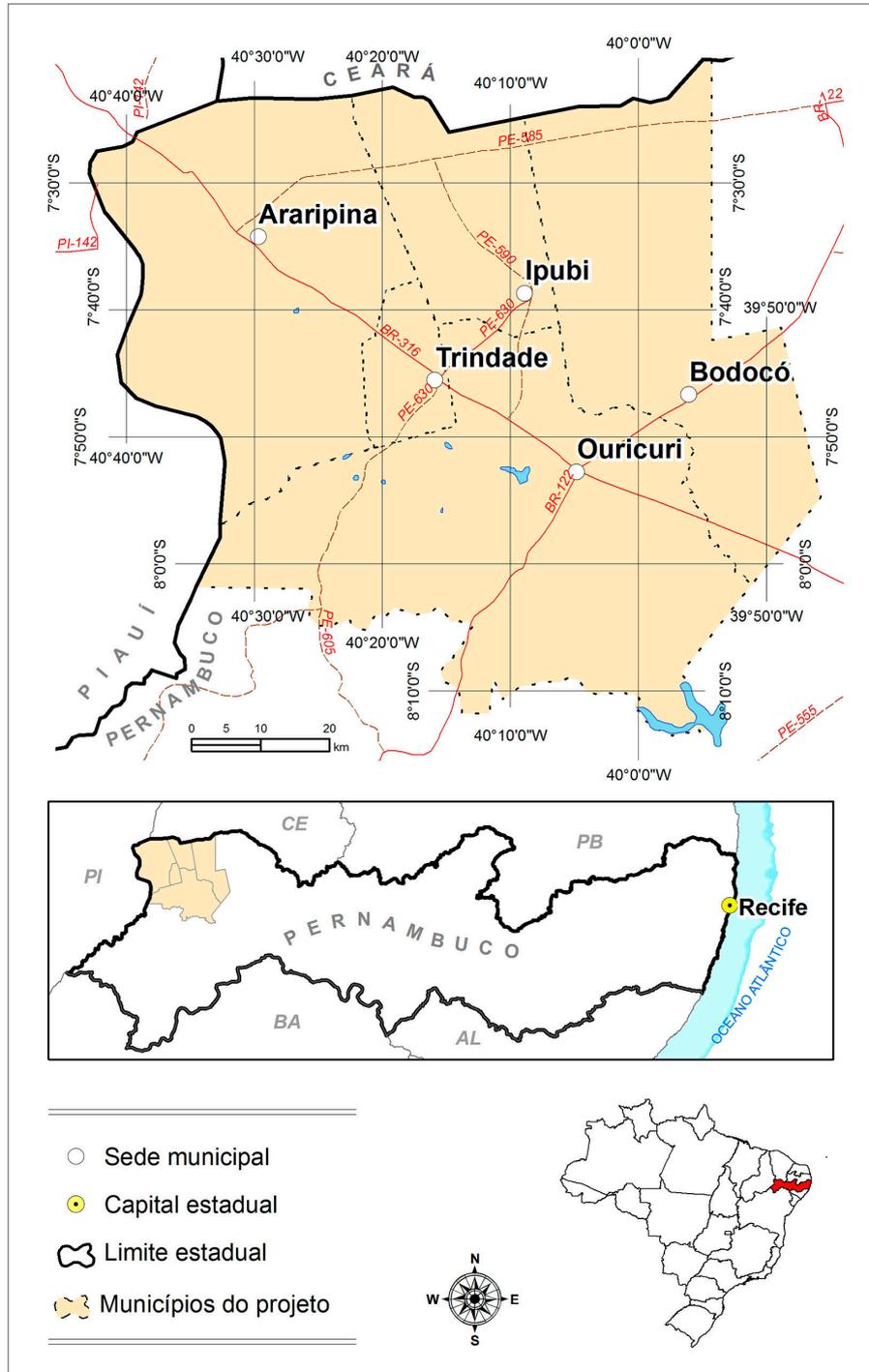


Figura 1.2 - Mapa de situação e localização das cidades que compõem o Polo Gessífero do Araripe no estado de Pernambuco.

Como produtos, o projeto disponibiliza:

- Sete mapas geológicos da bacia, na escala 1:50.000, no âmbito das folhas:
 - SB.24-Y-C-VI-1 Simões;
 - SB.24-Y-C-VI-2 Araripina;
 - SB.24-Y-C-VI-3 Monte Santo;
 - SB.24-Y-C-VI-4 Curral Novo do Piauí;
 - SB.24-Y-D-IV-1 Morais;
 - SB.24-Y-D-IV-2 Ipubi; e
 - SB.24-Y-D-IV-3 Trindade.
- Relatório técnico contendo hipóteses a respeito da gênese do minério e a proposição de modelo metalogenético.
- Cadastro no banco de dados GeoSGB das minas e ocorrências.
- As informações completas sobre os todos os dados e produtos levantados encontram-se disponíveis para uso público no Sistema Geocientífico de Banco de Dados – GeoSGB e no Repositório Institucional de Geociências – RIGEO, ambos da CPRM (www.cprm.gov.br).

1.5. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

1.5.1. Clima

A área estudada está inserida no Polo Gesseiro de Pernambuco que está instalado na região do Alto Sertão com características climáticas do semiárido e seco-sub-úmido (THORNTHWAITE, 1955 *apud* ATLAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PERNAMBUCO, 2006).

Na mesorregião do Sertão duas estações são bem definidas: inverno e verão. As chuvas ficam concentradas de janeiro a abril onde os índices pluviométricos não excedem aos 800 mm/ano. Nesse período estão concentradas 70% da precipitação anual. Nas proximidades e no topo da Chapada do Araripe onde as cotas altimétricas chegam aos 900 m observa-se uma variação nos índices pluviométricos, podendo chegar aos 1000 mm/ano.

As temperaturas médias também apresentam variação, uma vez que no sertão atingem de junho a agosto de 16° a 20°C, o restante do ano podendo chegar a 35°C. Nas altitudes mais elevadas, as temperaturas tem comportamento semelhante ao sertão com mínimas em torno dos 16°C no período do inverno.

1.5.2. Hipsometria, Relevo e Hidrologia

Com base nos parâmetros altimétricos, a área está compartimentada em três grandes unidades: a Depressão Sertaneja, as Rampas Pedimentadas (pediplanos e restos tabulares) e as Superfícies de Cimeira, estes dois últimos tem a Chapada do Araripe como principal representante (JATOBÁ, 2006 *apud* ATLAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PERNAMBUCO, 2006). Estabelecendo uma correlação

entre o arranjo geológico-estrutural e os processos erosivos duas grandes unidades se superpõem: a Chapada do Araripe e a Depressão Sertaneja.

A chapada do Araripe é a feição morfológica mais expressiva da região, situada na porção noroeste do Estado de Pernambuco. Apresenta uma disposição E-W cujo relevo tabular suavemente inclinado para o Norte, mergulhando em direção ao estado do Ceará, atua como um divisor de águas. O platô correlato à superfície de cimeira foi alçado a cotas que atingem os 900 m, extensão em torno de 180 km e largura média de 50 km. Os terrenos sedimentares que compõem a chapada do Araripe fazem contato com as unidades inferiores através de escarpas íngremes e erosivas a sul do platô.

Os Pedimentos, Pediplanos e Relevos Tabulares (500 a 800 m) superpõem a Depressão Sertaneja (400 a 500 m), apresentando uma ampla superfície aplainada, onde a maioria das minas de exploração de gipsita está instalada. Também se destacam os relevos residuais e pedimentos das unidades do embasamento e depósitos sedimentares mais jovens retrabalhados.

O comportamento da rede de drenagem regional e local reflete as seguintes direções: NW-SE (preferencial), E-W e NE-SW (subordinadas) comumente controladas pelas principais estruturas tectônicas na área.

1.5.3. Solo e Vegetação

De acordo com os dados do Araújo Filho *et al.* (2006) *apud* Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco (2006), na região do Araripe, predomina a depressão sertaneja (Zona do Sertão), onde o desenvolvimento dos solos é restrito. Na área, devido ao intenso processo de lixiviação e aos fatores climáticos, os solos são pouco profundos com pedregosidade e rochiosidade e alta saturação por bases (solos eutróficos).

A variação dos solos depende da diversidade geológica, por isso se destacam os neossolos, argissolos e, em menor proporção, latossolos relacionados às áreas sedimentares como, por exemplo, no topo da chapada e as coberturas a partir do sopé de encosta.

Os parâmetros analisados representam a associação da geologia e do clima gerando como produto solo e, por conseguinte, a vegetação.

Assim, em resposta aos tipos de solo registrados na área predomina a vegetação do tipo caatinga (maior parte das plantas perdem suas folhas, para sobreviver aos períodos de estiagem), caracterizada por indivíduos de porte rasteiro, arbustos espinhentos e árvores de pequeno porte com troncos retorcidos com destaque para os cactos e bromélias, que se adaptaram ao ambiente. Nas encostas, associadas às cotas mais elevadas e no platô da chapada, são registradas espécies relacionadas a floresta tropical úmida.

2. PANORAMA ECONÔMICO DO SETOR PRODUTIVO DA GIPSITA

2.1. CONJUNTURA

De acordo com o relatório da SMITHERSAPEX APEX (2016): *The Future of Gypsum - Market Forecasts to 2026*, o mercado mundial de gipsita foi avaliado em US\$ 1,49 bilhão em 2016, equivalente a 252 milhões de toneladas, sendo que 33,3% e 60,9% são consumidos nas indústrias de gesso e cimento, respectivamente. De acordo com este estudo, prevê-se que o mercado de gesso cresça, a uma taxa de crescimento anual composta - CAGR (*Compound Annual Growth Rate-CAGR*) de 9,9% para atingir quase US\$ 2,4 bilhões em 2018 e US\$ 3,8 bilhões até 2026.

O Gesso é um sulfato hemidratado de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), obtido através da calcinação da gipsita, que emergiu como o segmento de produto dominante na construção civil em 2016, devido à crescente demanda de materiais de construção com menores custos e tempo de execução de projetos. As placas de teto em gesso também são cada vez mais utilizadas pelos arquitetos, pois é de fácil aplicação, aparência bonita e homogênea, juntamente com um acabamento suave sem juntas visíveis. Adicionalmente, os produtos de gesso têm o potencial de substituir materiais de construção tradicionais, incluindo madeira, aço e vidro devido ao seu amplo escopo de aplicação.

Os padrões de consumo de gesso variam geograficamente. Nos EUA cerca de 75% do gesso consumido é usado em placas de parede, a mesma coisa acontece para grande parte da produção na Europa Ocidental, no entanto, em grande parte do mundo, a situação é diferente. Nos países em desenvolvimento, como a China e a Índia, seu emprego na construção civil ainda é incipiente, embora venha crescendo rapidamente. Em contrapartida, grandes investimentos em infraestrutura levaram a expansão do mercado de cimento principalmente no mundo desenvolvido, como por exemplo: o sul da Europa, entre outros. O crescimento exponencial da população em muitos países em desenvolvimento, particularmente na Índia e na China representa um grande motor no consumo de gipsita.

A industrialização em larga escala cria uma necessidade de melhorias rápidas na infraestrutura, concomitantemente, as populações cada vez mais prósperas que exigem habitação de melhor qualidade e melhores condições de vida. Os países em desenvolvimento usam grandes quantidades de cimento e muito menos placas de gesso.

Essa proporção tende a mudar com a maturidade do mercado à medida que as despesas de infraestrutura diminuem e a habitação se torne mais importante para população (SMITHERSAPEX APEX, 2016). Atualmente os principais grupos empresariais atuantes deste setor ao redor do mundo incluem: Etex Group, Global Mining Company LLC, Beijing New Building Material, Lafarge, Knauf Dubai, Gypsemna, USG Zawawi LLC, Saint Gobain Gyproc e UMI Company Ltd. entre outros.

2.2. UTILIZAÇÃO DA GIPSITA ATRAVÉS DO TEMPO

O gesso é um dos mais antigos materiais de construção fabricados pelo homem, como a cal e a terra cota. Em recentes descobertas arqueológicas, tornou-se evidente que o emprego do gesso remonta ao VIII milênio A.C. (ruínas na Síria e na Turquia). As argamassas em gesso e cal serviram de suporte em afrescos decorativos, na realização de pisos e mesmo na fabricação de recipientes.

O gesso é conhecido também, na grande pirâmide erguida por Quéops, rei do Egito, da 4ª dinastia, no ano de 2.800 antes da nossa era.

Teófrasto que viveu entre os séculos IV e III antes de Cristo e foi discípulo de Platão e de Aristóteles, com o seu "Tratado da Pedra" que parece ser o mais antigo e o mais documentado dos autores que se interessaram pelo gesso. Ele cita a existência de polos de gesso em Chipre, na Fenícia e na Síria.

No século XVIII, a utilização do gesso na construção civil foi generalizada na França. Nessa época, a fabricação de gesso era empírica e rudimentar. Lavoisier, em 1768, apresenta à Academia de Ciências Francesa o primeiro estudo científico sobre os fenômenos que estão na origem da preparação do gesso.

A partir de 1885, a descoberta do processo para retardar o tempo de pega, estimulou o emprego do gesso na construção civil.

No século XIX, os trabalhos de diversos autores, particularmente, os de Van t'Hoff e, sobretudo, o de Lê Chatelier, permitiram abordar uma explicação científica para a desidratação da gipsita.

A partir do século XX, em função da evolução industrial, os equipamentos para a fabricação do gesso deixaram de ter um conceito rudimentar e passaram a agregar maior tecnologia, assim como a melhoria tecnológica dos produtos passou a facilitar suas formas de emprego pelo homem.

2.3. USOS E APLICAÇÕES

A gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é usada na agricultura sob a denominação de gesso agrícola, onde funciona como nutriente de cálcio e de enxofre, além de condicionar a excessiva quantidade de sódio adsorvido nos argilo-minerais de alguns tipos de solos, contribuindo para sua dessalinização. Este gesso agrícola é incorporado sob a forma de pó, em proporções que variam conforme o tipo e as características do solo e da planta, mas que em média é aplicado na faixa de 100 a 500 kg por hectare (LAPIDO LOUREIRO, 2009). Atua também na correção da acidez subsuperficial dos solos com alta saturação de alumínio, o que impede o crescimento do sistema radicular das plantas.

No setor industrial, a grande aplicação da gipsita é na fabricação do cimento, como retardador do tempo de pega, onde é adicionado ao *clinker* em um percentual de 3 a 5% em peso. Em diversas outras indústrias ela pode ser utilizada tecnicamente em substituição a outros produtos minerais, dependendo do processo industrial e da viabilidade econômica. Diversas rotas tecnológicas foram experimentadas e testadas em plantas piloto ou mesmo industriais, usando a gipsita para obtenção de enxofre, ácido sulfúrico, barrilha, cloreto de cálcio e sulfato de amônia (BEZERRA, 2009).

O Gesso é, contudo, a principal forma de uso industrial da gipsita que é obtido a partir da calcinação da gipsita resultante do aquecimento a temperatura em torno de 160°C, com perda até 25% da água combinada, transformando-a em um hemidrato. Neste uso é que se encontra o maior mercado, destacando-se os seguintes segmentos:

- Construção civil – pré-moldados (placas de forro, blocos divisória, placas de gesso acartonado e decoração) e revestimento de paredes;
- Indústrias diversas – fundição de peças cerâmicas e metalúrgicas, aglomerante do giz, moldes na ortopedia, prótese dental, em obras artísticas e na fabricação de plásticos, além de outros usos potenciais ainda incipientes no Brasil, como, isolante térmico e acústico em mistura com outros materiais (BEZERRA, 2009).

Dois subprodutos onde há maior concentração de investimentos em inovações são: o gesso tipo β e o tipo α . O gesso tipo β é resultante da calcinação realizada à pressão atmosférica. Neste caso, o processo é realizado em diferentes tipos de fornos, desde os mais rudimentares sem controle de temperatura, até os mais elaborados, com maior controle e qualidade do produto final. Este tipo de gesso tem sido muito utilizado na produção de placas, blocos e divisórias para paredes internas, composição de ração animal e giz escolar. Considerado um produto que envolve menor complexidade na etapa de transformação, resulta em produtos com menor valor agregado.

Do ponto de vista empresarial, é o segmento com menor número de barreiras à entrada de novos participantes (LYRA SOBRINHO *et al.*, 2003).

O gesso do tipo α , é o mais nobre dentre dos demais. Resulta da calcinação em sistema de autoclave, com injeção de vapor, ou por desidratação da gipsita em meio aquoso. Por ser mais nobre, exige o emprego de maior nível tecnológico e, conseqüentemente, maior investimento em seu processo produtivo. Em compensação, o gesso tipo α oferece as melhores condições mercadológicas, com possibilidades de utilização em vários segmentos de mercado de alto valor agregado, destacando-se neste segmento de mercado: as colas de gesso (ou gessocola), massas corridas, giz industrial e o gesso acartonado (*Drywall*) dentre outros.

2.4. RECURSOS E RESERVAS

De acordo com *United States Geological Survey* - USGS (2017) estima-se que as reservas de gipsita são consideráveis nos principais países produtores, mesmo considerando que os dados, para a maioria, não estejam disponíveis. Os recursos de gesso são adequados, mas distribuídos de forma desigual. Conforme os dados disponíveis, os países com as principais reservas são: Estados Unidos (700 Mt), Canadá (450 Mt), Brasil (290 Mt), Índia (39 Mt), Omã (4,9 Mt) e Irã (1,6 Mt).

2.5. PRODUÇÃO MUNDIAL

Em 2016, a produção mundial de gipsita foi estimada em 263,4 Mt, um aumento de 0,7% em relação ao ano de 2015, segundo o *United States Geological Survey* - USGS. A China continua sendo o país que mais produz gipsita (130 Mt), representando 49,4% de toda a produção de 2016. O segundo e terceiro lugares são ocupados por Irã (16 Mt) e Estados Unidos (15 Mt), respectivamente. O Brasil figura como o maior produtor da América do Sul e o 13º do mundo, com uma produção em 2016 de aproximadamente 3,3 Mt, valor que representou 1,3% do total mundial (USGS, 2017). O gráfico 2.1 ilustra a participação dos principais países produtores de gipsita ao redor do mundo.

O tamanho global do mercado de placas de gesso foi estimado em 11,68 bilhões de metros quadrados em 2016. A expansão rápida das indústrias de manufatura e construção civil, devido ao crescimento do PIB em mercados emergentes como Índia, México, Brasil, Indonésia e Tailândia, deverá ser um fator-chave para impulsionar o crescimento dessa indústria.

De acordo com relatório setorial da *Grand View Research* (2016), a década passada testemunhou investimentos consideráveis por parte de governos, empresas estrangeiras e empresas locais nos países em desenvolvimento, sendo a indústria da construção a mais beneficiada.

De acordo com especialistas, a boa perspectiva para o crescimento da economia mundial nos próximos anos irá reacender, entre outros setores, o da construção civil e, por conseguinte, a produção de gipsita/gesso e seus derivados. O gráfico 2.2 mostra a evolução da produção mundial de gipsita entre os anos de 2005 e 2016.

O gráfico 2.2 mostra que houve uma “explosão” na produção de gipsita na passagem dos anos 2012-2013. O verdadeiro motor de crescimento da produção de cimento reside na Ásia, particularmente na China e na Índia, onde o trabalho de construção civil e infraestrutura expandiram vigorosamente nos últimos anos. Em 2012, a China e a Índia representaram, em conjunto, cerca de 65% da produção mundial de cimento, mas a China dominou, por sua vez, representando 58% da produção mundial de cimento. O caminho mais provável para a indústria global da construção civil é uma recuperação moderada entre 2016 e 2018, com ganho de força em 2019.

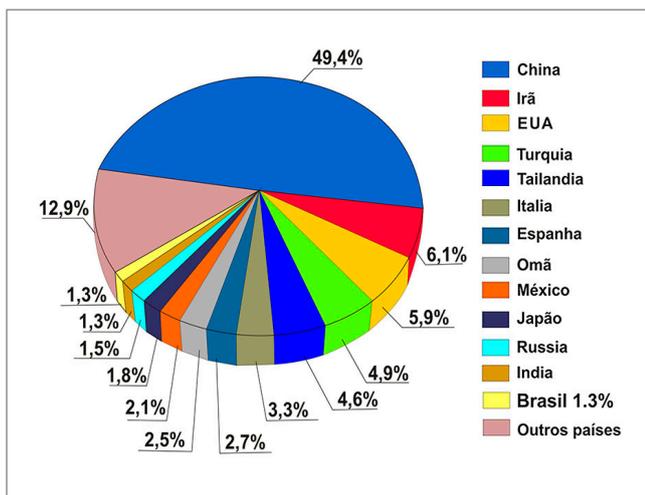


Gráfico 2.1 - Participação da produção mundial dos principais países produtores de Gipsita em 2016.

Fonte: USGS – Mineral Commodity Summaries (2017).

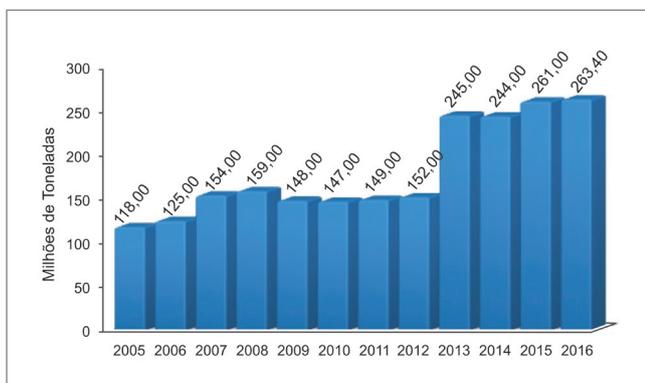


Gráfico 2.2 - Evolução da produção mundial de gipsita entre 2005 e 2016. Fonte: USGS – Mineral Commodity Summaries (2006-2017).

2.6. PRODUÇÃO NACIONAL

De acordo com dados do DNPM (QUEIROZ FILHO *et al.*, 2015), no ano de 2014, a produção brasileira de gipsita bruta (*Run of Mine* – ROM) alcançou 3,45 Mt, um aumento de 3,6% em relação ao ano anterior. Pernambuco é o principal estado produtor de gipsita do Brasil, e em 2013, foi responsável por 84,3% da produção nacional, em seguida ficaram os estados: do Maranhão (10,4%), Ceará (2,6%), Tocantins (1,1%), Amazonas (0,8%), Pará (0,5%) e o Rio Grande do Norte (0,3%).

No Estado de Pernambuco destaca-se como Polo produtor, o “Polo gesseiro do Araripe”, situado no extremo oeste pernambucano e formado pelos municípios de Araripe, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri. As empresas que mais produziram gipsita no Brasil foram: Mineradora São Jorge S/A, Rocha Nobre Mineração Ltda, Mineração Pernambucana de Gipsita Ltda, Alencar & Parente Mineração Ltda, Votorantim Cimentos N/NE S.A, Mineradora Rancharia Ltda, Mineração Alto Bonito Ltda, CBE - Companhia Brasileira de Equipamento (Grupo João Santos) e Royal Gipso Ltda. Em conjunto, essas empresas foram responsáveis por 63% da produção nacional em 2014 (QUEIROZ FILHO *et al.*, 2015). Entre os anos de 2005 e 2012 a produção de gipsita no Brasil mais que dobrou, encontrando estabilidade após este período, conforme mostra o gráfico 2.3.

O consumo interno aparente de gipsita, em 2014, foi de aproximadamente 3,65 Mt, elevação de 3,4% em relação a 2013. O Consumo foi liderado pelo setor da construção civil, e uma parcela menor como corretivo agrícola.

2.7. COMÉRCIO EXTERIOR

Pertencente ao setor de minerais industriais, a mineração de gipsita se caracteriza por ser de baixo valor unitário, o seu comércio internacional é limitado e a sua importância ressalta na sua transformação a jusante, atrelada principalmente à cadeia da construção civil, em produtos como o cimento e os manufaturados do gesso.

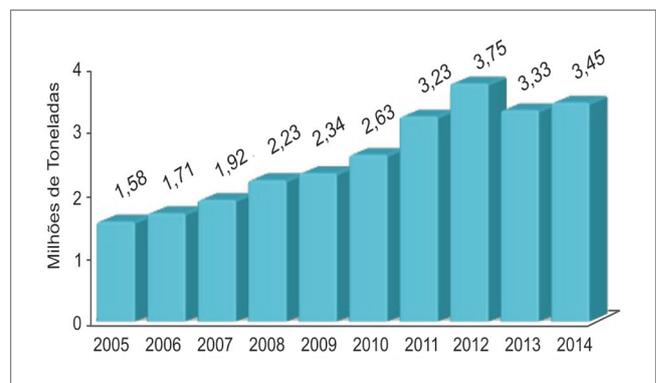


Gráfico 2.3 - Evolução da produção de gipsita no Brasil (*Run of Mine*- ROM). Fonte: DNPM - Sumário Mineral Brasileiro - (2006-2015).

Outra cadeia onde a gipsita se insere é na vertente do agronegócio pelas suas características de condicionador e fertilizante de solos (BEZERRA, 2009). Historicamente as importações de gipsita, gesso e seus derivados, atendem a uma parcela bastante reduzida da demanda brasileira.

O Brasil importou 234.308 t de gipsita e seus derivados em 2014, isto representou 4% a mais do total importado em 2013. O montante total das importações de gipsita foi de US\$ 27 milhões, redução de 18,4% em relação ao ano anterior. As importações de gipsita, gesso e seus derivados são compostos, principalmente, por produtos manufaturados que representam quase 90% do valor total das importações. O maior destaque foi para “Chapas não ornamentadas” (NCM 68091100), que representou aproximadamente 68,5% do valor das importações de manufaturados de gipsita em 2014. Nesta categoria, a Espanha é a maior fornecedora para o Brasil, com 55% do valor total das importações, seguida por México (21%), Argentina (13%), China (3%) e Alemanha (2%). Em 2014, houve elevação na importação de bens primários, que atingiu 138.232 t ante 114.241 t em 2013, sendo a totalidade dos bens desta categoria originados da Espanha (QUEIROZ FILHO *et al.*, 2015).

No tocante às exportações brasileiras de gipsita e seus derivados, em 2014 totalizaram 33.100 toneladas, o que em termos de valor, equivale a US\$ 2,0 milhões, isto representa uma redução de 5,3% em relação ao montante de 2013. Quase a totalidade do volume exportado foi na forma de manufaturados.

Os principais destinos das exportações de manufaturados foram: o Paraguai (92%), Equador (4%), Colômbia (1%), Venezuela (1%) e Angola (1%). O produto de maior participação no valor das exportações foi outras formas de gesso “NCM 25202090” que representou 98,1% das exportações nacionais. Contudo, as exportações brasileiras representam menos de 1% da produção nacional. A tabela 2.1 mostra os principais dados de exportações e importações dos últimos 5 anos.

2.8. MERCADO E PREÇOS PRATICADOS NO BRASIL

De acordo com o relatório da *Grand View Research, Inc.*: Painel de gesso Market Size & Share, Global Industry Report 2014-2025 (GRAND VIEW RESEARCH, 2016), estima-se que o mercado global de placas de gesso alcance US\$ 79.17 bilhões em 2025.

Ainda de acordo com esse relatório, a demanda mundial de placas de gesso excedeu 11,68 bilhões de metros quadrados em 2016 e deverá crescer a uma taxa de crescimento anual composta - CAGR de 6,1% de 2017 a 2025.

Entre os anos de 2010 e 2014, o preço médio de gipsita (ROM), informado pelos produtores, registrou aumento de 57,8%. No mesmo período o preço médio dos manufaturados importados apresentou redução de 11,75%. Enquanto os preços dos manufaturados exportados obtiveram redução de 76,5%, bem maior que os importados, conforme mostra a tabela 2.2.

Tabela 2.1 - Principais dados de exportações e importações de produtos de gipsita

DISCRIMINAÇÃO		UNIDADE	2010 ^(r)	2011 ^(r)	2012 ^(r)	2013 ^(r)	2014 ^(p)
Importação	Bens primários ⁽¹⁾	(t)	38.535	78.506	69.604	114.241	138.232
		(10 ³ US\$-FOB)	509	952	852	1.379	2.880
	Manufaturados	(t)	38.749	132.604	85.170	129.675	96.076
		(10 ³ US\$-FOB)	11.011	31.327	22.752	31.705	24.121
Exportação	Bens primários ⁽¹⁾	(t)	3	1	16.150	1	1
		(10 ³ US\$-FOB)	7	5	439	10	3
	Manufaturados	(t)	10.311	4.652	6.269	31.625	33.100
		(10 ³ US\$-FOB)	2.625	1.228	1.365	2.069	1.980

Fonte: DNPM – Sumário Mineral (2011-2015).

(1) Bens primários: produção + importação – exportação; (p) preliminar; (r) revisado; t = tonelada.

Tabela 2.2 - Preços de Gipsita (ROM) e Manufaturados entre 2010 e 2014.

DISCRIMINAÇÃO		UNIDADE	2010 ^(r)	2011 ^(r)	2012 ^(r)	2013 ^(r)	2014 ^(p)
Informado pelos produtores	Gipsita (ROM)	R\$/t	15,00	20,19	20,20	22,01	23,66
Importação	Manufaturados ⁽¹⁾	(US\$/t)	284,20	236,20	267,10	244,50	251,06
Exportação	Manufaturados ⁽¹⁾	(US\$/t)	254,60	264,00	217,70	65,42	59,82

Fonte: DNPM – Sumário Mineral (2011-2015).

(1) preço médio anual dos manufaturados – importação/exportação; (p) preliminar; (r) revisado; t = tonelada.

3. GEOLOGIA DA BACIA DO ARARIPE: ASPECTOS GERAIS

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Nordeste brasileiro, as bacias sedimentares de idade fanerozoica, exibem os mais diversos graus de desenvolvimento e complexidade, uma vez que foram geradas em resposta aos esforços tectônicos resultantes da reativação de antigas zonas de fraqueza no processo de rifteamento intracontinental do Gondwana durante o Mesozoico (PONTE e PONTE-FILHO, 1996a, 1996b; CASTRO e CASTELO BRANCO, 1999; MATOS, 1999, 2000; ASSINE, 1992, 2007).

A Bacia Sedimentar do Araripe, assim como as demais bacias interiores da parte central do nordeste, está localizada na Província Borborema (Figura 3.1). Esta província constitui uma feição tectônica pré-cambriana de estruturação complexa, dominada por intensos dobramentos, segmentada por expressivas zonas de cisalhamentos e intrudidas por batólitos ígneos. O Embasamento da Província da Borborema é composto por gnaisses e migmatitos arqueanos a paleoproterozoicos, faixas metassedimentares e metavulcanossedimentares paleoproterozoicas a neoproterozoicas, metamorfizadas em diversos graus. Este conjunto encontra-se intrudido por suítes plutônicas, predominantemente granitoides de idade neoproterozoica a eocambrianos, controlados por zonas de cisalhamentos (BRITO NEVES, 1998).

3.2. BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

A bacia sedimentar do Araripe é a mais extensa bacia interior do nordeste brasileiro (ASSINE, 2007). Sendo a sua área de ocorrência desde a Chapada do Araripe, estendendo-se pelo Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km². Instalada em área limítrofe dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, representa uma das feições morfológicas mais expressivas no sertão nordestino por estar alçada aos 900 m acima do nível do mar e apresentar uma evolução tectono-sedimentar complexa (suportando de forma descontínua sedimentos de idade paleozoica, pré-rifte a cretácea, pós-rifte I e II (ASSINE, 2007). A sequência pós-rifte I e II comporta as unidades que formam a chapada, disposta na direção E-W com estratos exibindo um topo horizontal mergulhando suavemente para norte e oeste.

A partir da década de 1970, pesquisas com enfoque econômico tais como Sequência Plumbífera do Araripe (FARINA, 1974a, 1974b) e Projeto Celestita, foram realizadas pelo Ministério das Minas e Energia através da CPRM/DNPM fomentando o conhecimento sobre a Formação Santana e que contribuíram para o avanço econômico na região.

Historicamente, o modelo litoestratigráfico adotado baseou-se nos trabalhos de Beurlen (1963) que dividiu todo o pacote sedimentar nas formações Cariri, Missão Velha, Santana e Exu. Posteriormente, Beurlen (1971) subdividiu a Formação Santana nos membros Crato (basal), Ipubi (intermediário) e Romualdo (superior).

Assine (2007) apresentou um modelo em que as unidades sedimentares da Bacia do Araripe subdividem-se em quatro sequências pré-rifte, rifte, pós-rifte I e II e a partir dele, inúmeras contribuições vêm sendo propostas.

3.2.1. Arcabouço Tectônico da Bacia Sedimentar do Araripe

Os estudos geológicos na região das bacias rifte do Nordeste datam do início do século, visando o conhecimento dos recursos naturais. Somente a partir da década de 1960 houve um maior interesse no reconhecimento hidrogeológico regional para fins de combate às secas, resultando em inúmeros trabalhos sobre a estratigrafia, potencial hidrogeológico e geotectônica regional.

No início dos anos de 1980, os métodos geofísicos foram aplicados de forma mais abrangente nas bacias interiores do Nordeste com foco na pesquisa de petróleo. Os principais métodos utilizados foram a gravimetria, a magnetometria e a sísmica de reflexão. Os levantamentos gravimétricos e magnetométricos na Bacia do Araripe (Figura 3.2) foram empreendidos por Oliveira (1983) e Rand e Manso (1984). Em regime de contrato de risco com a Petrobrás, um consórcio de empresas nacionais levantou 10 linhas de sísmica de reflexão na Bacia do Araripe (GHIGNONE *et al.*, 1986).

No tocante ao arranjo tectônico, o desenvolvimento de riftes continentais é largamente influenciado por zonas de fraqueza pré-existentes no embasamento, que quase sempre são representadas por estruturas dúcteis, em especial, zonas de cisalhamento que são reativadas em nível crustal mais raso. A arquitetura das grandes estruturas e a reologia do embasamento cristalino controlou o arcabouço das bacias do nordeste brasileiro, que foram posicionadas ao longo dos principais planos de falhas, onde as direções de esforços exibem seus reflexos na sedimentação e formação dos depósitos (CONDE BLANCO *et al.*, 2014).

O modelo que representa o processo de ruptura e fragmentação na Província Borborema, foi proposto por Matos (1987 e 1992), que associa o início do processo ao final do Período Jurássico (~ 150 Ma) com a formação de uma série de bacias sedimentares limitadas por falhas.

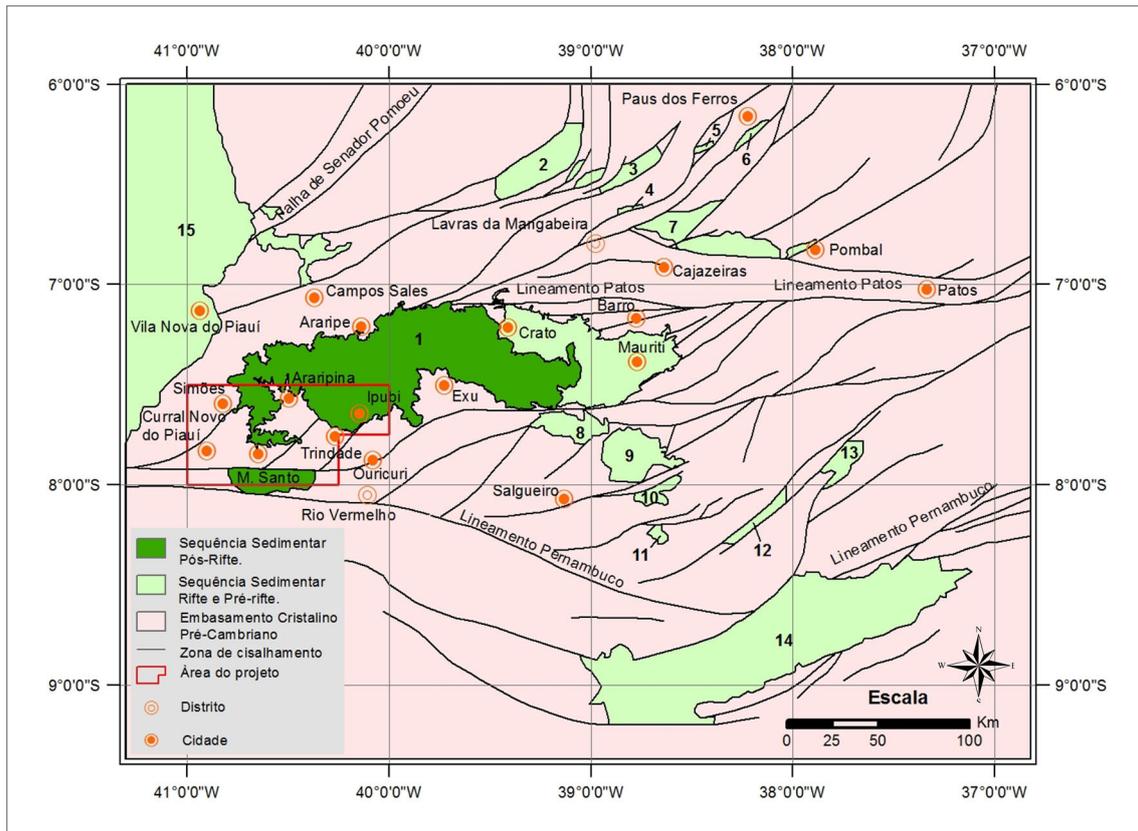


Figura 3.1 - Mapa geotectônico simplificado com as bacias sedimentares interiores, na parte central do nordeste do Brasil e principais zonas de cisalhamentos proterozoicas. Modificado de Ponte e Ponte-Filho (1996a) e Matos (1999).
 1- Bacia do Araripe, 2- Bacia de Iguatu, 3- Bacia se Icó, 4- Bacia de Icózinho, 5- Bacia Rio Nazaré, 6- Bacia de Cel. João Pessoa, 7- Bacia do Rio do Peixe, 8- Bacia de Cedro, 9- Bacia de São José do Belmonte, 10- Bacia de Mirandiba, 11- Bacia de Tupanaci, 12- Bacia de Betânia, 13- Bacia de Fátima, 14- Bacia do Jatobá, 15- Bacia do Parnaíba.

Matos (1999; 2000) destaca que a margem equatorial brasileira foi submetida a uma extensão com orientação NW-SE durante o Neocomiano (~ 140 Ma), e que durante a fragmentação ocorreu à formação de uma série de pequenos *grabens*. No Aptiano (~ 125 Ma) esse eixo extensional foi rotacionado para E-W. Finalmente, no início do Albiano (~ 108 Ma) ocorreu a expansão da margem equatorial transformante.

A origem e evolução da Bacia do Araripe se relacionam diretamente aos eventos tectônicos que resultaram na fragmentação e ruptura do Supercontinente Gondwana e na abertura do Oceano Atlântico Sul (CESERO e PONTE, 1972; ASMUS e PONTE, 1973; PONTE e ASMUS, 1976, 1978; PONTE e PONTE-FILHO, 1996a, 1996b; MATOS, 1999, 2000; ASSINE, 2007; FAMBRINI *et al.*, 2015; MORAIS NETO *et al.*, 2009), tendo seu preenchimento posterior durante o Mesozoico (PETRI, 1987). Entretanto, alguns autores (e.g., BRITO NEVES, 1990; ASSINE, 2007; HESSEL e FREITAS, 2009) argumentam e propõem uma evolução policíclica para a bacia.

A espessura média dos sedimentos e a estruturação interna da bacia foi objeto de inúmeros estudos (e.g., RAND e MANSO, 1984; ARAUJO e TRAVASSOS, 1986;

ASSINE, 1990; CASTRO e CASTELO BRANCO 1999; MATOS 1992; PONTE e PONTE-FILHO, 1996a), através de dados de gravimetria foi possível reconhecer a estruturação interna em duas sub-bacias (Cariri e Feira Nova) (Figura 3.3) estruturadas por falhas na direção NE e WNW, sendo separadas por alto estruturais ligados a eventos tectônicos da fase rifte das bacias da margem atlântica brasileira (MATOS, 1987; 1992).

Silva (1983) relaciona: a forma, o tamanho, a geometria e o estilo de formação da bacia como comparável a modelo de bacias do tipo *pull-apart*. A Zona de Cisalhamento Patos (ZCP), composta por uma série de falhas, apresenta uma geometria sigmoidal e, durante o Cretáceo, sofreu uma distensão de direção NW-SE, transformando as falhas, inicialmente, transpressionais em falhas normais, dando origem às bacias interiores do nordeste (MATOS, 1992; CAMACHO e SOUSA, 2017).

Assim, baseado em dados da literatura, adotou-se que o arcabouço da bacia (Figura 3.4) consiste em um rifte com orientação NE-SW, compartimentado em duas sub-bacias (Cariri leste e Feira Nova oeste) separadas pelo alto de Dom Leme (MATOS, 1987, 1992; PONTE e PONTE-FILHO, 1996a; ASSINE, 2007 e outros).

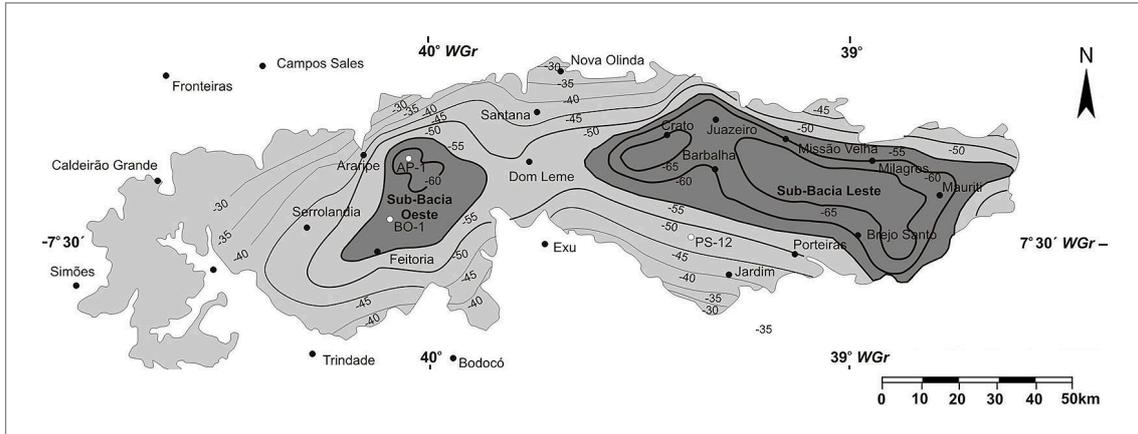


Figura 3.2 - Mapa gravimétrico Bouguer da Bacia do Araripe com intervalo de contorno = 5 miligals (Modificado de OLIVEIRA, 1983; PONTE e PONTE-FILHO, 1996a).

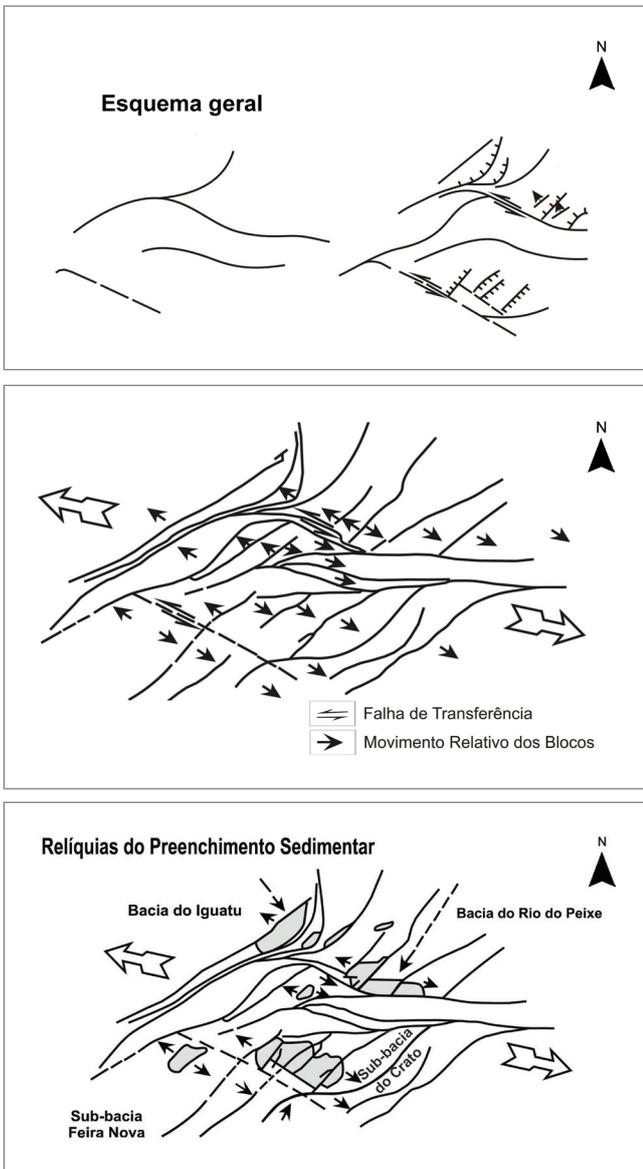


Figura 3.3 - Mapa de atividade tectônica cretácea do Nordeste do Brasil: falhas de transferência e movimentos de blocos nas bacias interiores (Fonte: MATOS, 1992, 1999)

3.2.2. Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe

A Bacia Sedimentar do Araripe apresenta feições importantes para o entendimento da evolução das bacias interiores instaladas na Província Borborema, pois é a maior dentre as bacias interiores compreendendo sedimentação de idades paleozoica a cretácea.

A Figura 3.5 mostra algumas das propostas de colunas estratigráficas para a Bacia do Araripe. No âmbito dessas propostas iniciais, coube a Small, em trabalho de 1913, o registro pioneiro sobre o empilhamento estratigráfico da Bacia do Araripe com a individualização de quatro unidades: conglomerado basal, arenito inferior, calcário Santana e arenito superior. A interpretação de Beurlen em trabalho de 1971, baseado em critérios ambientais, subdividiu a Formação Santana nos membros Crato, Ipubi e Romualdo.

Atualmente, a Bacia do Araripe é dividida em cinco tectono-sequências (Figura 3.6), que caracterizam as fases relacionadas à abertura e preenchimento da mesma (NEUMANN e ASSINE, 2015). O início da sedimentação se dá no Paleozoico, na forma de uma sinclise intracratônica (tectono-sequência Beta), composta pela Formação Cariri. No Jurássico se inicia a subsidência flexural regional da fase pré-rifte, composta pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, que evolui para tectônica rúptil na fase rifte no Cretáceo, com a sedimentação da Formação Abaiara. Por fim, a fase pós-rifte é caracterizada pela subsidência flexural e deposição dos grupos Santana que contêm as formações Barbalha, Crato, Ipubi, Romualdo e o Grupo Araripe contendo as formações Araripina e Exu.

Neumann e Assine (2015) propuseram um empilhamento estratigráfico para a fase pós-rifte I, baseado em Assine, (1992) e Neumann e Cabrera (1999). Este empilhamento eleva a Formação Santana (sequência tectônica pós-rifte I) para categoria de grupo e os membros Crato, Ipubi e Romualdo para formação (Figura 3.6).

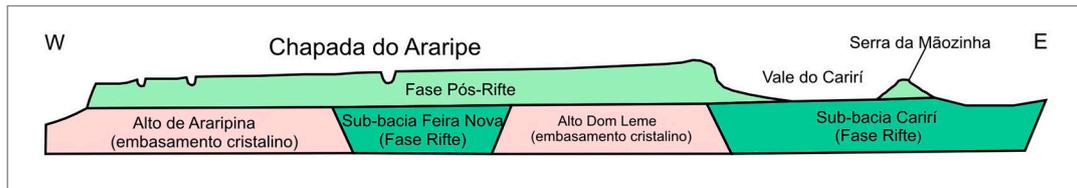


Figura 3.4 - Arcabouço simplificado da Bacia do Araripe (ASSINE, 2007).

Small, 1913	Beurlen, 1963	Silva, 1986	Ponte e Ponte Filho, 1996	Neumann e Cabrera, 1999	Assine, 2007	Neumann e Assine, 2015
Arenito Superior	Fm. Exú	Fm. Exú	Fm. Exú	Fm. Exú	Fm. Exú	Fm. Exú
Calcáreo Santana	Fm. Santana Mb. Romualdo Mb. Ipubi	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana Mb. Romualdo Mb. Ipubi	Fm. Araripina Coquina/concreção Mb. Romualdo Camadas Ipubi	Fm. Araripina
	Fm. Crato	Fm. Araripina	Fm. Rio da Bateira	Fm. Crato Fm. R. Bateira	Fm. Crato Fm. Barbalha	Fm. Romualdo Fm. Ipubi
Arenito inferior	Fm. M. Velha	Fm. Sergi	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara
Conglomerado basal	Fm. Cariri	Fm. Aliança	Fm. M. Velha	Fm. M. Velha	Fm. M. Velha	Fm. M. Velha
		Paleozóico e Precambriano	Fm. B. Santo	Fm. B. Santo	Fm. B. Santo	Fm. B. Santo
Embasamento	Embasamento	Embasamento	Fm. Mauriti	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri

Figura 3.5 - Colunas litoestratigráficas propostas para Bacia do Araripe. Em vermelho as discordâncias. (Compilado de NEUMANN e CABRERA, 1999; ASSINE, 2007; NEUMANN e ASSINE, 2015).

As unidades sedimentares que não ocorrem na área do projeto serão descritas de forma sucinta, a seguir.

Formação Cariri

Faz parte da Sequência Paleozóica, que é composta basicamente por arenitos, com níveis descontínuos e decimétricos, de siltitos brancos com tonalidades arroxeadas, com estratificações cruzadas de médio porte (tabulares, planares e acanaladas), em sets com espessuras decimétricas a métricas (FEITOSA, 1987, *apud* ASSINE 1992). Esta unidade é interpretada como sistemas fluviais entrelaçados, com escassez acentuada da fração pelítica de planície de inundação. Devido à ausência de fósseis, a idade desta formação é baseada em correlações com as bacias vizinhas.

Formação Brejo Santo

É a unidade basal da Sequência Pré-Rífte e do Grupo Vale do Cariri, composta por folhelhos e argilitos vermelhos, entre os quais ocorrem camadas decimétricas a métricas de arenitos finos a médios, e delgadas lâminas de calcário argiloso, rico em ostracodes típicos do Andar Dom João. São também encontrados restos de vertebrados, especialmente peixes. Esta formação é interpretada como sistemas aluviais/lacustres, caracterizados por condições oxidantes, ambientes propícios à formação de camadas vermelhas (*red beds*).

Formação Missão Velha

Ocorre sobreposta à formação Brejo Santo (Grupo Vale do Cariri), que é composta por arenitos com estratificação cruzada planar ou acanalada, intercalados por níveis decimétricos a métricos de siltitos arroxeados, com troncos silicificados (BRITO 1987 *apud* ASSINE, 1992). Essas rochas são interpretadas como a colmatção do sistema lacustre da Formação Brejo Santo por sistemas fluviais, através de rios entrelaçados de pequeno a médio porte.

Formação Abaiara

Caracteriza a Sequência Sin-Rífte, topo do Grupo Vale do Cariri, é composta, na base, por folhelhos e siltitos vermelhos e verdes-claros, com intercalações lenticulares e decimétricas de arenitos finos e carbonatos argilosos. Para o topo ocorrem folhelhos esverdeados intercalados com lentes métricas de arenitos quartzosos finos a muito grossos, com níveis conglomeráticos, onde também se encontram fragmentos de madeira silicificada, gradando para predominância de arenitos com estratificação cruzada tabular tangencial na base, sendo comuns estruturas convolutas. Nestes arenitos, intercalam-se alguns poucos níveis decimétricos a métricos de folhelhos, frequentemente fossilíferos, com escamas de peixes e ostracodes que permitiram o posicionamento no Andar Rio da Serra. As rochas são interpretadas como planícies lacustres e sistemas fluviais entrelaçados (ASSINE, 2007).

Formação Barbalha

A Formação Barbalha representa a unidade basal da Sequência Pós-Rifte I e do Grupo Santana, sendo composta predominantemente de arenitos finos a médios, subarredondados a subangulares, às vezes conglomeráticos, com estratificação cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, parecendo também feições sigmoidais, com intercalações de lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados. Tais sedimentos apresentam-se em ciclos com granodecrescência ascendente que culminam em intervalos pelíticos. São interpretados como de ambiente flúvio-lacustre. Pode ocorrer um intervalo de folhelhos pirobetuminosos pretos, ricos em laminações carbonáticas algálicas, coprólitos, ostracodes, restos de peixes e fragmentos de vegetais carbonizados no topo de alguns ciclos. Sua idade é aptiana superior, obtida a partir da análise de palinomorfos (FARINA, 1974a e 1974b; LIMA e PERINOTTO, 1984; HASHIMOTO *et al.*, 1987). Nesta formação se encontra uma camada decimétrica de calcário com aspecto brechóide e mineralizada em sulfetos de Pb-Zn, denominada “sequência plumbífera do Araripe” (FARINA, 1974a e 1974b) e “camadas Batateira” (HASHIMOTO *et al.*, 1987).

Formação Crato

A Formação Crato sobrepõe a Formação Barbalha no Grupo Santana, também faz parte da Sequência Pós-Rifte I. É caracterizada da base para o topo, por folhelhos calcíferos seguidos por calcários laminados, depositados em ambientes lacustres. Ocorrem também folhelhos pirobetuminosos, por vezes calcíferos, devido à abundância de carapaças de ostracodes. Representa a principal fase lacustre da sucessão continental da bacia (NEUMANN e ASSINE, 2015).

O registro fossilífero é abundante, sendo também encontrados conchostráceos, fragmentos de vegetais lenhosos carbonizados, além de pequenos peixes (*Dastilbe elongatus*) e insetos (MABESOONE e TINOCO, 1973; MARTILL, 1990).

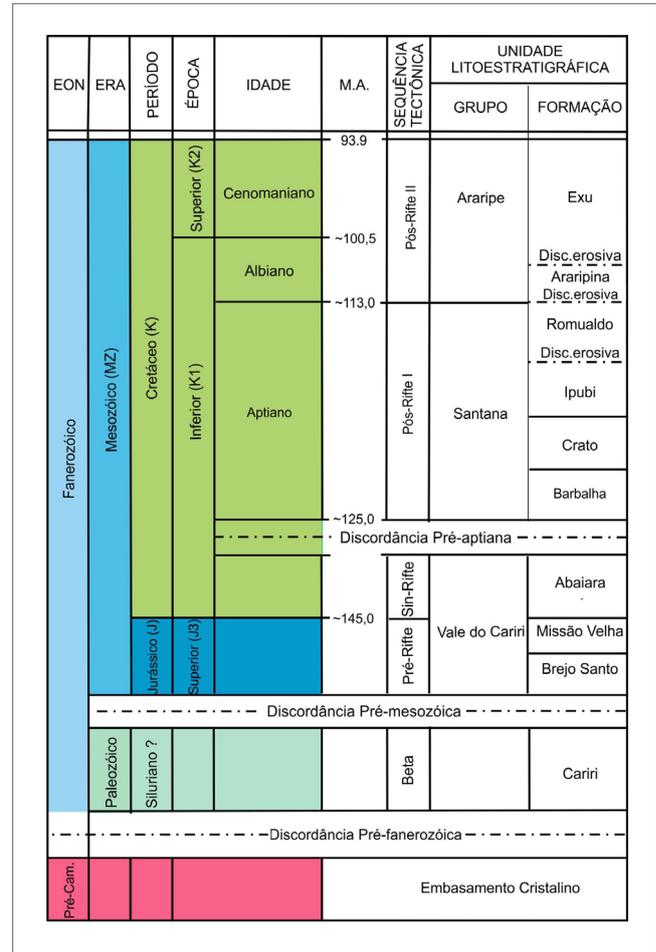


Figura 3.6 - Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Araripe. Compilado e modificado de Neumann e Assine (2015) e Assine (2007).

4. GEOLOGIA DA ÁREA DO PROJETO

4.1. UNIDADES DO EMBASAMENTO

Segundo Camacho e Sousa (2017) o embasamento sob a Bacia Sedimentar do Araripe é constituído por terrenos cristalinos pré-cambrianos, contendo rochas magmáticas e metamórficas, litologias pertencentes a diferentes domínios tectônicos do sistema orogênico Borborema (DELGADO *et al.*, 2003). Os terrenos do embasamento formam um conjunto de blocos lenticulares justapostos e sigmoides, separados por zonas de cisalhamento transcorrentes (CARVALHO *et al.*, 2012).

As unidades do embasamento da bacia, no âmbito da área do projeto foram extraídas da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Jaguaribe SB.24 (ANGELIM *et al.*, 2004), no intuito de completar os mapas geológicos do projeto. Genericamente as rochas identificadas estão dispostas em:

4.1.1. Complexo Granjeiro - A4g e A4yg (Neoarqueano)

Este complexo é constituído por xistos, quartzitos, metachertes, formações ferríferas bandadas, mármore, rochas metamáficas e metaultramáficas e ortognaisses de afinidade química TTG (A4yg).

4.1.2. Complexo Itaizinho - PP2i (Riaciano)

Compreende os seguintes litotipos: ortognaisses migmatizados de composição tonalítica a granodiorítica e graníticos, migmatitos, restos de rochas supracrustais, xistos, e quartzitos (q).

4.1.3. Unidade Ipueirinha xisto - PPI (Estateriano)

Esta unidade é constituída por xistos, quartzitos (q), mármore, rochas metamáficas e metaultramáficas.

4.1.4. Suíte Intrusiva Itaporanga - NP3yt (Ediacarano)

Constituída por granitos a granodioritos grossos a porfíricos, associados a dioritos e a fases intermediárias de misturas, com ou sem epidoto magmático, afinidade calcialcalina de alto K.

4.1.5. Granitóides de quimismo indiscriminado - NP3y3i (Ediacarano)

Consiste de granitóides de composição quartzo-sieníticas a sienograníticas apresentando um bandamento incipiente resultante de níveis descontínuos ricos em anfibólios.

4.1.6. Granitoide Bodocó - ε2y4b (Cambriano)

Granito a granodiorito grosso a porfírico, associado a diorito e a fases intermediárias de mistura.

4.2. UNIDADES SEDIMENTARES DO MESOZOICO

As unidades litoestratigráficas mesozoicas do Cretáceo na área do projeto compreendem as Formações Ipubi e Romualdo, do Grupo Santana e as formações Araripina e Exu, do Grupo Araripina, relacionados às fases/seqüências Pós-Rifte I e II (Figura 4.1), respectivamente. As unidades cenozoicas (neógeno-quadernárias) constituem o capeamento das unidades mesozoicas e, na área, recobrem parte das camadas guias para prospecção de gipsita.

A Figura 4.1 mostra a coluna estratigráfica da seqüência pós-rifte da Bacia do Araripe, de acordo com Neumann e Assine (2015).

4.2.1. Grupo Santana - K1 (Cretáceo Inferior)

Este Grupo faz parte da Seqüência Tectônica Pós-rifte I da bacia do Araripe. No noroeste de Pernambuco, as unidades posicionadas acima da Discordância Pré-Alagoas (Pré-Aptiana) não apresentam a mesma correspondência com as demais unidades depositadas nas diversas bacias da região Nordeste do Brasil, uma vez que o registro marinho ainda não fora comprovado. Para a bacia do Araripe são descritos depósitos aluviais, enquanto nas demais bacias são caracterizadas condições marinhas transgressivas (ASSINE, 2007; NEUMANN e ASSINE, 2015).

O Grupo Santana apresenta unidades de valor científico e econômico devido aos bens minerais e a preservação do conteúdo fossilífero, como por exemplo, os evaporitos da Formação Ipubi (extraído principalmente no estado de Pernambuco) e os calcários laminados da Formação Crato (explorados no estado do Ceará).

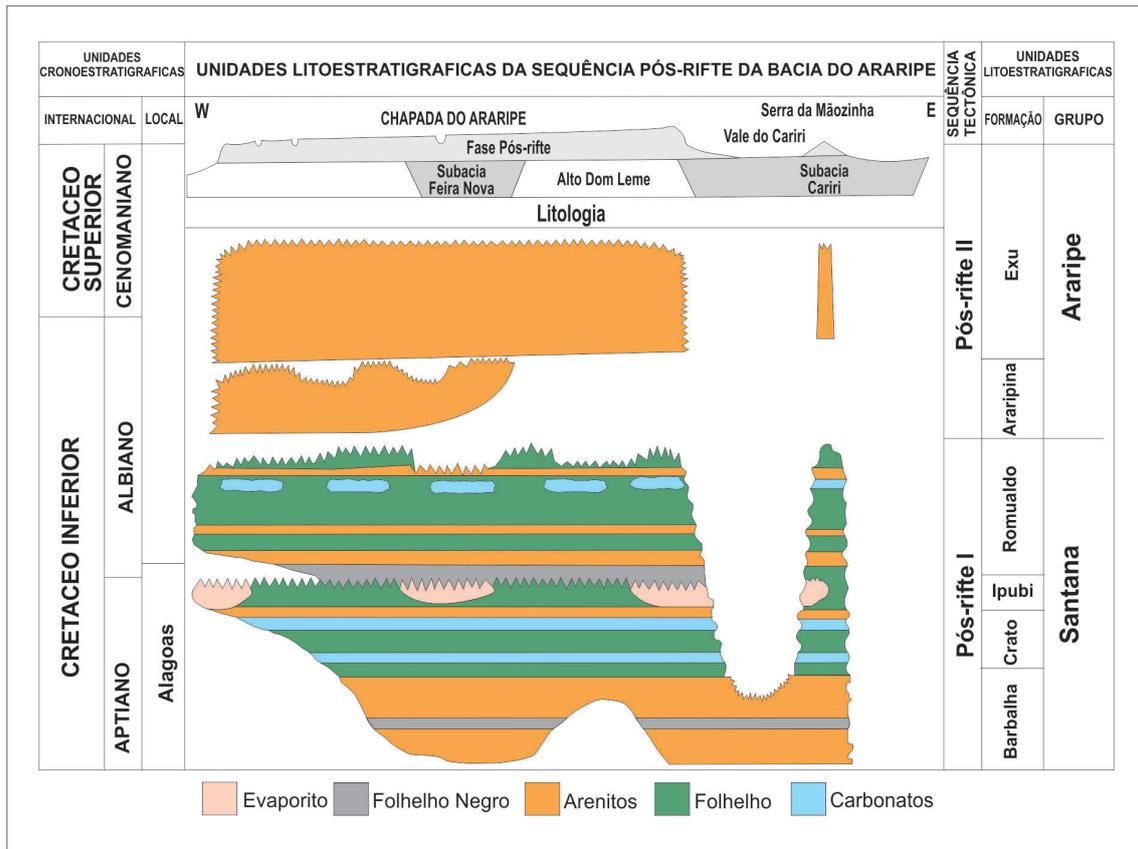


Figura 4.1 - Coluna litoestratigráfica da sequência pós-rifte da Bacia do Araripe. Extraído de Neumann e Assine (2015).

Como também, a Formação Romualdo onde são encontrados fósseis de invertebrados e vertebrados em excelente estado de conservação. Na área estudada foram cartografadas apenas as Formações Ipubi e Romualdo deste Grupo.

4.2.1.1. Formação Ipubi (K1ip)

A Formação Ipubi foi denominada Membro Ipubi por Beurlen (1971) e elevada à categoria de Formação por Neumann e Assine (2015). É constituída de camadas descontínuas de gipsita (Figura 4.2), posicionadas em diferentes profundidades, cuja espessura máxima atinge os 30 m, em associação faciológica com folhelhos pretos e verdes.

Silva (1986, 1993) descreveu a gipsita presente nos evaporitos da Bacia do Araripe identificando fácies primárias e secundárias. A fácies primária é constituída por cristais de gipsita colunares, pseudomorfos de gipsita e anidrita, enquanto a secundária ou diagenética, por gipsita alabastrina, porfiroblástica, nodular e espato acetinada. Designou que as variedades fibrosas constituem a última geração, sendo produto de recristalização durante processos de diagênese.

Assine (2007) descreveu a ocorrência da gipsita como camadas descontínuas (lentes), com a existência de

intercalações de folhelhos portadores de conchostráceos em íntima associação com folhelhos pirobetuminosos pretos, ricos em ostracodes não marinhos e fragmentos vegetais carbonificados, sugerindo um ambiente evaporítico continental. O referido autor interpretou que os evaporitos foram originados em ambientes costeiros (supramaré), sujeitos a variações relativas do nível do mar, em condições de clima árido a semi-árido.

Na região noroeste de Pernambuco não foram registradas camadas aflorantes dos sedimentos da Formação Ipubi. As informações acerca dos sedimentos são provenientes de furos de sondagem ou frentes de lavras. Nessas áreas, o capeamento atinge até 30 m de espessura e está relacionado aos sedimentos da Formação Romualdo ou retrabalhamento de unidades mais recentes.

A partir dos perfis das minas, observa-se de um modo geral, que a Formação Ipubi, da base para o topo, apresenta camadas centimétricas de folhelhos negros betuminosos fossilíferos com gipsita espática (Figura 4.3A), onde se identificou peixes e ostracodes bem preservados apresentando intercalação com margas e calcarenitos em níveis centimétricos. Acima dos folhelhos negros tem-se a primeira camada com espessura de, aproximadamente, 10 m de gipsita intercalada com anidrita de coloração esbranquiçada a cinza.



Figura 4.2 - Frente de lavra mostrando as lentes de gipsita da Formação Ipubi (K1ip) na base, sobreposta pela Formação Romualdo (K1rmd).

Entre a camada inferior e a superior, registra-se uma camada pelítica milimétrica por vezes descontínua composta por folhelho verde (Figura 4.3B), marga e calcarenitoossilífero (ostracodes). Na porção acima desta camada têm-se mais alguns metros de gipsita notadamente exibindo fraturas de distensão, com gipsita precipitada perpendicular ao plano de abertura (Figura 4.3C). Nas fraturas observa-se a intercalação de fina camada de argila com a gipsita de aspecto fibroso e cor esbranquiçada. Capeando esta camada de gipsita tem-se nível conglomerático centimétrico (em algumas minas), intercalados com argila, calcarenitos, margas e feições de dissolução, estratificação cruzada e dobradas (Figura 4.3D). O contato com a Formação Romualdo é marcado por discordância erosiva interpretada como regional por diversos autores (SILVA, 1983, 1988; NEUMANN e CABRERA 1999; ASSINE, 2007).

4.2.1.2. Formação Romualdo (K1rmd)

Os sedimentos da Formação Romualdo (Figura 4.2) afloram principalmente nas porções mais rebaixadas sobre o embasamento cristalino ou na base das encostas da chapada.

No empilhamento estratigráfico da Formação, da base para o topo, é descrito por: arenito fino a conglomerático intercalado com folhelho verde, rico em ostracodes, folhelho cinza escuro e preto, rico em matéria orgânica, caracterizado pela presença de um nível com concreçõesossilíferas, encerrando uma rica paleoictiofauna, p. ex., vegetais, peixes, tartarugas marinhas e pterossauros (SILVA SANTOS e VALENÇA, 1968; CAMPOS e KELLNER, 1985, *apud* ASSINE, 2007).

Arai e Coimbra (1990) descreveram nos folhelhos, uma assembleia fóssil composta por grãos de pólen,

esporos, dinoflagelados, ostracodes, foraminíferos e moluscos típicos de ambientes costeiros mixohalinos, tais como estuários e lagunas. Além disso, citam a ocorrência de dinoflagelados como indicador de influência marinha (ROJAS, 2009).

No topo da formação ocorrem siltitos e arenitos com fósseis de água doce, intercalados aos folhelhos, relacionados às condições regressivas ao final da sequência (BEURLEN, 1971).

Acima do nível de ictiofósseis, ocorre uma camada de coquinóide constituída por moluscos marinhos (turritelídeos) e de equinóides (BEURLEN, 1963), os quais definem as condições marinhas francas. Esse nível, reconhecível principalmente nos limites ocidentais da bacia, o qual Sales (2005) associou a depósitos de tempestitos foram interpretados como *lags* residuais, tendo o seu contato basal como superfície de ravinamento por onda, correspondendo à superfície de inundação máxima na sequência.

4.2.2. Grupo Araripe (Cretáceos inferior - K1 e superior - K2)

O Grupo Araripe atribuído à Sequência Pós-rifte II (NEUMANN e ASSINE, 2015) constitui as unidades superiores da bacia e é composto pelas formações Araripina e Exu. Estas formações exibem características litológicas distintas e estão separadas por discordância erosiva (NEUMANN e ASSINE, 2015).

4.2.2.1. Formação Araripina (K1ap)

A Formação Araripina ocorre em afloramentos de corte de estrada na porção mais basal das mesas e morros testemunhos que ocorrem na área. Ela consiste em intercalações de arenitos maciços finos com lamitos, por vezes, portando estratificação plano-paralela. A diferenciação dos sedimentos posicionados acima do Grupo Santana foi baseada em associação palinológica constituída por 141 espécies reconhecidas, sendo 18 exclusivas do Grupo Araripe, incluindo polens tricólpados de angiospermas conferindo um caráter distinto e mais evoluído (LIMA, 1978). Para essa seção, o referido autor determinou uma idade meso-albiana com clima mais quente e árido, sendo separada do Grupo Santana por discordância. Tal unidade foi denominada como membro inferior da Formação Exu, sendo denominada por Ponte e Ponte-Filho (1996a) como Formação Arajara.

Assine (2007) descreveu esta unidade como ritmitos compostos por arenitos finos e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, intercalados com corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, com espessuras que ultrapassam três metros, identificadas na área a oeste de Araripina/PE (Figura 4.4A).

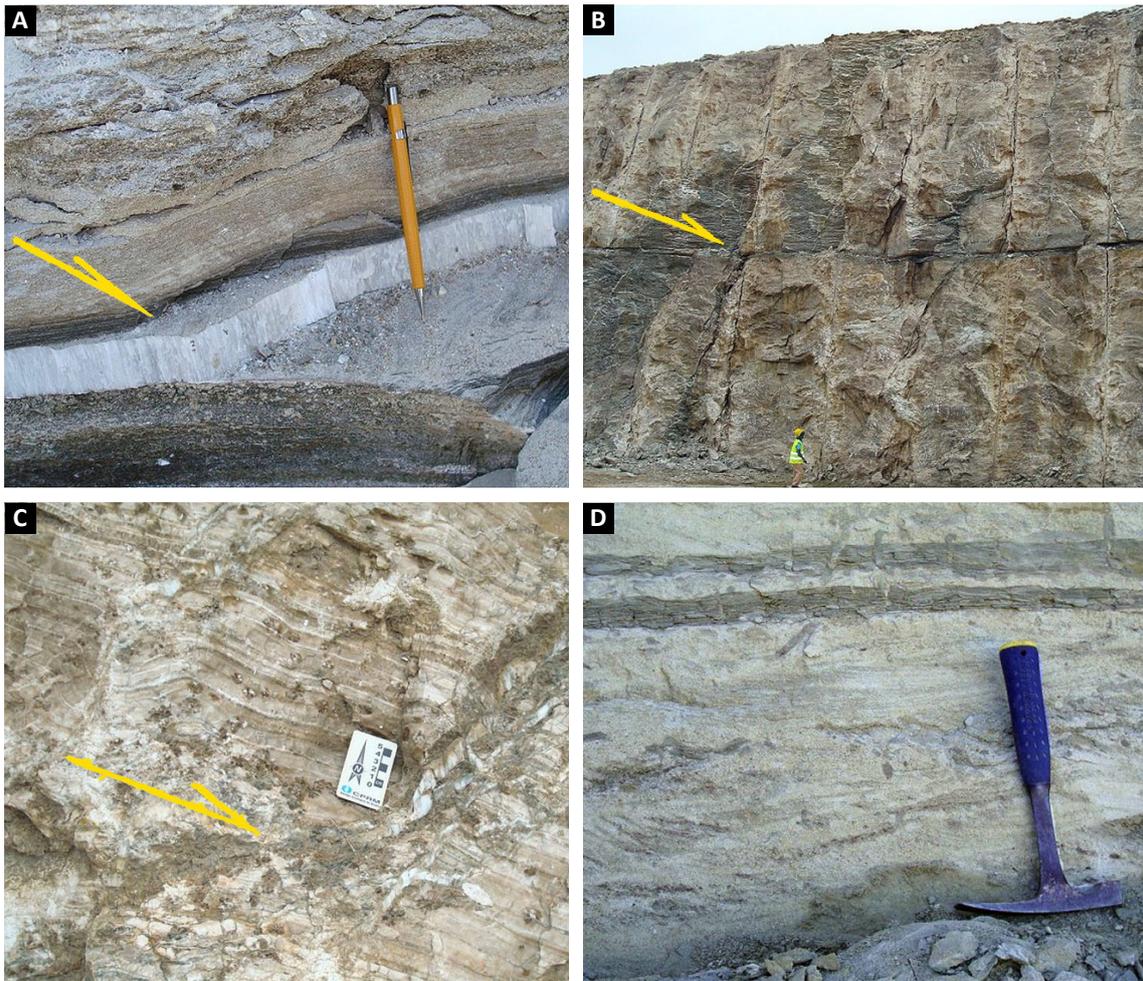


Figura 4.3 - (A) Afloramento exibindo na base folhelho betuminoso com gipsita espato acetinado (seta amarela) crescendo perpendicular ao acamamento; (B) Os pacotes de gipsita com nível centimétrico de folhelho esverdeado (seta amarela); (C) Detalhe da porção superior, onde o folhelho preenche a fratura e a gipsita espato acetinado precipita perpendicular a abertura (seta preta); (D) Porção superior, acima do segundo pacote de gipsita, ocorre camada conglomerática centimétrica contendo estratificação cruzada, exibindo feições de atividade de organismos (intensa bioturbação) que obliteraram as feições deposicionais.

Exibem estruturas de sobrecarga, como pseudonódulos e almofadas, e em chama, comuns na associação, além da presença de truncamentos na estratificação, uma característica marcante, constituindo diastemas angulares internos à unidade. Os ritmitos apresentam também dobramentos convolutos gerados por deformação penecontemporânea e intervalos constituídos por brechas intraformacionais com clastos de ritmitos.

De acordo com Assine (2007), esta associação de fácies heterolíticas, caracterizada por grande diversidade de litotipos, recorrentes e geneticamente relacionados corresponde a uma sedimentação em planícies de leques aluviais. Destaca ainda, o registro de uma tectônica sin-deposicional na porção superior das rochas do Grupo Santana (pós-rifte II), associado a estruturas tais como do tipo truncamentos, fraturamento intenso e deformações encontradas nas camadas da seção heterolítica. Por fim, propôs que este evento tectônico data do

Albiano médio, uma vez que nas minas de Lagoa de Dentro e Rancharia, a sul de Araripina (PE), os estratos da Formação Araripina apresentam basculamento com mergulho de até 20°.

4.2.3. Formação Exu (Ke1,2)

A Formação Exu é caracterizada pelos sedimentos que capeiam o platô da chapada do Araripe e foi formalmente proposta por Beurlen (1963). É composta por arenitos fluviais que recobrem, em discordância erosiva, a Formação Araripina (Figura 4.4B) em alguns locais com pequena angularidade (ASSINE, 2007).

Medeiros (1990) descreveu arenitos grosseiros, conglomeráticos com estratificações cruzadas tabulares a acanaladas de médio porte, interpretados como diversos ciclos de sistemas fluviais entrelaçados passando

ao tipo meandrante com granulação grosseira. O autor sugere que o truncamento de clastos grosseiros com camadas rítmicas de pelitos, arenitos são associados ao rebaixamento do nível de base, possivelmente, decorrente de regressão marinha; e que as paleocorrentes dos sistemas fluviais observadas na região de Araripina permitem concluir que o fluxo dos canais indica uma direção para oeste atribuindo o recuo do mar na direção da Bacia do Parnaíba.

Na porção oeste da bacia, o arranjo estratigráfico apresenta ciclos com granodecrescência ascendente, com delgados níveis de conglomerados por vezes, com arenitos conglomeráticos na base, superpostos por arenitos grossos com estratificação cruzada planar e acanalada (Figura 4.4C), dispostos em “sets” decimétricos a métricos. Exibem ainda, fácies pelíticas de planície de inundação, ocasionalmente, intercaladas nos arenitos, e às vezes preenchendo canais abandonados (ASSINE, 2007).

O padrão de paleocorrentes nos arenitos indica mergulho deposicional para oeste, numa mudança

paleogeográfica notável em relação ao padrão das sequências inferiores. Esse arranjo das paleocorrentes foi resultado de soerguimento epirogênico da região Nordeste do Brasil a partir do Albiano em conjunto com uma reestruturação completa da paleo-drenagem continental no interior do Nordeste, que passou a fluir para oeste em direção à Bacia do Parnaíba (ASSINE, 2007).

A Formação Exu ocorre em afloramentos de corte de estrada nas encostas da porção mais superior das mesas, morros testemunhos e chapadas. No topo das mesas, normalmente ela não aflora, mas existem grandes extensões de campos de areia derivada da alteração destas rochas. Na área do projeto, ela consiste em camadas contínuas de arenitos finos a médios, podendo ser maciços ou estratificados, sendo a estratificação dos tipos cruzada acanalada e plano-paralela os mais comuns. Essa unidade possui bioturbações características. As rochas podem apresentar alto grau de lateritização, principalmente nas porções mais altas topograficamente.

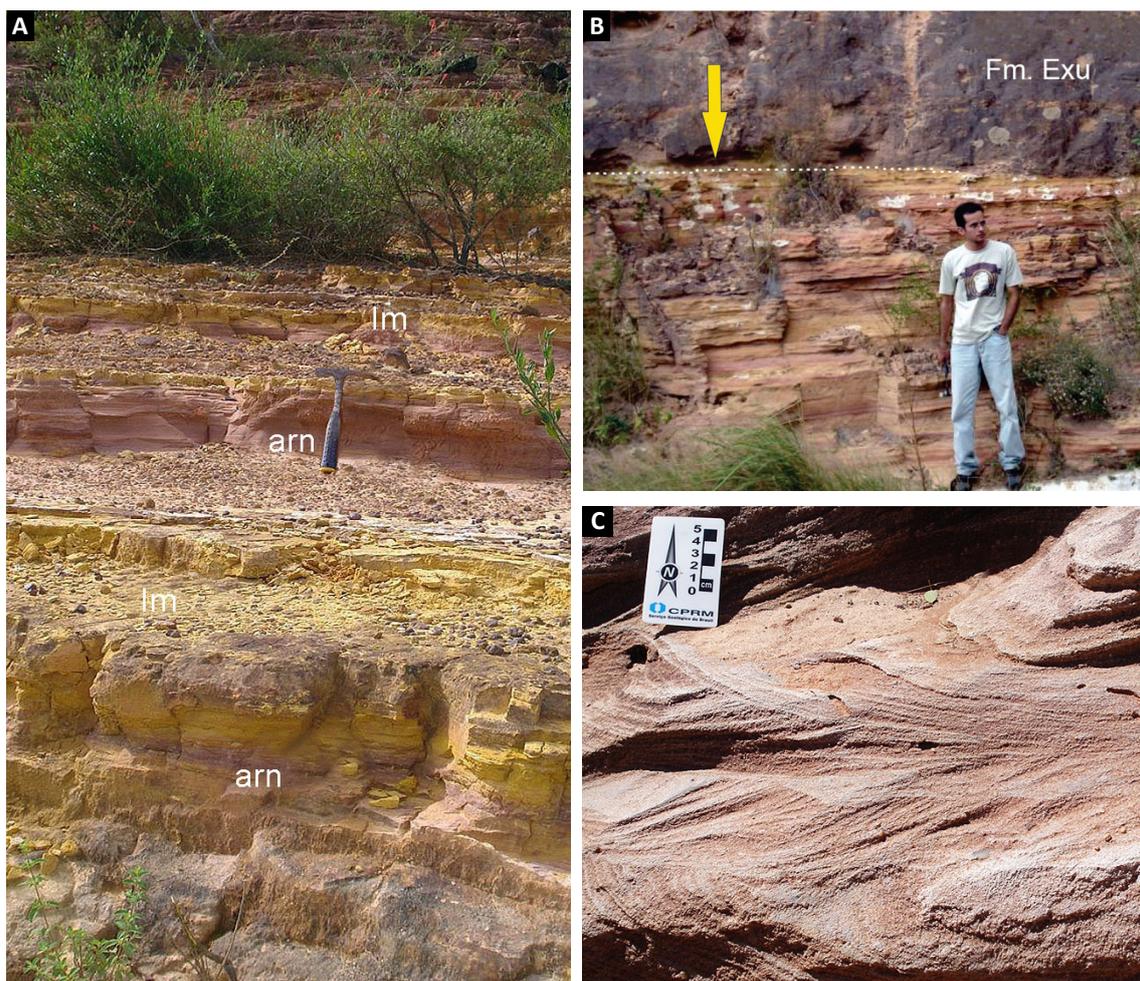


Figura 4.4 - (A) Ritmitos da Formação Araripina. Arenitos finos (arn) e lamitos (lm), de colorações avermelhadas e amareladas. Afloramento AA-56, a 4 km a oeste de Araripina-PE; (B) Contato (c) entre as Formações Exu e Araripina; (C) Arenito da Formação Exu exibindo estratificação cruzada acanalada.

4.3. UNIDADES SEDIMENTARES DO CENOZOICO (NEÓGENO - QUATERNÁRIO)

As unidades litoestratigráficas cenozoicas na área do projeto compreendem depósitos sedimentares do Neógeno e do Quaternário e normalmente estão associados à herança das estruturas do embasamento e das unidades relacionadas ao processo de abertura da bacia do Araripe. Na área do projeto, os depósitos de maior destaque são colúvio-eluviais e coberturas recentes. Esses depósitos são importantes, pois costumam constituir o capeamento de camadas guia para a prospecção de gipsita.

4.3.1. Depósitos Colúvio-eluviais (NQc)

Esses depósitos são encontrados a jusante de taludes íngremes onde estão sujeitos à ação mais severa do intemperismo, associado a deslocamento de blocos de rocha e escorregamento de solo (Figura 4.5). Esses depósitos decorrem dos processos de desmonte das unidades geológicas pelos agentes intempéricos, inicialmente com transporte muito lento, podendo se tornar rápido devido ao fluxo de água nos períodos chuvosos.

Na área do projeto os depósitos de tálus são mais expressivos (Figura 4.5B) e compreendem depósitos

com material grosso e mal selecionado cujo retrabalhamento varia de acordo com as estações chuvosas. Notadamente são constituídos por sedimentos areno-argilosos marrons amarelados a amarelados, às vezes com fragmentos de blocos de rocha das formações superiores; e ainda sedimentos areno-argilosos e arenosos castanho, cinza, comumente associados aos fragmentos de rochas do embasamento.

4.3.2. Coberturas Recentes (Q2a)

Correspondem aos sedimentos inconsolidados constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica, relacionados a planícies de inundação, barras de canal e canais fluviais atuais. Nestes depósitos estão inseridos os depósitos aluvionares relacionados às áreas onde ocorrem as coberturas recentes restritas as calhas das drenagens ou ainda em áreas mais rebaixadas de sopé de encosta.

Na área do projeto, genericamente, são compostas por areias, sedimentos areno-argilosos friáveis de cor amarelada, normalmente decorrente do desmonte e intemperismo das unidades que constituem as formações da Bacia do Araripe e do embasamento cristalino.

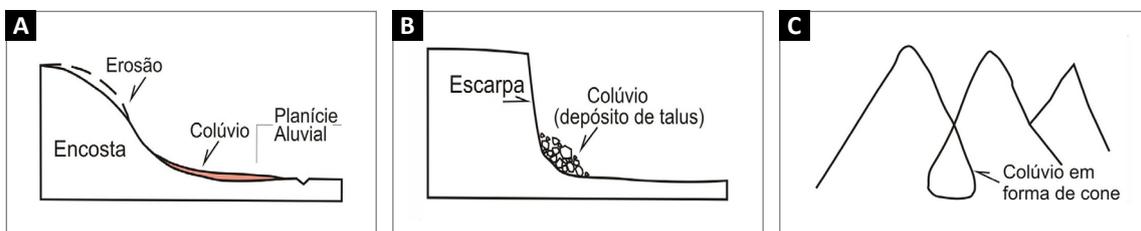


Figura 4.5 - Processos de formação de um colúvio: A) colúvio oriundo de processos gerados em encosta; B) coluvionamento gerado no sopé de escarpa; C) colúvio formado no sopé de montanhas na forma de cone de detritos. (BLIKRA e NEMEC, 1998).

5. GEOFÍSICA

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação de dados aerogamaespectrométricos, aeromagnetométricos e de eletrorresistividade no mapeamento geológico de camadas de gipsita e estruturas associadas. O emprego desses três tipos de tecnologias tiveram aplicações em aspectos distintos do trabalho. Apesar da gipsita não possuir propriedades radiométricas ou magnéticas, os métodos aerogeofísicos foram empregados como ferramentas importantes na identificação de rochas associadas e estruturas controladoras dos depósitos. Por outro lado, a gipsita possui propriedades elétricas resistivas que facilitam sua identificação por meio de métodos geoeletricos. Desse modo, foram realizados testes com o uso do método de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) na tentativa de detectar camadas de gipsita em subsuperfície da Formação Ipubi, comumente, sotoposta a Formação Romualdo.

5.2. TRABALHOS GEOFÍSICOS ANTERIORES

Rand e Manso (1984) com emprego de dados gravimétricos e magnetométricos destacaram na Bacia do Araripe a existência de duas sub-bacias, as quais denominaram de Leste e Oeste com profundidades estimadas de 2400 m e 2000 m, respectivamente.

Ponte e Ponte-Filho (1996a) fizeram uma importante revisão e reinterpretaram dados sísmicos e gravimétricos, apresentando como resultado um arcabouço detalhado da bacia. Nesse contexto, a bacia foi subdividida em sub-bacias, *grabens* e *horsts*. Destaca-se a estruturação principal por falhas normais, com direção NE-SW, conectadas ou convergindo para a Zona de Cisalhamento Patos. Na região centro-leste da bacia, o conjunto de falhas com direção NE-SW está seccionado por zonas de cisalhamento com direção NW-SE. Na área de estudo deste projeto, o trabalho de Ponte e Ponte-Filho (1996a) evidenciou a existência das falhas normais Dom Leme e Serrolândia com direções NE-SW, que delimitam de leste para oeste o “*Horst de Dom Leme*”, a Sub-bacia de Feitoria e a Plataforma de Araripe-Araripe.

Estudos gravimétricos efetuados por Castro e Castelo Branco (1999) indicaram que as anomalias *Bouguer* residuais atingem valores de até -35 mGal nas regiões mais profundas da bacia. Segundo esses autores, a bacia apresenta uma orientação preferencial E-W, com um suave

basculamento para SW na região oeste, sendo formada por *grabens* assimétricos colaterais orientados na direção NE-SW cuja geometria interna da bacia é condicionada por falhas normais controladas por falhas extensas associadas ao Lineamento Patos. O empilhamento sedimentar atinge espessuras superiores a 1500 m, sugerindo que Rand e Manso (1984) haviam superestimado as espessuras dos sedimentos. Na área de estudo deste projeto, Castro e Castelo Branco (1999) confirmaram a existência do “*Graben de Feitoria*” (ou Sub-bacia) e o seu condicionamento por falhas normais com direção NE-SW. Informaram também que na região oeste da bacia (em Marcolândia-PI) e oeste e sul de Araripe (PE) os valores das anomalias *Bouguer* residuais tendem a zero, sugerindo a existência de sedimentos pouco espessos e sem encaixe estrutural no embasamento, como já indicado no trabalho de Ponte e Ponte-Filho (1996a).

Nos anos 70, foram realizados levantamentos de eletrorresistividade na área de Casa de Pedra (Ipubi-PE) pela SUDENE (FEITOSA, 1972), com objetivo de avaliar as espessuras do capeamento sedimentar sobre as camadas de gipsita. Contudo, essas expectativas quanto à estimativa das espessuras das camadas de gipsita foram abandonadas por causa das características geoeletricas da sequência estratigráfica, em que a gipsita eletricamente resistiva pode repousar sobre as rochas do embasamento, que também são muito resistivas, fornecendo resultados ambíguos. Os resultados dos trabalhos de Feitosa (1972) definiram uma sequência geoeletrica formada de cima para baixo por cinco camadas: i) solos com resistividades médias a altas, quando arenosos (200 a 6000 Ohm.m) e baixas (2 a 10 Ohm.m), quando argilosos; ii) argilas, folhelhos e margas com baixas resistividades (2 a 30 Ohm.m), correlata a atualmente denominada Formação Romualdo (NEUMANN e ASSINE, 2015); iii) gipsita muito resistiva (1000 a 2000 Ohm.m), correlata a atualmente denominada Formação Ipubi (NEUMANN e ASSINE, 2015); iv) calcário com resistividades médias (10 a 300 Ohm.m), correlata a Formação Crato; e v) o embasamento cristalino com resistividades muito altas.

Os trabalhos de eletrorresistividade executados pelo DNPM nos anos 90 (CEZAR *et al.*, 1995) tiveram como objetivo principal o entendimento de aspectos estruturais/tectônicos da evolução da bacia e o comportamento do embasamento sob as camadas de metassedimentos. Particularmente, na região do Distrito de Feitoria (PE), os trabalhos do DNPM confirmaram a continuidade do “*Graben de Feitoria*” no setor da depressão periférica da

Chapada do Araripe. Indicaram também que os valores regionais de resistividade na região do *graben* são em média inferiores a 50 Ohm.m, caindo para menos que 30 Ohm.m nas regiões onde se espera um aprofundamento maior da bacia.

5.3. AQUISIÇÃO DOS DADOS

5.3.1. Dados Aerogeofísicos

Os dados aerogeofísicos utilizados neste trabalho foram levantados no Projeto Levantamento Aerogeofísico Centro-Sudoeste do Ceará (PROSPECTORS, 2010). O projeto levantou perfis magnetométricos e gamaespectrométricos, com linhas de voo e controle espaçadas de 500 m e 5.000 m, orientadas nas direções N-S e E-W, respectivamente. A altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno. Foram empregadas aeronaves equipadas com magnetômetro e gamaespectrômetro, posicionadas pelo sistema de observação de satélite GPS, com precisão de 1 m. O magnetômetro com sensor de vapor de césio foi montado na cauda da aeronave (tipo *stinger*). As medidas foram realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, dependendo da velocidade média da aeronave a uma medida a cada 7,7 m (PROSPECTORS, 2010). O gamaespectrômetro com detectores de cristais de iodeto de sódio (NaI) permitiu a análise individual e precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. As medidas foram efetuadas a cada 1,0 s, representando medições a intervalos de amostragem média de, aproximadamente, 77,0 m (PROSPECTORS, 2010). Os dados aerogeofísicos foram processados e interpretados por meio da plataforma Oasis Montaj da Geosoft.

5.3.2. Dados de Eletrorresistividade

No levantamento de dados de eletrorresistividade foi empregado o método de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) no arranjo Schlumberger. O levantamento foi executado com um quadrupolo de eletrodos A-M-N-B, mantendo fixo o centro do quadrupolo MN e aumentando a distância AB (TELFORD *et al.*, 1990). Os valores de resistividades elétricas aparentes medidas foram plotados em um gráfico (log-log) das resistividades (eixo Y) versus as distâncias AB/2 (eixo X). Foram levantadas duas SEVs para investigação da estratigrafia geoeletrica das camadas sedimentares na região do Distrito de Feitoria, Município de Ipubi (PE). Os resultados foram modelados por meio do IPI2Win (GEOSCAN-M LTD., 2001). Esse programa é interativo e graficamente orientado para a modelagem direta e inversa de dados de sondagem elétrica vertical em termos de um modelo de terra em camadas (1D). O problema direto é resolvido usando filtros lineares desenvolvidos no Near-surface Electrical Prospecting Lab, Moscow State University.

O problema inverso é resolvido empregando uma variante do algoritmo de Newton para o menor número de camadas ou a aproximação de Tikhonov's (GEOSCAN-M LTD., 2001).

5.4. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS

O Projeto Aerogeofísico Centro-Sudoeste do Ceará empregou dois métodos geofísicos, oferecendo potencialidades diferentes no seu emprego em trabalhos de mapeamento geológico e prospecção mineral. Suas maiores potencialidades são interpretar/semiquantificar fontes magnéticas baseado no conteúdo de minerais magnéticos existentes nas rochas em várias profundidades e auxiliar na interpretação de estruturas tectônicas. Por outro lado, os dados gamaespectrométricos permitem apenas a detecção de fontes muito rasas (50 cm), no entanto, a experiência demonstra que existe uma forte correlação entre a distribuição dos radioelementos K, eTh e eU e diferentes tipos de rochas.

5.4.1. Gamaespectrometria

Para a interpretação dos dados gamaespectrométricos foi empregado a composição ternária RGB dos radioelementos K, equivalente Th (eTh) e equivalente U (eU). Esta composição é o resultado de uma combinação dos canais de K, eTh e eU, resultando em imagens ternárias em falsa cor RGB, a cor é vermelha (R-*red*) para as rochas ricas em K; verde (G-*green*) para as rochas ricas em eTh; e azul (B-*blue*) para as rochas ricas em eU. Quando os três são relativamente altos, a soma das cores resulta na cor branca. Quando os três são relativamente baixos, a cor é preta. Porém, corpos d'água quando não possuem muito material em suspensão também apresentam cor preta, porque na água limpa a radioatividade dos três radioelementos é baixa. A imagem RGB ternária dos dados de K, eTh e eU foi preparada na plataforma "*grid and image*" do Oasis Montaj (Geosoft), a partir dos canais individuais dos radioelementos previamente nivelados e interpolados pelo método de bigrid em uma malha de 125x125 m.

Dados gamaespectrométricos tem o potencial de distinguir as unidades geológicas a partir da análise combinada dos três radioelementos. Contudo, alguns cuidados são necessários na sua interpretação, sobretudo pela ambiguidade inerente ao processo de interpretação e correlação geológica de dados geofísicos. Como exemplos, a cor vermelha que deve representar teores alto de K e baixos teores de eTh e eU pode estar correlacionada com granitos ou sedimentos imaturos como grauvas. A cor branca pode ser produzida por sienitos ou rochas vulcânicas ácidas. A cor preta pode corresponder a rochas ultramáficas ou arenitos puros quartzosos. A cor verde pode ser associada com metassedimentos ou lateritas. Portanto, a interpretação de dados gamaespectrométricos

requer a adição de informações complementares para que seja consistente no seu emprego em mapeamentos geológicos e na pesquisa de recursos minerais.

Não existe uma relação conhecida entre mineral gipsita e radioatividade natural. Portanto, neste trabalho, a aplicação de dados gamaespectrométricos limitou-se a auxiliar na cartografia de unidades geológicas associadas diretamente ou que ocorrem no contexto regional dos depósitos de gipsita. Abaixo estão descritas as principais características radiométricas das unidades litodêmicas da área do projeto.

Embasmamento Cristalino (Pré-cambriano)

Apresenta uma distribuição litológica em que se destacam granitoides neoproterozoicos indiferenciados e do tipo Itaporanga, intrudindo faixas de rochas metassedimentares paleoproterozoicas com intercalações de formações ferríferas e rochas metamáficas. Essas rochas intrudem ou recobrem um substrato Arqueano (Complexo Granjeiro) composto por metassedimentos, BIFs, rochas metamáficas e ortognaisses TTG. Os granitoides neoproterozoicos apresentam dois padrões radiométricos distintos, um com enriquecimento de K (até 8%), eTh (até 60 ppm) e eU (até 14 ppm), que está representado nas tonalidades esbranquiçadas da imagem ternária (Figura 5.1) e outro, com um leve enriquecimento em K (3 a 5%) e empobrecimento em eTh (<10 ppm) e eU (< 3 ppm), que está representado nas tonalidades avermelhadas da imagem ternária. Nas rochas paleoproterozoicas/arqueanas destacam-se o padrão das rochas predominantemente metassedimentares (tons esverdeados/azulados na imagem ternária), com empobrecimento em K (<3%) e leve enriquecimento em eTh (até 25 ppm) e eU (até 5 ppm), e aquelas com intercalações de BIFs e rochas máficas (tons amarronzados na imagem ternária) com empobrecimento nos três radioelementos (K < 2%, eTh <10 ppm e eU < 3 ppm). Os ortognaisses paleoproterozoicos/arqueanos apresentam variações entre tipos enriquecidos em K, eTh e eU (tons esbranquiçados) e tipos com predominância de K (tons avermelhados).

Formação Ipubi

Corresponde às rochas evaporíticas onde ocorrem os depósitos de gipsita (Figura 5.1). Devido à pequena dimensão da exposição dessas rochas não foi possível distinguir suas propriedades radiométricas a partir dos dados aerogeofísicos.

Formação Romualdo

Composta por folhelhos e arenitos apresenta empobrecimento em K (1% na média) e leve enriquecimento em eTh (25 ppm na média) e eU (até 8 ppm).

Esta composição produz uma tonalidade verde/azulada na combinação ternária (Figura 5.1). A existência de teores acima da média de eTh e eU nessas rochas é justificada pela sua composição, ou seja, presença de minerais ricos em Th, como monzita e zircão nos arenitos e, adsorção de U por minerais de argila nos folhelhos.

Formação Araripina

Composta por arenitos com texturas variadas e lamitos depositados em sequência rítmica. Possui exposição limitada às áreas de encosta da chapada dificultando a distinção das suas características radiométricas. Entretanto, é possível diagnosticar um padrão muito semelhante ao da Formação Romualdo, com teores muito baixos de K e leve enriquecimento de eTh e eU (Figura 5.1).

Formação Exu

Composta por arenitos e conglomerados apresenta uma grande área de exposição no topo da chapada. Nos dados gamaespectrométricos apresenta dois padrões distintos (Figura 5.1). O que tem tonalidade verde-clara representa rochas com enriquecimento moderado em eTh (20 a 30 ppm) e eU (4 a 5 ppm) e teores muito baixos de K (<0,01 %). O outro, com tonalidades marrom escura, tem correlação com rochas empobrecidas em K (<0,1%), eTh (<10 ppm) e eU (<3 ppm). Aparentemente, o primeiro corresponde com afloramentos desta formação e o segundo, possivelmente, está relacionado com coberturas eluviais resultante de erosão e nova deposição e, portanto, com características radiométricas modificadas em relação ao primeiro. Contudo, existe a possibilidade de que o enriquecimento em eTh pode estar relacionado com processos de laterização que são comuns no topo da chapada.

Depósitos colúvio-eluviais e aluviais

Compostos por areias, argilas e fragmentos das rochas sedimentares, eles ocupam uma extensa área no sopé e no entorno da chapada. Nos dados gamaespectrométricos não é possível fazer uma clara distinção entre essas coberturas residuais e as rochas sedimentares mais antigas cuja erosão lhe deu origem. Contudo, na região leste da área do projeto, em torno da cidade de Trindade (PE) destaca-se um padrão de tonalidade escura na imagem ternária (Figura 5.1) que distingue a existência de rochas empobrecidas em K (<0,1%), eTh (<10 ppm) e eU (<3 ppm). A sua forma de distribuição espacial sugere a correlação deste padrão com coberturas sedimentares recentes, possivelmente compostas por areias pobres em zircão e monzita.

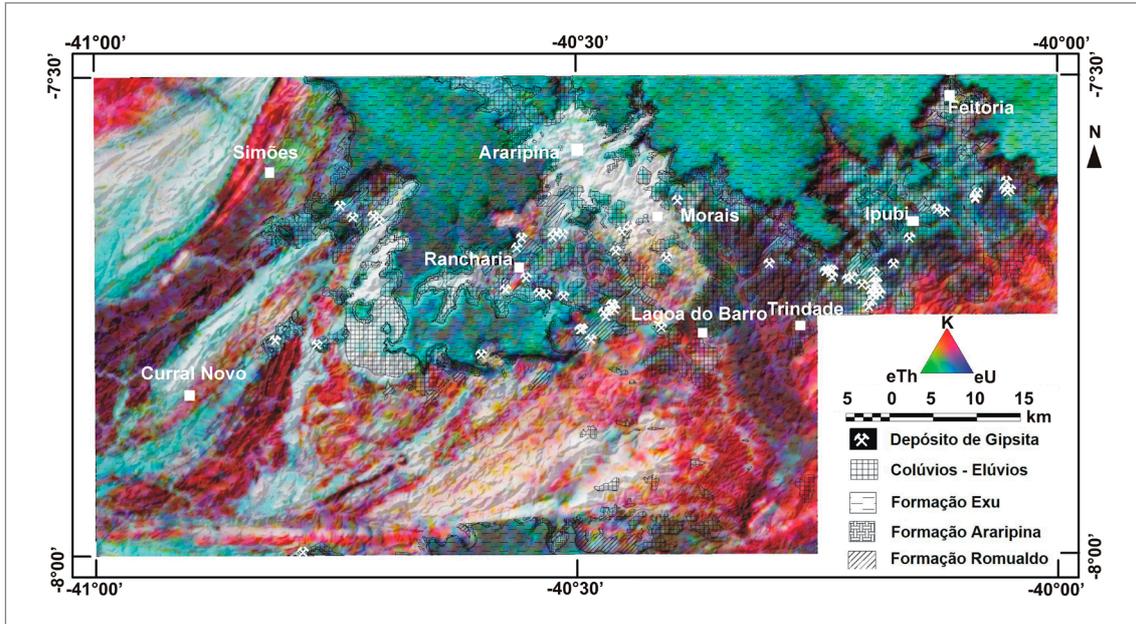


Figura 5.1 - Composição ternária, em falsa cor RGB, dos teores relativos de K, eTh e eU com transparência para a topografia SRTM. A cor vermelha (R-red) representa rochas ricas em K; verde (G-green) para as rochas ricas em eTh; e azul (B-blue) para as rochas ricas em eU. As unidades litológicas, obtidas dos mapas geológicos, estão indicadas por uma legenda de hachuras. Os principais depósitos de gipsita estão localizados na figura.

5.4.2. Magnetometria

Neste projeto, o emprego de dados magnetométricos foi dedicado exclusivamente para o auxílio na localização e interpretação de estruturas tectônicas através da interpretação de alinhamentos magnéticos. Anomalias magnéticas estreitas e alongadas são comumente interpretadas segundo três tipos principais de correlação geológica: i) falha ou zona de cisalhamento; ii) contato entre unidades geológicas; e iii) intrusões de corpos magnéticos do tipo dique. Também podem ser considerados alinhamentos as assinaturas de truncamentos dessas feições principais. A interpretação foi realizada nos dados de campo magnético anômalo interpolado pelo método bigrid (125x125 m) reduzido ao Polo magnético (Magmap, Oasis Montaj, Geosoft). Para poder enfatizar as fontes mais rasas, a interpretação dos alinhamentos foi efetuada na imagem do gradiente horizontal total do campo magnético anômalo reduzido ao Polo (Figura 5.2).

A interpretação dos dados magnetométricos conforme as premissas indicadas acima demonstrou que existem três direções principais de alinhamentos na área do projeto (Figura 5.3). Os alinhamentos mais evidentes possuem direção NE-SW, são alongados e fazem uma inflexão gradativa para E-W no sul da área. Esta inflexão coincide com um feixe de alinhamentos na direção E-W (Figura 5.3). A correlação geológica principal desses alinhamentos é com zonas de cisalhamentos. Para os alinhamentos E-W há uma clara correlação com a Zona de Cisalhamento Pernambuco. Nos alinhamentos com direção

NE-SW é possível fazer correlação também com corpos alongados de formações ferríferas e rochas máficas. Além dessas duas direções principais também são observados assinaturas de truncamento com direção NW-SE onde foram identificados vários alinhamentos (Figura 5.3). Neste caso, os alinhamentos são correlacionados com estruturas rúpteis porque truncam alinhamentos associados com estruturas dúcteis. Uma consequência da interpretação conjunta das direções NE-SW e NW-SE, aliado ao fato de que há indícios de reativação das zonas de cisalhamentos pré-cambrianas, é a delimitação na área do projeto da extremidade sudoeste do *Graben* de Feltória (Figura 5.4). Nesta região, é possível sugerir que a conjunção de duas direções de estruturas (NE-SW e NW-SE) permitiu o abatimento tectônico e a formação do *graben*, cuja interpretação está auxiliada pela observação da atenuação do sinal magnético produzido pelo espessamento do empilhamento sedimentar no sentido da região mais profunda da bacia.

5.5. INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE ELETRORRESISTIVIDADE

O trabalho de levantamento de dados de eletrorresistividade realizados no âmbito deste projeto teve o objetivo de testar modelos estratigráficos em áreas onde havia a possibilidade de ocorrência de camadas de gipsita até então desconhecidas. Os trabalhos foram restritos e desenvolveram-se em uma etapa de campo de 20 dias. Dos resultados obtidos, apenas duas sondagens elétricas verticais (SEVs), levantadas na região

do Distrito de Feitoria (PE), serão aqui apresentadas. O levantamento foi realizado nessa área porque havia dúvidas quanto ao posicionamento estratigráfico de camadas de rochas psamíticas-pelíticas, inicialmente mapeadas como folhelhos da Formação Romualdo, mas que posteriormente foram classificadas como pertencentes à Formação Araripina.

As duas SEVs foram interpretadas e correlacionadas, considerando parâmetros geoeletricos conhecidos

do trabalho de Feitosa (1972) e a estratigrafia geológica conhecida (NEUMANN e ASSINE, 2015). A localização da área do levantamento está indicada na Figura 5.5. A SEV 1 está localizada nas proximidades do sopé da escarpa, na cota de 598 m em relação ao nível do mar enquanto, a SEV 2 está localizada no vale de um riacho na cota de 553 m. A diferença de 45 m entre as cotas das duas SEVs é muito importante para a interpretação e entendimento dos resultados.

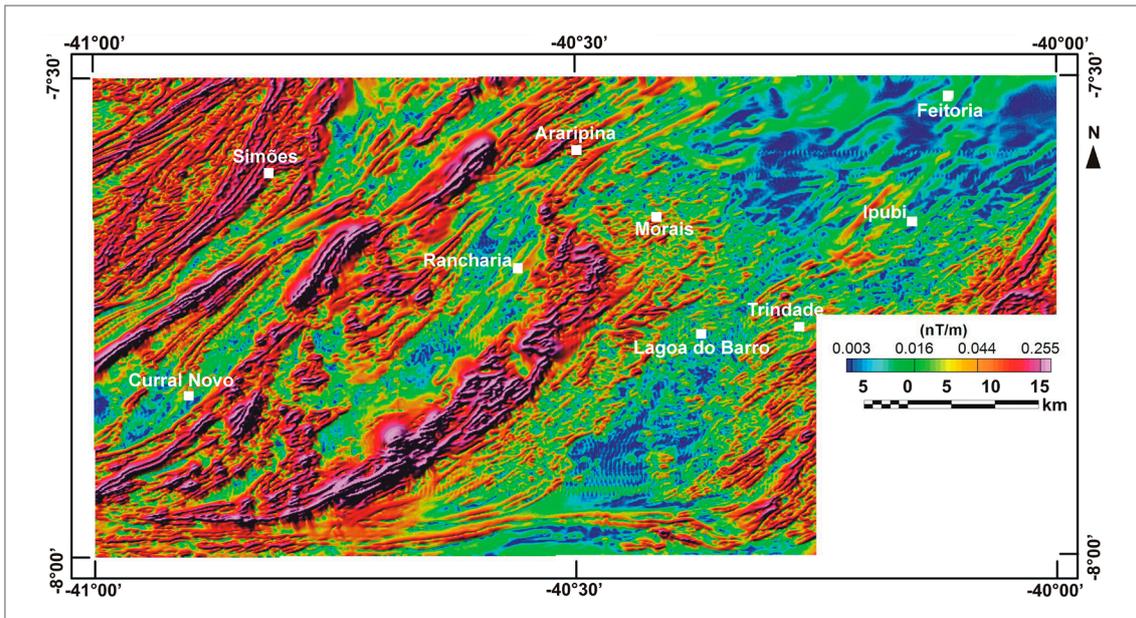


Figura 5.2 - Gradiente horizontal total do campo magnético anômalo reduzido ao polo. A filtragem foi efetuada com o objetivo de ressaltar as bordas dos corpos magnéticos e enfatizar as fontes mais rasas.

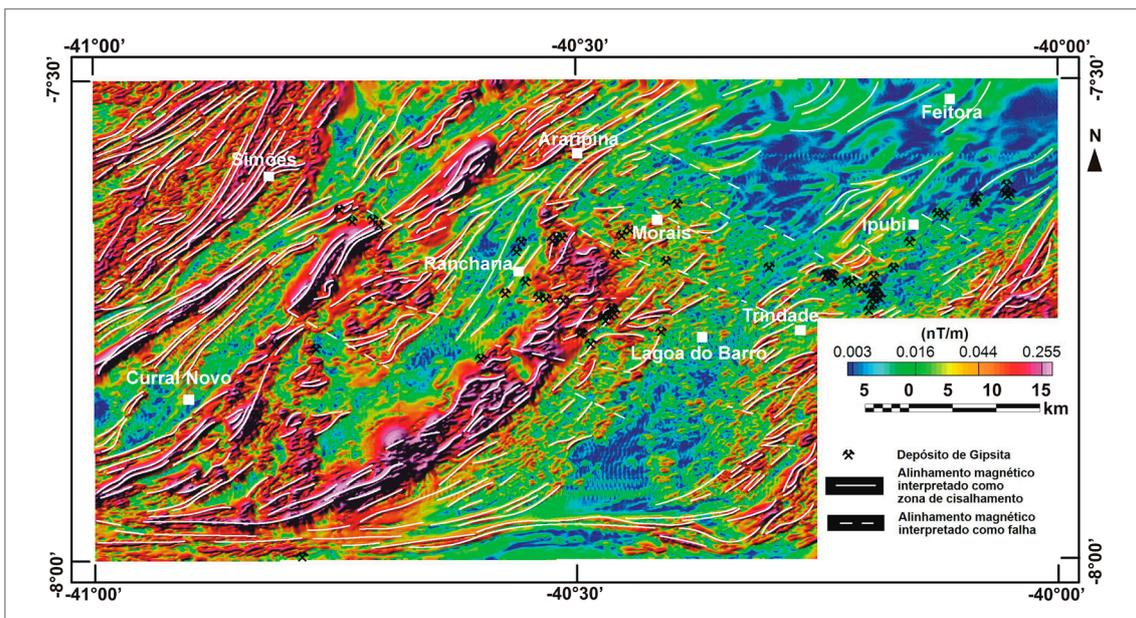


Figura 5.3 - Gradiente horizontal total do campo magnético anômalo reduzido ao polo com a interpretação dos principais alinhamentos. Foram interpretadas três direções: NE-SW, E-W e NW-SE. As duas primeiras possuem forte correlação com zonas de cisalhamentos, formações ferríferas e corpos máficos alongados. Os alinhamentos NW-SE truncam os alinhamentos NE-SW e foram interpretados como falhas. Os principais depósitos de gipsita estão assinalados na figura.

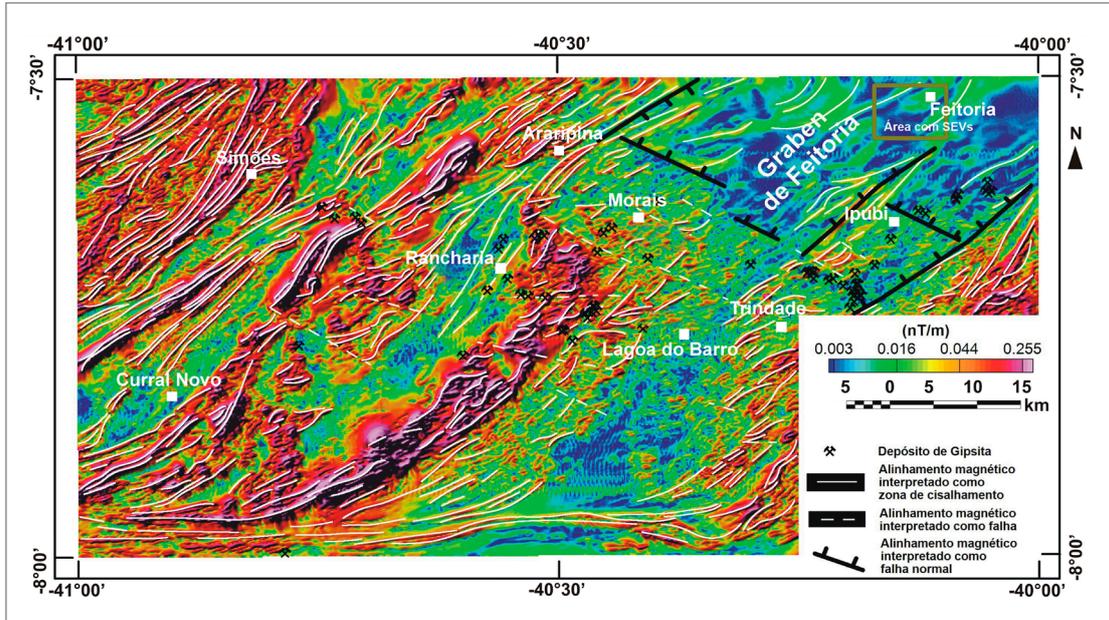


Figura 5.4 - Gradiente horizontal total do campo magnético anômalo reduzido ao polo com a interpretação dos principais alinhamentos. A textura gerada pela atenuação do sinal dos dados magnetométricos pelos sedimentos e a junção de duas direções de alinhamentos (NE-SW e NW-SE), permitiram a interpretação do *Graben* de Feitoria na área deste projeto. Estão apresentados na figura os principais depósitos de gipsita. Na figura está indicada a área onde foram realizados levantamentos com SEVs.

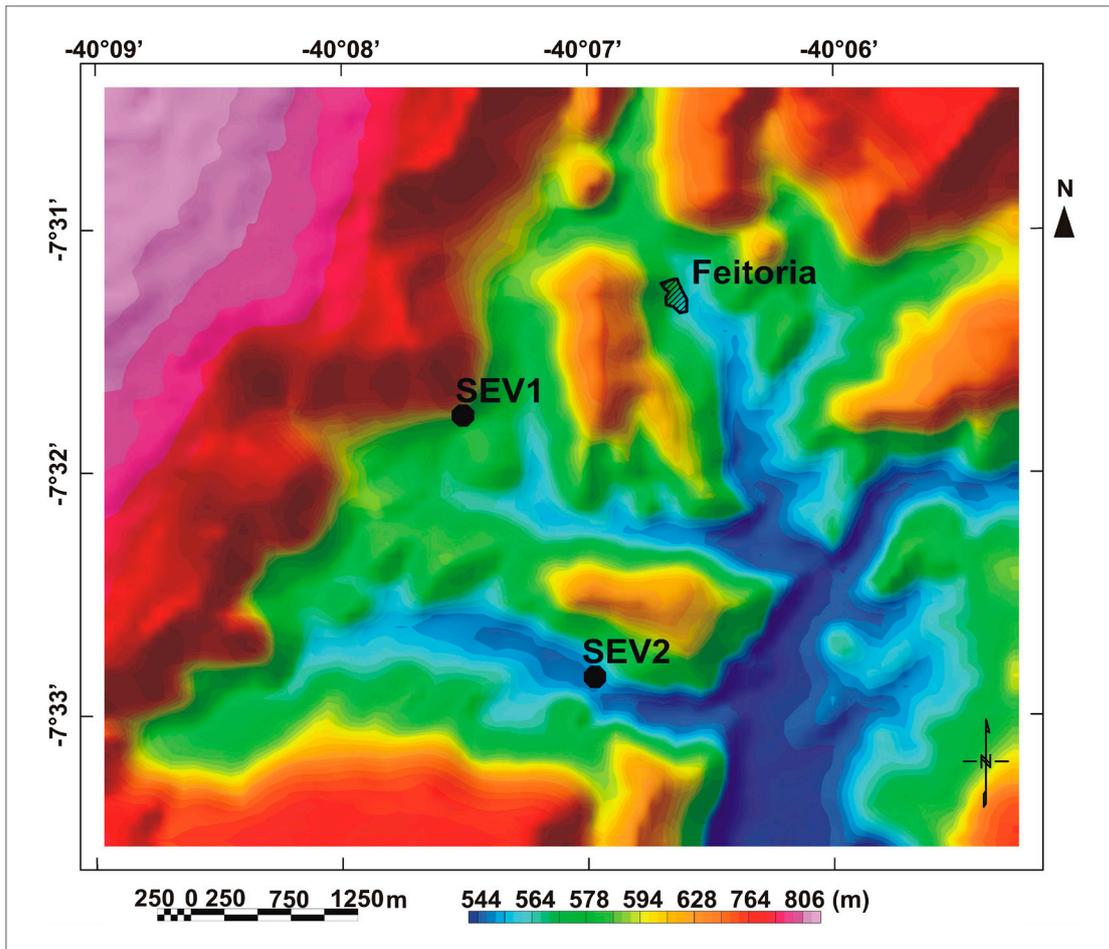


Figura 5.5 - Região em torno do Distrito de Feitoria (PE) onde foram levantadas duas Sondagens Elétricas Verticais (SEVs) com o objetivo de solucionar dúvidas quanto ao empilhamento estratigráfico.

A modelagem da SEV 1 ajustou os dados observados a um modelo de seis camadas geolétricas (Figura 5.6). Para análise da estratigrafia geolétrica, as três primeiras camadas (1, 2 e 3), que no total corresponde a três metros de espessura, foram consideradas uma só. Elas foram correlacionadas com solos e colúvios com uma resistividade média de 80 Ohm.m. A localização da sondagem próximo da escarpa da chapada justifica a existência de uma espessura razoável de colúvios. A camada 4 tem espessura de 94 m e resistividade de 17,5 Ohm.m. Por causa do afloramento da Formação Araripina nas proximidades, composta por arenitos e lamitos, a correlação da unidade geolétrica com essa formação é a mais adequada. A camada 5 tem espessura de 88 m e resistividade de 3,16 Ohm.m. Devido ao conhecimento prévio da estratigrafia geológica e da baixa resistividade esta camada deve corresponder a Formação Romualdo composta por folhelhos e arenitos. Em seguida, os dados indicam a existência de um aumento da resistividade (inclinação de 45° apresentada pela curva), que foi ajustada como a camada 6 com 1676 Ohm.m. Este valor é compatível com os valores de resistividade obtidos para a camada de gipsita obtidos por Feitosa (1972) na área de Casa de Pedra. Então, é adequado supor que a camada 6 corresponda à Formação Ipubi portadora de gipsita. Contudo, esta é uma opção que apresenta um grau razoável de ambiguidade, pois esta camada poderia também corresponder a calcários da Formação Crato ou mesmo a rochas decompostas do embasamento cristalino.

A modelagem da SEV 2 também ajustou os dados observados a um modelo de seis camadas geolétricas (Figura 5.7). Neste caso, todas as seis camadas foram consideradas separadamente, produzindo uma estratigrafia geolétrica mais complexa e de correlação mais difícil. A camada mais rasa tem 4 m de espessura e resistividade de 14 Ohm.m e foi correlacionada com solos e colúvios. A camada 2 tem 4,6 m de espessura e resistividade de 3,3 Ohm.m. A camada 3 tem 38 m de espessura e resistividade de 16,6 Ohm.m. Estas duas camadas (2 e 3) foram correlacionadas com a Formação Araripina porque a base da camada 3 está na cota de 506 m, muito próximo da cota da base da camada 2 da SEV 1 (495 m), interpretada como Formação Araripina. A camada 4 tem espessura de 32 m e resistividade de 16,6 Ohm.m, enquanto a camada 5 tem 71 m de espessura e 3,4 Ohm. Estas duas camadas (4 e 5), apesar da soma das espessuras ter 15 m a mais do que a camada 3 da SEV 1 (interpretada como Formação Romualdo) e da existência da camada 4 com resistividade mais alta (16,6 Ohm.m), foram correlacionadas com sendo a Formação Romualdo, porque a base da camada 5 está na cota de 403 m, muito próximo da cota da base da camada 3 da SEV 1 (398 m), também interpretada como Formação Romualdo. Nesta SEV, apesar do aumento de resistividade da camada 5 para a 6, a correlação desta última com a Formação Ipubi é muito menos provável. O valor de resistividade (70 Ohm.m) é muito menor do que o da camada 6 da SEV 1. Sem dúvida ela não corresponde às rochas do embasamento cristalino.

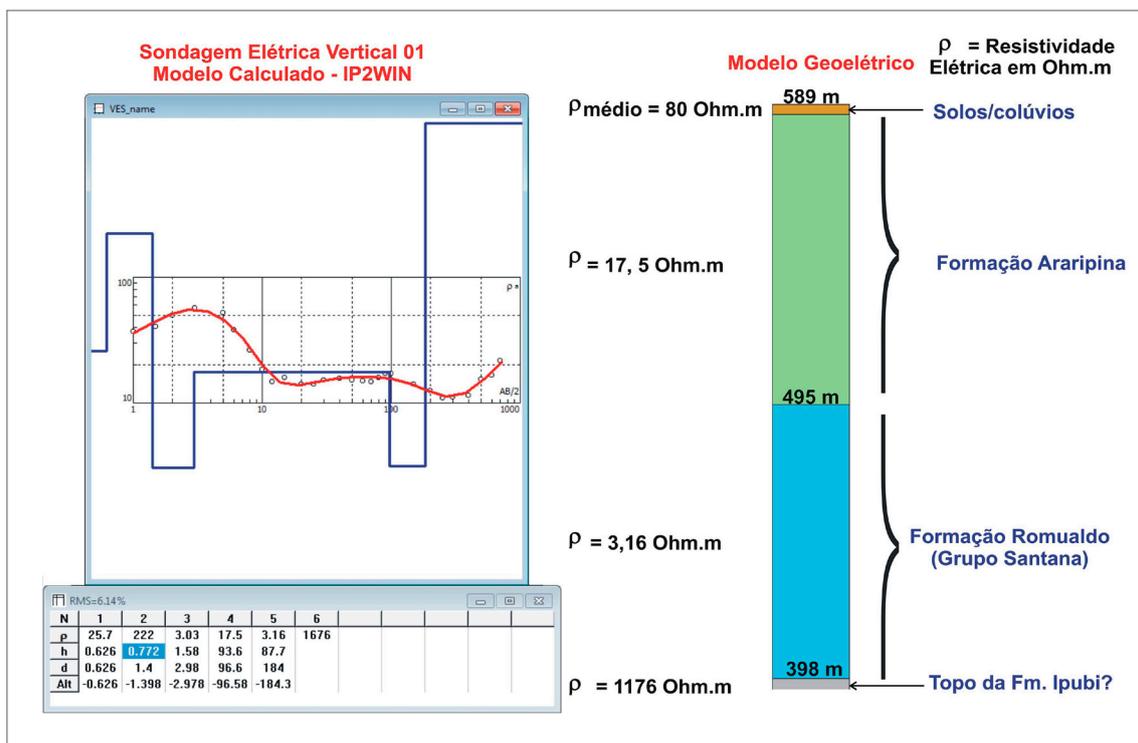


Figura 5.6 - Resultado da inversão dos dados da SEV 1 ao lado do modelo geolétrico, interpretado de acordo com a estratigrafia conhecida (ASSINE & NEWMAN, 2015). Os valores das cotas são com relação ao nível do mar.

Entretanto, de acordo com os dados de Feitosa (1972) na área de Casa de Pedra, o valor de resistividade da camada 6 é compatível com calcários da Formação Crato.

A correlação tridimensional dos resultados das modelagens das duas SEVs está apresentada na Figura 5.8. Esta correlação compatibiliza os dados geofísicos, geológicos e topográficos. Os resultados confirmam a existência

de um *graben* no setor da depressão periférica da Chapada do Araripe e estabelece uma profundidade mínima de 200 m para a bacia na região deste levantamento. Considerando a topografia da chapada, estima-se uma espessura de aproximadamente 500 m para os sedimentos, a partir do topo da chapada até as profundidades alcançadas pelas SEVs.

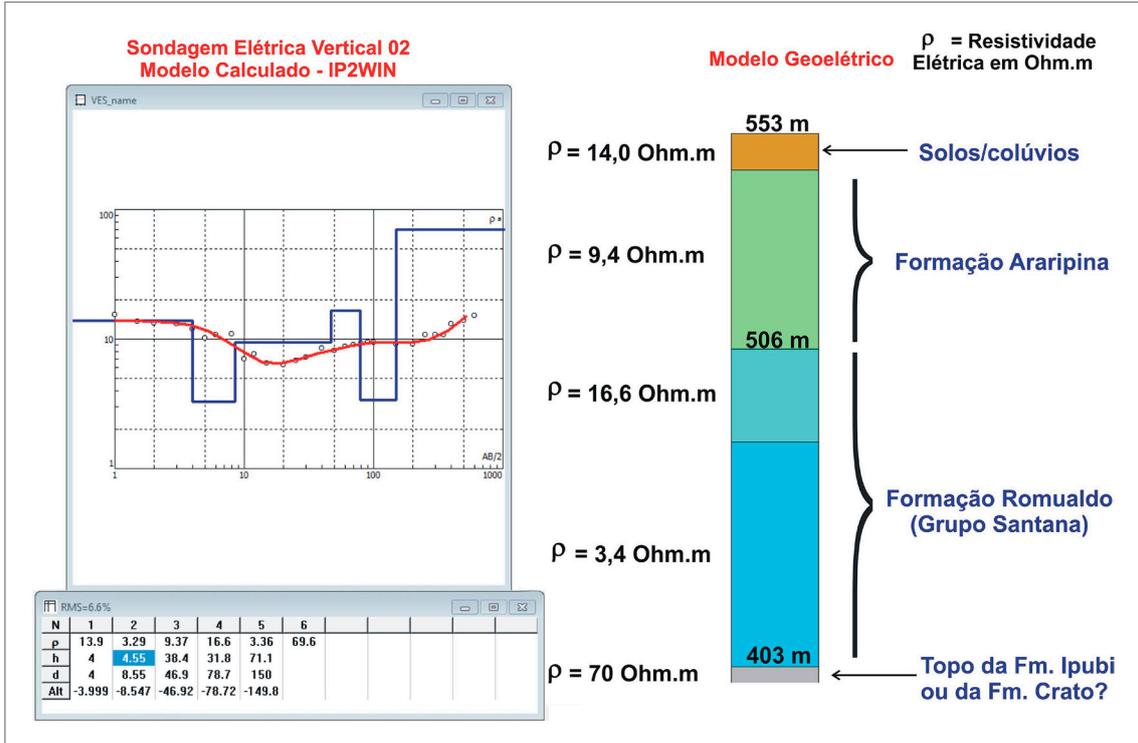


Figura 5.7 - Resultado da inversão dos dados da SEV 2 e ao lado o modelo geoelétrico interpretado de acordo com a estratigrafia conhecida (NEWMANN e ASSINE, 2015). Os valores das cotas são com relação ao nível do mar.

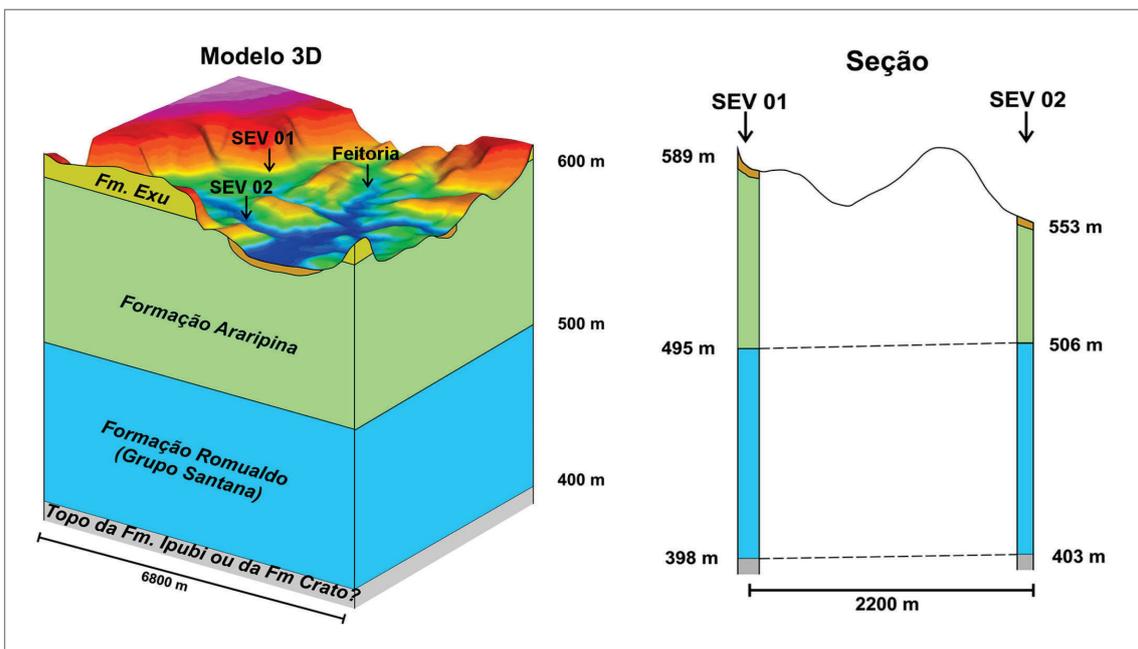


Figura 5.8 - Bloco tridimensional do modelo geológico na área do Distrito de Feitoria, com base na topografia e resultados da inversão e interpretação das SEVs. Os valores das cotas são com relação ao nível do mar.

5.6. MODELOS PROSPECTIVOS

Na região de Rancharia (PE), a correlação entre os alinhamentos magnéticos com direções NE-SW e NW-SE e depósitos de gipsita demonstra uma possível associação entre a ocorrência dos depósitos e as estruturas. Os trabalhos realizados por Almeida (2010) localizaram, na região de Ipubi-Trindade-Araripe, zonas de deformação frágil, na direção NE-SW e dobras abertas horizontais, com eixos nas direções NE-SW e NW-SE, afetando as camadas de gipsita, bem como falhas, nas direções NE-SW, NW-SE e E-W, deformando rochas da Formação Araripe. É possível que essas deformações dúctil-frágeis da gipsita na direção NE-SW sejam resultados da reativação das zonas cisalhamentos pré-cambrianas. Considerando os aspectos apresentados acima, na região onde os depósitos de gipsita estão localizados em camadas erosivas testemunhas da antiga extensão da bacia, é possível que a sua preservação se deva a algum tipo de aprisionamento em zonas de cisalhamento pré-cambrianas reativadas, de acordo com o esquema e sequência de eventos apresentados nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11. Esta possibilidade favorece para a região de Rancharia (PE) um modelo prospectivo em que a investigação de novos depósitos, a partir de depósitos conhecidos, deve ser feita seguindo a direção NE-SW, considerando a existência de afloramentos da Formação Romualdo, que como se sabe, recobre as camadas de gipsita (Figura 5.10).

Na região de Ipubi (PE), a interpretação dos dados magnetométricos, como já apresentada, sugere que a conjunção das duas estruturas (NE-SW e NW-SE) permitiu o abatimento tectônico e a formação do *graben* de Feitoria. Porém, como o *graben* deve ter se desenvolvido na fase rifte da evolução da bacia, o encaixe de sedimentos pós-rifte observado na região de Feitoria-Ipubi deve ser posterior à fase rifte, de acordo com o esquema e sequência de eventos apresentados na Figura 5.11. Neste caso, é possível que ao contrário da área de Rancharia, em Ipubi as camadas estejam preservadas de efeitos erosivos e sejam contínuas em várias direções. Esta condição favorece um modelo prospectivo, em que a investigação de novos depósitos, a partir de depósitos conhecidos, possa ser realizada em várias direções, considerando sempre a existência de afloramentos de sedimentos da Formação Romualdo.

5.7. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS E MODELOS GEOFÍSICOS DE PROSPECÇÃO

Os resultados aqui apresentados com base na interpretação dos dados magnetométricos têm corroboração em estudos realizados de sísmica e gravimetria, para a compreensão da Bacia do Araripe como um todo (PONTE e PONTE-FILHO, 1996a). A evolução das estruturas tectônicas está claramente associada com a conjunção das três direções (NE-SW, E-W e NW-SE), interpretadas a partir dos alinhamentos magnéticos.

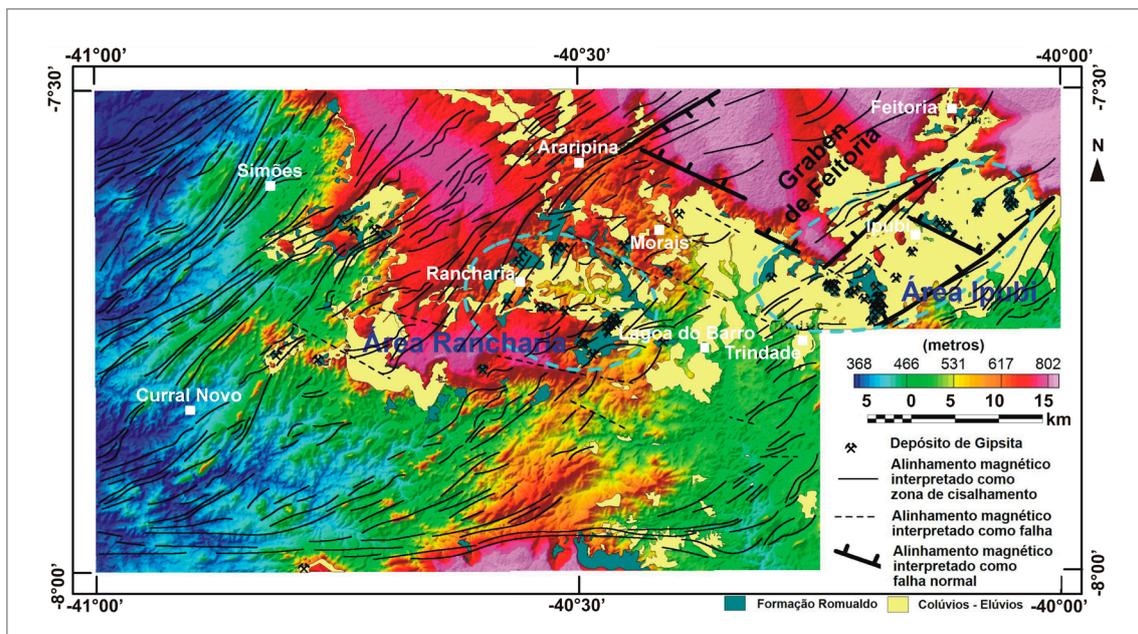


Figura 5.9 - Topografia SRTM da área do projeto com superposição dos limites de afloramentos dos sedimentos da Formação Romualdo e dos colúvios-elúvios recentes, obtidos dos mapas geológicos. Estão também superpostos os alinhamentos magnéticos e os limites interpretados do *Graben* de Feitoria. As áreas delimitadas pelo traço interrompido de cor azul clara definem as duas áreas com modelos prospectivos distintos.

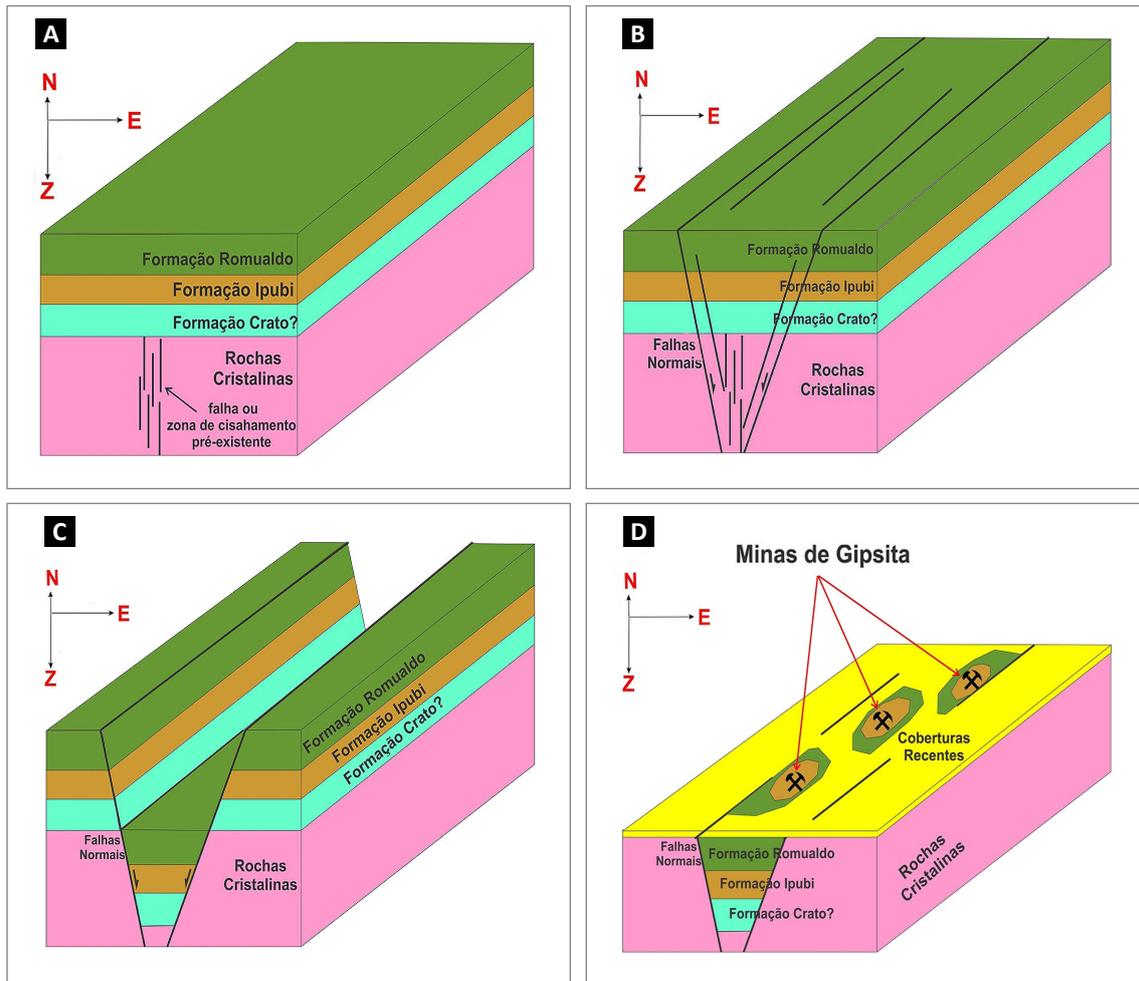


Figura 5.10 - Modelo esquemático da evolução geológica da Área Rancharia. (A) Situação inicial com a sequência pós-rifte ainda preservada de deformação; (B) Reativação de estruturas pré-existentes no embasamento cristalino e desenvolvimento de falhas normais; (C) Formação de *grabens* e *horsts* e aprisionamento de parte dos sedimentos nos *grabens*; (D) Erosão dos sedimentos localizados nos *horsts* e exposição dos depósitos de gipsita. Como resultado, a prospecção de novos depósitos deve ser feita ao longo da direção das estruturas que aprisionaram os sedimentos.

No trabalho de Ponte & Ponte Filho (1996), as estruturas associadas com os alinhamentos NE-SW foram reativadas como falhas normais, enquanto os alinhamentos com direção NW-SE correspondem a zonas de cisalhamentos rúpteis com deslocamento dextral. Entretanto, enquanto a Falha de Dom Leme, definida por Ponte e Ponte-Filho (1996a), está muito bem marcada na área deste projeto pelos dados magnetométricos, a Falha de Serrolândia não tem assinatura expressiva e a borda oeste do *graben* está distanciada 15 km para oeste, com sua projeção para sudoeste passando nas proximidades da cidade de Araripina (ver Figura 5.4).

A correlação dos alinhamentos magnéticos com estruturas reativadas é confirmada por trabalhos de campo de Almeida (2010), que identificou nas proximidades de Trindade-Ipubi-Araripina, dobras horizontais abertas com comprimento de várias dezenas de metros com orientações NW-SE e NE-SW afetando camadas de gipsita, constituindo feições dômicas.

A existência de veios com orientações principais NE-SW sustenta a hipótese de reativação das zonas de cisalhamento pré-cambrianas que ocorrem na área, também confirmada pela presença de falhas com direção NW-SE, NE-SW e E-W na Formação Araripina. Almeida (2010) concluiu que a deformação das camadas sedimentares pós-rifte ocorreu em um sistema de compressão NE-SW a ENE-WSW, que atua na Placa Sul-Americana desde o Albiano.

Marques *et al.* (2014) defenderam uma inversão tectônica de idade quaternária que teria afetado toda a bacia. Entretanto, não descartam a existência também de outro processo de inversão mais antigo. Segundo Marques *et al.* (2014), as falhas importantes para essa inversão foram aquelas com direções entre NNE-SSW e E-W. Além disso, falhas com direção NW-SE devem ter apresentado uma função crítica no processo de inversão, no entanto, esses autores não conseguiram identificar estas falhas claramente no campo.

Como podemos observar na interpretação apresentada neste trabalho, alinhamentos na direção NW-SE são bem visíveis nos dados magnetométricos e podem servir como um bom guia para a localização dessas falhas em trabalhos de campo.

Os resultados do levantamento de eletrorresistividade confirmaram a existência do prolongamento do *Graben* de Feitoria na região da depressão periférica da chapada, indicando profundidades mínimas de 200 m na região do Distrito de Feitoria (PE). Como a Formação Araripina na SEV 1 tem espessura de 91 m e na SEV 2 tem

espessura de apenas 43 m, é possível inferir que cerca de 45 m da camada sedimentar da Formação Araripina foi erodida na área da SEV 2.

A correlação dos depósitos de gipsita com os resultados da interpretação dos dados magnetométricos permitiu propor dois modelos prospectivos, sendo um na região de Rancharia e o outro na região de Ipubi. A diferença básica entre os dois modelos corresponde à escolha do sentido de avanço dos trabalhos de prospecção para localização de novos depósitos a partir de depósitos já conhecidos.

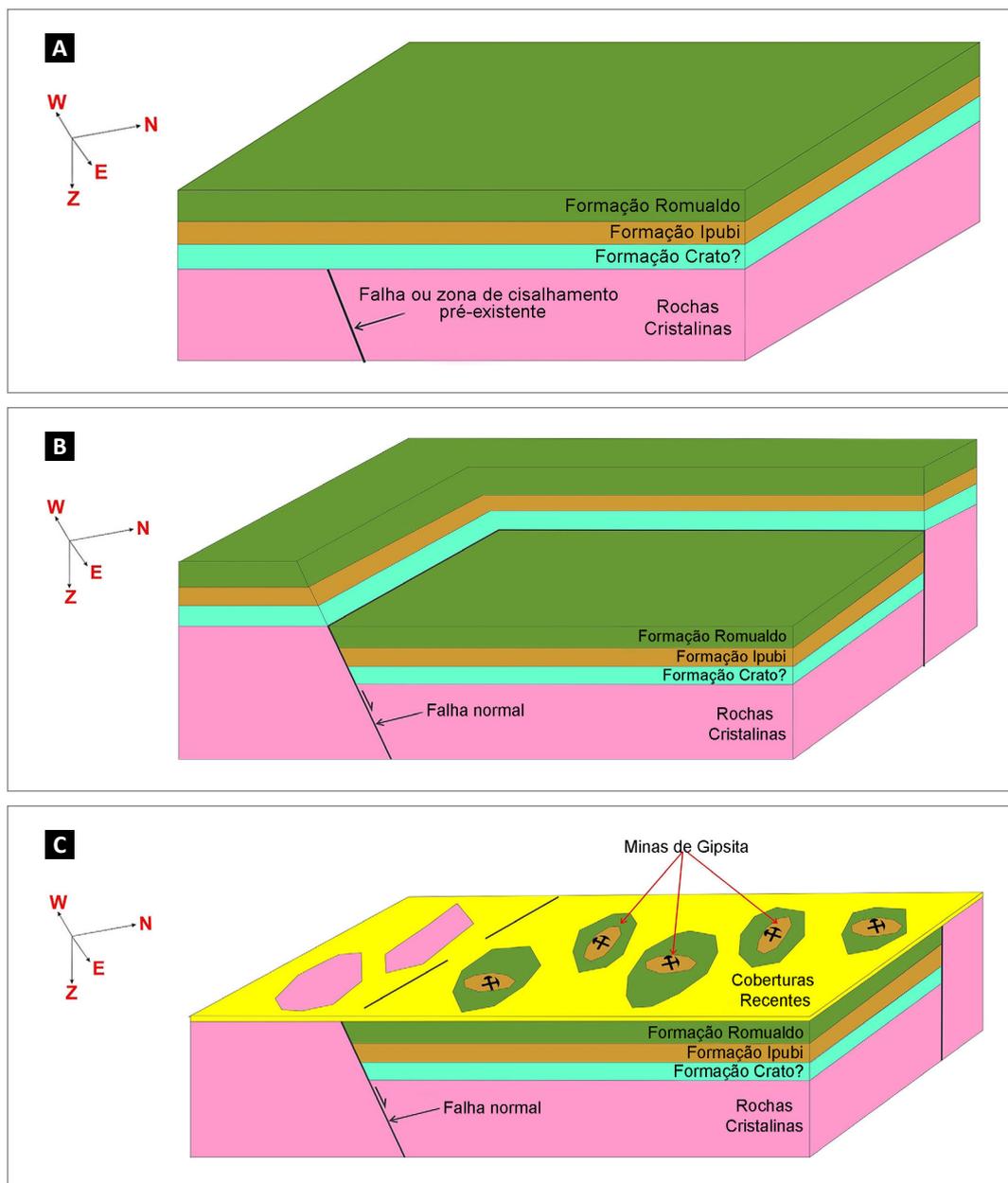


Figura 5.11 - Modelo esquemático da evolução geológica da Área Ipubi. (A) Situação inicial com a sequência pós-rifte ainda preservada de deformação; (B) Reativação de estruturas pré-existentes no embasamento cristalino e desenvolvimento de falhas normais com formação de *grabens* e *horsts* e aprisionamento de parte dos sedimentos nos *grabens*; (C) Erosão dos sedimentos localizados nos *horsts* e exposição dos depósitos de gipsita. Como resultado a prospecção de novos depósitos não tem uma direção preferencial podendo ser feita em qualquer direção a partir de um depósito conhecido.

6. TECTÔNICA PÓS-RIFTE: CONTROLE DOS DEPÓSITOS DE GIPSITA

A Chapada do Araripe, que compõe a parte superior da Bacia Sedimentar do Araripe, constitui um dos diversos depósitos sedimentares dispostos subhorizontalmente, de idades meso a neocretáceas, que ocorrem no meio norte e nordeste do Brasil. Fazem parte do registro estratigráfico mesozoico associado ao processo de ruptura do Supercontinente Gondwana e a formação do Atlântico Sul, posterior a Reativação Vealdeniana (SOARES *et al.*, 1978 *apud* PONTE e PONTE-FILHO, 1996a).

O termo Tectono-Sequência e Pós-Rifte e, anteriormente, Sequência Pós-Rifte foram utilizados para designar nas bacias interiores do Nordeste, os estratos sedimentares mesocretáceos, tabulares, sub-horizontais e limitados na base por uma discordância regional Pré-Aptiana ou Pré-Alagoas (PONTE *et al.*, 1997; PONTE e PONTE-FILHO, 1996a). Na área do projeto, essa Tectono-Sequência está representada pelas formações Ipubi e Romualdo, do Grupo Santana e pelas Formações Araripina e Exu, do Grupo Araripe.

De acordo com Einsele (1992), a fase tectônica Pós-Rifte de idade albo-aptiana, é caracterizada por subsidência flexural regional causada por processos termo-mecânicos, e foi responsável pela formação de bacias rasas intracratônicas, implantadas sobre riftes abortados.

Houve ao menos um pulso tectônico tardio, no meso-Albiano, que promoveu falhamentos e basculamentos de blocos, atingindo as Formações Barbalha e Crato do Grupo Santana (PONTE *et al.*, 1997).

A análise da deformação das fibras/franjas de gipsita espática que preenchem fraturas nas camadas de gipsita da Formação Ipubi sugere que, na porção nordeste da bacia, a deformação foi governada por um regime em que σ_1 é subhorizontal e apresenta direção NE-SW, que σ_3 é subvertical, denotando um regime do tipo falha inversa. Já na porção sudoeste da Bacia do Araripe foi caracterizado um regime do tipo falha transcorrente, apresentando σ_1 na direção ENE-WSW e σ_3 orientado segundo NNW-SSE (ALMEIDA, 2010).

Os elementos de deformação frágil no conjunto de rochas dos Grupos Santana e Araripe estão representados,

basicamente, por fraturas e falhas (Figuras 6.1A e 6.1B), com consequentes basculamentos de blocos (Figuras 6.1A e 6.1C).

A figura 6.2 exibe os diagramas de roseta Fr_1 , Fr_2 , Fr_3 e Fr_4 , elaborados a partir de 407 medidas de atitudes de fraturas e falhas obtidas em rochas das formações Exu, Araripina, Romualdo e Ipubi, respectivamente. A análise dos diagramas mostra as diversas direções de fraturas que afetaram a seção pós-rifte da bacia, contudo, se destacam três grupos de direções preferenciais: NNE-SSW, NW-SE e E-W. Estas direções são condizentes, respectivamente, com as direções das estruturas da zona transversal, das falhas de transferência da fase rifte e dos lineamentos Patos e Pernambuco. Portanto, é possível que parte do fraturamento da seção pós-rifte, seja resultante da reativação, de antigas zonas de cisalhamentos e de falhas do sistema sin-rifte.

O mapeamento geológico auxiliou na caracterização dos controles tectônicos localizados nos depósitos de gipsita, da Formação Ipubi. Os perfis geológicos exibidos nas figuras 6.3 e 6.4, localizado nas porções leste da Folha Araripina e sudoeste da Ipubi mostram estes controles, onde alguns depósitos de gipsita parecem controlados por falhas delimitando estruturas tipo *grabens* e *horsts*, resultantes da ativação, de zonas de cisalhamentos, antigas falhas sin-rifte, e geração de novas, durante a tectônica pós-rifte.

Por outro lado, alguns depósitos podem estar controlados pela deposição em calhas de erosão da superfície paleotopográfica pré-aptiana. Na porção mais ocidental da bacia, fácies marinhas da Formação Romualdo recobrem diretamente o embasamento pré-cambriano, de acordo com afloramentos existentes nas cidades de Araripe (CE) e Araripina (PE) (ASSINE *et al.*, 2014).

Algumas feições cartografadas que presumem o controle estrutural devem auxiliar a prospecção de novos depósitos ao delimitar as exposições da Formação Romualdo e as extensas coberturas colúvio-eluviais, provavelmente situada sobre a Formação Ipubi, similar ao que ocorre na folha Ipubi e a leste da folha Morais.

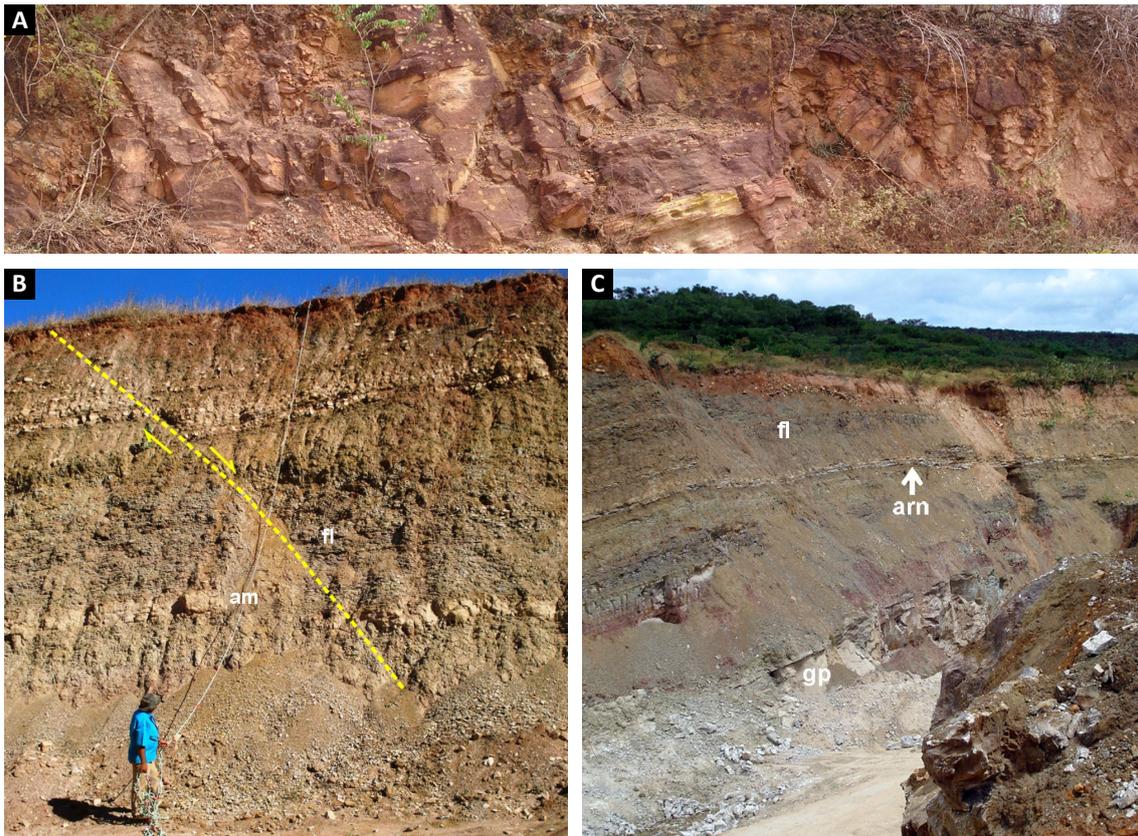


Figura 6.1 - (A) Zona de falha no arenito da Formação Exu, Sul de Rancharia, subida para chapada do Araripe, Folha Araripina; (B) Falha normal, Mina Sítio Varão I, Araripina-PE, Folha Araripina (fl – folhelho, arn – arenito); (C) Vista panorâmica da mina Sítio Varão I, Araripina-PE, Folha Araripina, destacando o basculamento das camadas (fl - folhelho, arn – arenito e gp- gipsita).

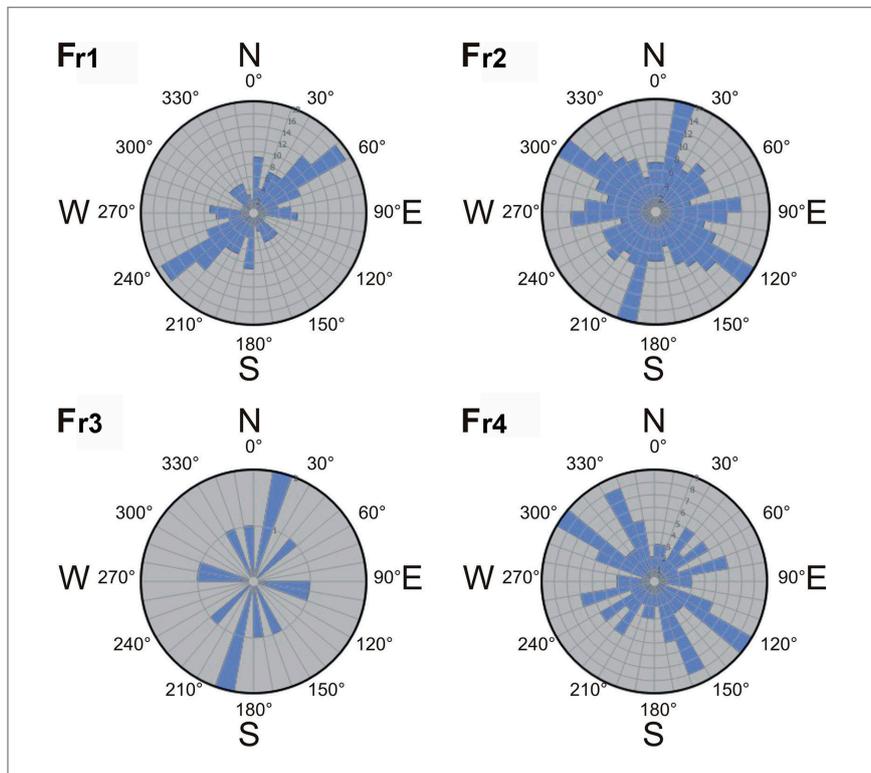


Figura 6.2 - Diagramas de Roseta para falhas e fraturas em rochas das formações Exu (Fr_1), Araripina (Fr_2), Romualdo (Fr_3) e Ipubi (Fr_4).

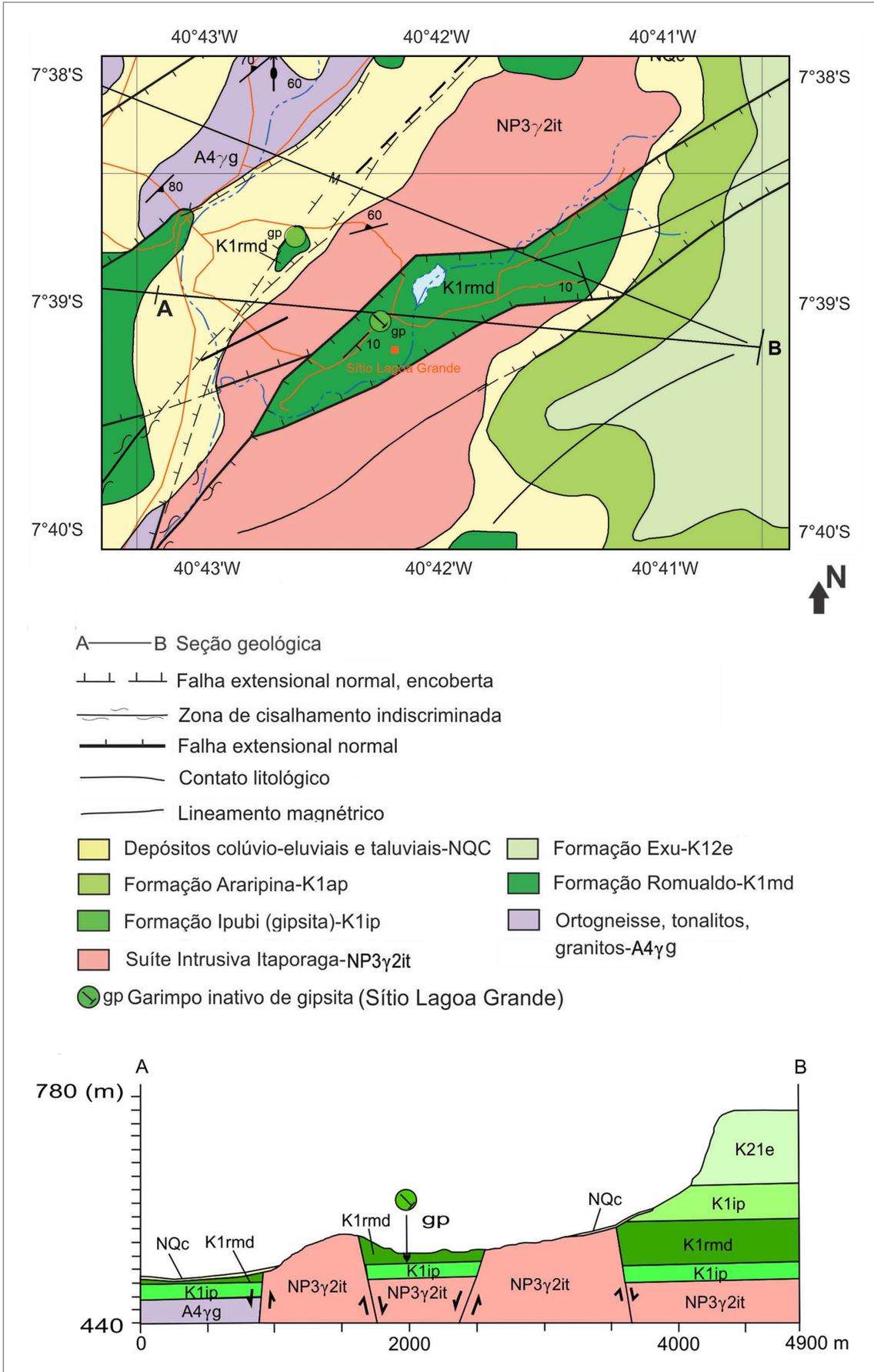


Figura 6.3 - Recorte na porção este da Folha Araripina, na localidade do Sítio Lagoa Grande, com a localização do perfil A-B exibindo uma interpretação onde o depósito de gipsita (gp) está controlado por falhas.

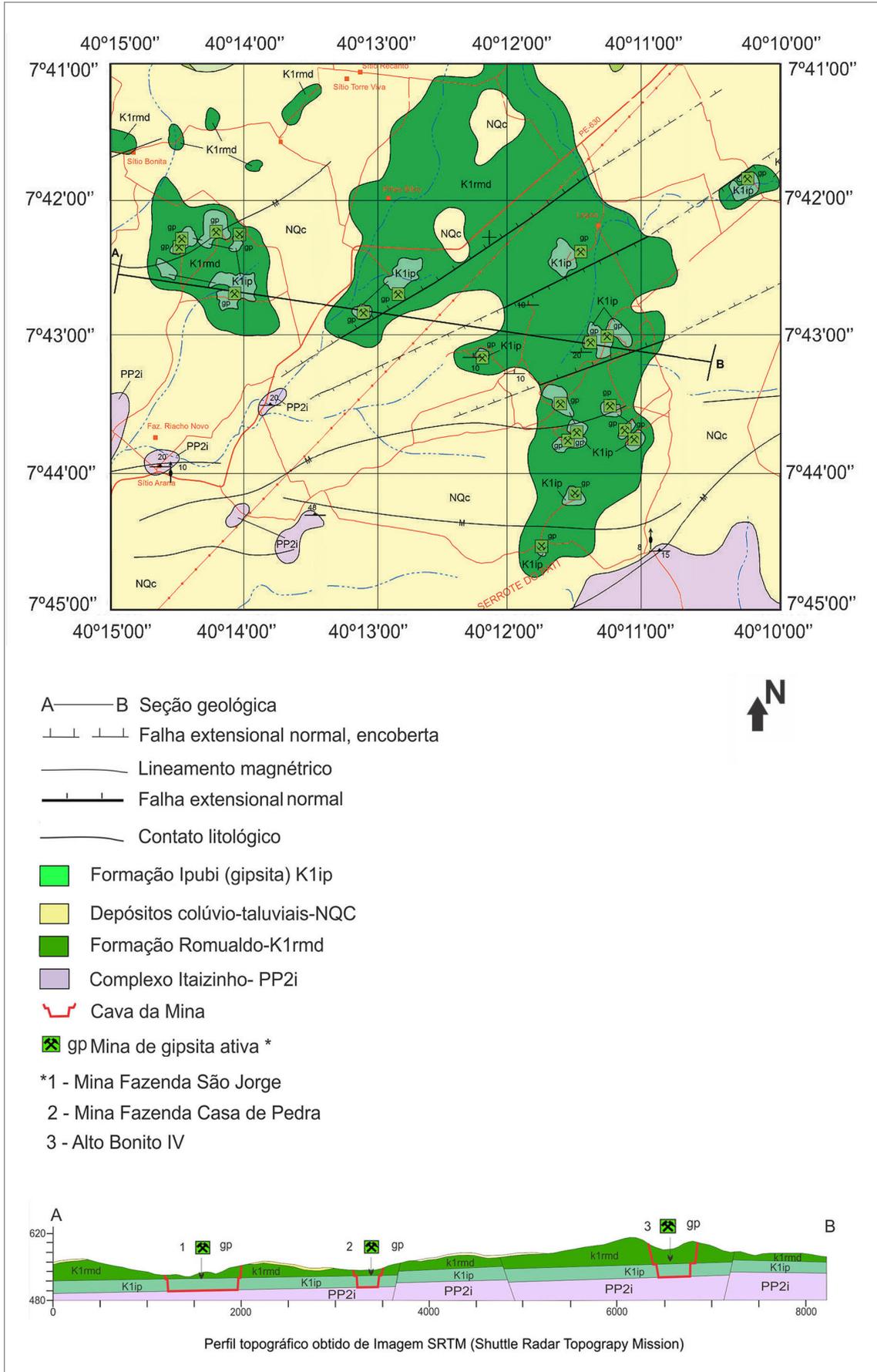


Figura 6.4 - Recorte na porção sudoeste da Folha Ipupi com a localização do perfil A-B, que mostra uma interpretação onde o depósito de gipsita (gp) está controlado por falhas.

7. CADASTRAMENTO DE MINAS, GARIMPOS E OCORRÊNCIAS DE GIPSITA

Durante o projeto foram cadastradas 57 minas de gipsita das quais 26 são registros novos e 04 garimpos, dos quais 03 são cadastros inéditos e 05 novas ocorrências minerais dessa substância.

Além da gipsita, ocorrem sobre o embasamento cristalino afloramentos com minério de ferro e é importante destacar que foram cadastradas 47 ocorrências diversas.

Os registros dos bens minerais existentes na área estão resumidos na tabela 7.1 que se encontra nos Anexos. Acesse www.geosgb.cprm.gov.br para obter os registros completos.

As figuras 7.1A e B foram inseridas no intuito de ilustrar a extração da gipsita, enquanto que as figuras 7.2 são exemplos da exploração em garimpo e de ocorrência.



Figura 7.1 - A) Mina Sítio Escorrego (Mineração Puluca), Sítio Escorrego, Ipubi-PE, Folha Ipubi; B) Mina Sítio Ponta da Serra (Mineradora Ponta da Serra - Votorantim Cimento do Nordeste S/A), Sítio Ponta da Serra, Ipubi-PE, Folha Ipubi.

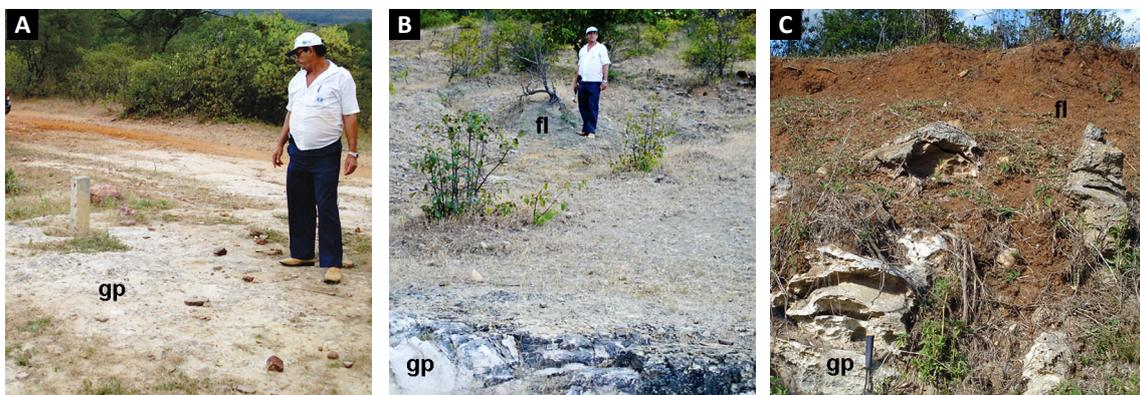


Figura 7.2 - (A) Garimpo Lagoa das Piranhas, Lagoa das Piranhas, Afloramento de gipsita na margem da estrada para Simões-PI, onde foi executado um furo de sonda. Lagoa das Piranhas, Curral Novo do Piauí-PI, Folha Curral Novo do Piauí; (B) Garimpo Lagoa das Piranhas. Observa-se gipsita (Formação Ipubi) e folhelho (Formação Romualdo), na parte superior da foto, decorrente da escavação realizada e da inclinação do terreno, ascendente no sentido do topo da foto. Cerca de 20 m a oeste da Foto 7.2A. Lagoa das Piranhas, Curral Novo do Piauí-PI, Folha Curral Novo do Piauí; (C) Ocorrência de gipsita no Sítio Andorinha (gp), Folhelho (fl) na parte superior, Sítio Andorinha, Bodocó-PE, Folha Ipubi

8. CARACTERÍSTICAS E GÊNESE DA MINERALIZAÇÃO

8.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as características macroscópicas, microscópica, as análises químicas de rocha-total, química mineral e isotópica, e a difratometria das rochas evaporíticas da Formação Ipubi com o objetivo de caracterizar o minério de gipsita. Além, da caracterização microscópica e de campo das fácies não evaporíticas, tais como, as rochas carbonáticas e siliciclásticas, que serão úteis para a interpretação do ambiente deposicional.

8.2. IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES

Na Formação Ipubi foram identificadas quatro fácies evaporíticas: duas fácies carbonáticas e duas fácies siliciclásticas. No âmbito das fácies evaporíticas foram identificadas duas fácies primárias (deposicionais) sendo: 1) intercalações estratificadas de gipsita com cristais grandes portando feições chamadas de “cauda de andorinha” (*swallow tail*) e cristais finos e 2) gipsita intrassedimentar, que consiste em microcristais de gipsita que englobam material siliciclástico fino e matéria orgânica. As outras duas fácies foram interpretadas como secundárias, sendo a gipsita recristalizada originada a partir da fácies estratificada, mas com diferentes graus de recristalização e a gipsita espática que ocorre apenas como preenchimento de fraturas, ocorrendo inclusive em Formações adjacentes à Formação Ipubi. As outras fácies que ocorrem nesta formação são os calcilitos maciços afossilíferos, os espatitos e os folhelhos verdes a negros fossilíferos, contendo peixes, ostracodes e folhas.

8.3. CARACTERIZAÇÃO DAS FÁCIES

8.3.1. Fácies evaporíticas

Fácies primária - gipsita estratificada (gpe)

A gipsita estratificada (Figura 8.1) formam lâminas horizontais ou dobradas devido a sua baixa competência, e é composta pela alternância de cristais milimétricos com microcristais de gipsita (mcgp), conferindo um acamamento a rocha (Figura 8.1 C e D). O tamanho dos cristais varia de 3 a 5 mm, são idiomórficos, cristalizados na forma de cristais maclados, classificados na literatura como “cauda de andorinha” (cagp) ou “*swallow tail*”

(Figura 8.1 C e D). Estes cristais estão dispostos em camadas horizontais separadas por superfícies de dissolução (sd), que podem ser indício de influxos intermitentes de fluido (p.ex. água meteórica) no sistema evaporítico (KENDALL, 1992).

Com a intensificação do processo de diagênese/recristalização, as feições sedimentares tais como: estratificação, que caracteriza a gipsita chamada popularmente de “cocadinha” tende a desaparecer. A rocha resultante não exibe uma estratificação tão evidente e, dependendo da composição do fluido associado exibe cor marrom sendo denominada coloquialmente de “rapadura”.

Essa fácies apresenta grandes espessuras e ampla continuidade lateral, sendo comuns pacotes de 5 m a dezenas de metros de largura, quando considerada a variação lateral da unidade em relação a cava da mina.

Estas características apresentadas são comuns em crostas evaporíticas, interpretadas como deposição no fundo de lagos rasos, onde a profundidade varia entre 5 e 10 m (WARREN, 1992; 2006).

Fácies primária - gipsita intrassedimentar (gpi)

A Fácies gipsita intrassedimentar (gpi), também conhecida como gipsita impura, de piso ou boró, é uma rocha de textura maciça, frequentemente de cor creme esverdeada, de composição variável devido aos pelitos incorporados à gipsita. Esta fácies apresenta pacotes com grandes espessuras, e em alguns locais é o único tipo encontrado, atingindo até 15 m.

Microscopicamente, a gipsita intrassedimentar ocorre como nódulos de cristais micrométricos de gipsita dentro das camadas de sedimentos clásticos, causando deformação nos sedimentos hospedeiros e nas camadas circundantes (Figura 8.2). A quantidade de gipsita dentro do sedimento é altamente variável, devido ao crescimento e coalescência dos nódulos.

A gipsita intrassedimentar ocorre normalmente adjacente aos lagos, onde não existe uma lamina de água permanente ou a lâmina de água não é profunda o suficiente para a precipitação de sais. Notadamente, é formada pela deposição de gipsita nos poros de rochas clásticas como siltitos, lamitos e até calcilitos (KENDALL, 2010). Nesses locais a salmoura fica em subsuperfície com o nível freático, favorecendo a precipitação de gipsita nos poros do sedimento. Esses locais são chamados de *mudflats* (HARDIE *et al.*, 1978; KENDALL, 1992; WARREN, 2006).

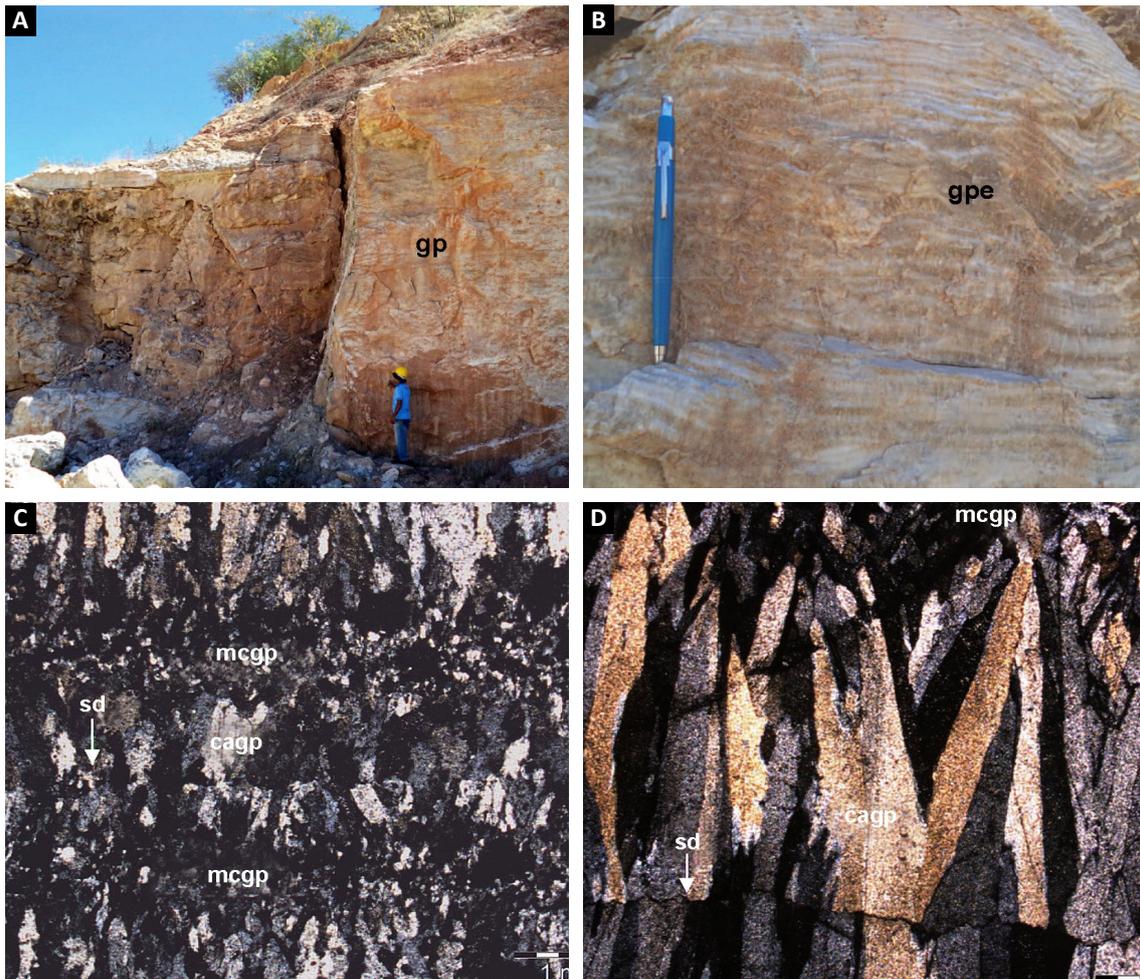


Figura 8.1 - (A) Gipsita estratificada (gpe) em afloramento; (B) Gipsita estratificada (gpe) em detalhe; (C) Microfotografia de lâmina de gipsita estratificada, mostrando alternância de camadas de microcristais (mcgp) e cristais tipo “cauda de andorinha” (cagp), de gipsita. Luz polarizada cruzada - L.P.X; (D) Detalhe dos cristais tipo “cauda de andorinha” (cagp) e superfícies de dissolução (sd). L.P.X

A gipsita intrassedimentar da Formação Ipubi é interpretada como deposição em uma “*saline mudflat*”, que ocorre mais próxima às margens do lago, onde as estruturas sedimentares foram obliteradas pela cimentação evaporítica.

Fácies secundária - gipsita maciça ou recristalizada (gpm)

A fácies gipsita maciça (gpm) ocorre intercalada com as fases primárias de gipsita na forma de bolsões, camadas descontínuas ou lentes, podendo chegar a pacotes de 10 m de espessura. Ela é caracterizada microscopicamente por cristais micrométricos a submicrométricos, sem orientação, podendo formar agregados fibroradiais, chamados de “estrelas” (Figura 8.3). Essa fase é produto de recristalização das fácies primárias, principalmente da estratificada, por processos diagenéticos podendo formar a gipsita do tipo “*Johnson*” constituída na sua forma mais pura, com potencial de grandes volumes explotáveis.

A recristalização tende a concentrar o sulfato de cálcio, com o carreamento das impurezas, de maneira que a média da impureza desta fase é menor que das outras. Esse processo pode ocorrer com qualquer uma das fases primárias, e provavelmente mesmo com fases secundárias, aumentando a pureza da gipsita.

Provavelmente, o intenso fraturamento que atingiu a bacia durante o seu soerguimento foi o responsável pelo transporte de fluidos diagenéticos, que juntamente com o escape de fluidos da hidratação da anidrita, causaram a recristalização.

Fácies secundária - Espato acetinado (gpea)

A gipsita secundária na forma de espato acetinado (gpea), ou alabastro (como denominada na região), ocorre em todas as minas, sem exceção, inclusive fora da Formação Ipubi, como na Formação Romualdo, por exemplo. Ela é caracterizada pelo aspecto fibroso, dado em função do crescimento acicular dos cristais de gipsita.

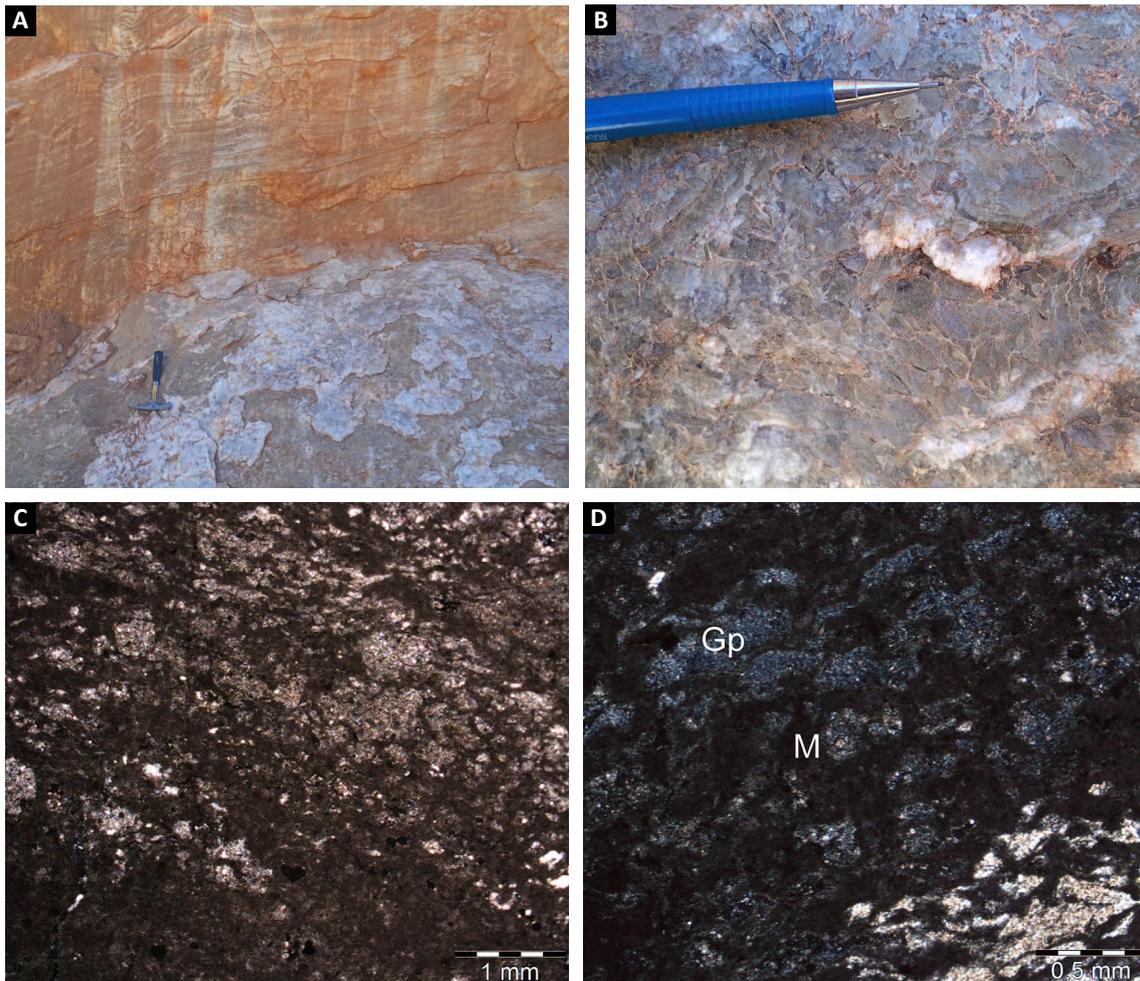


Figura 8.2 - (A) Afloramento de Gipsita intrassedimentar (gpi) e estratificada (gpe); (B) Detalhe da gipsita intrassedimentar (gpi) em folhelhos (fl); (C) Fotomicrografia de gipsita intrassedimentar exibindo nódulos de gipsita em calcilutito (cl). Luz polarizada paralela - L.P.X; (D) Detalhe do crescimento de gipsita em nódulos (Gp) deslocando a micrita (M) em calcilutito (cl) L.P.X.

Esta fase ocorre preenchendo fraturas e discontinuidades entre camadas, podendo ser concordantes ou discordantes com a estratificação (Figura 8.4). O crescimento dos cristais se dá com o eixo mais longo orientado perpendicularmente às paredes das fraturas. Em alguns locais ocorre calcita associada, principalmente em fraturas maiores. Segundo Warren (2006), o preenchimento de fraturas e discontinuidades está ligado ao soerguimento da bacia, e pode ser atribuído à subsidência associada a dissolução dos evaporitos (GUSTAVSON *et al.*, 1994) ou por fraturamento hidráulico, associado com a conversão de anidrita para gipsita (COSGROVE, 2001).

8.3.2. Fácies não evaporíticas

Folhelhos

Os folhelhos (Figura 8.5) têm cor variando de verde (fl) a preto (fb) e ocorrem como camadas lenticulares de grande extensão lateral, normalmente, intercalados

com calcilutitos e espatitos. Os folhelhos pretos têm grande quantidade de matéria orgânica, podendo ser denominados betuminosos. São comuns na porção mais basal da Formação, abaixo das camadas de gipsita, contudo podem ser encontrados entre grandes pacotes de evaporitos. Neste último caso, costumam ocorrer como lentes com espessura entre 0,30 m a 1m. Nessas fácies podem ocorrer fósseis de peixes, plantas e ostracodes.

Os folhelhos são interpretados como deposição por suspensão de material siliciclástico em corpos de água parada (MÁNGANO *et al.*, 1994). As colorações verde e preta, e a presença de gás natural em alguns locais indicam condições de deposição em ambientes anóxicos, com abundante preservação de matéria orgânica. Neste caso, marcam uma interrupção da sedimentação evaporítica, devido à entrada de água meteórica mais o aporte de sedimentos que irão decantar posteriormente no sistema lacustre.

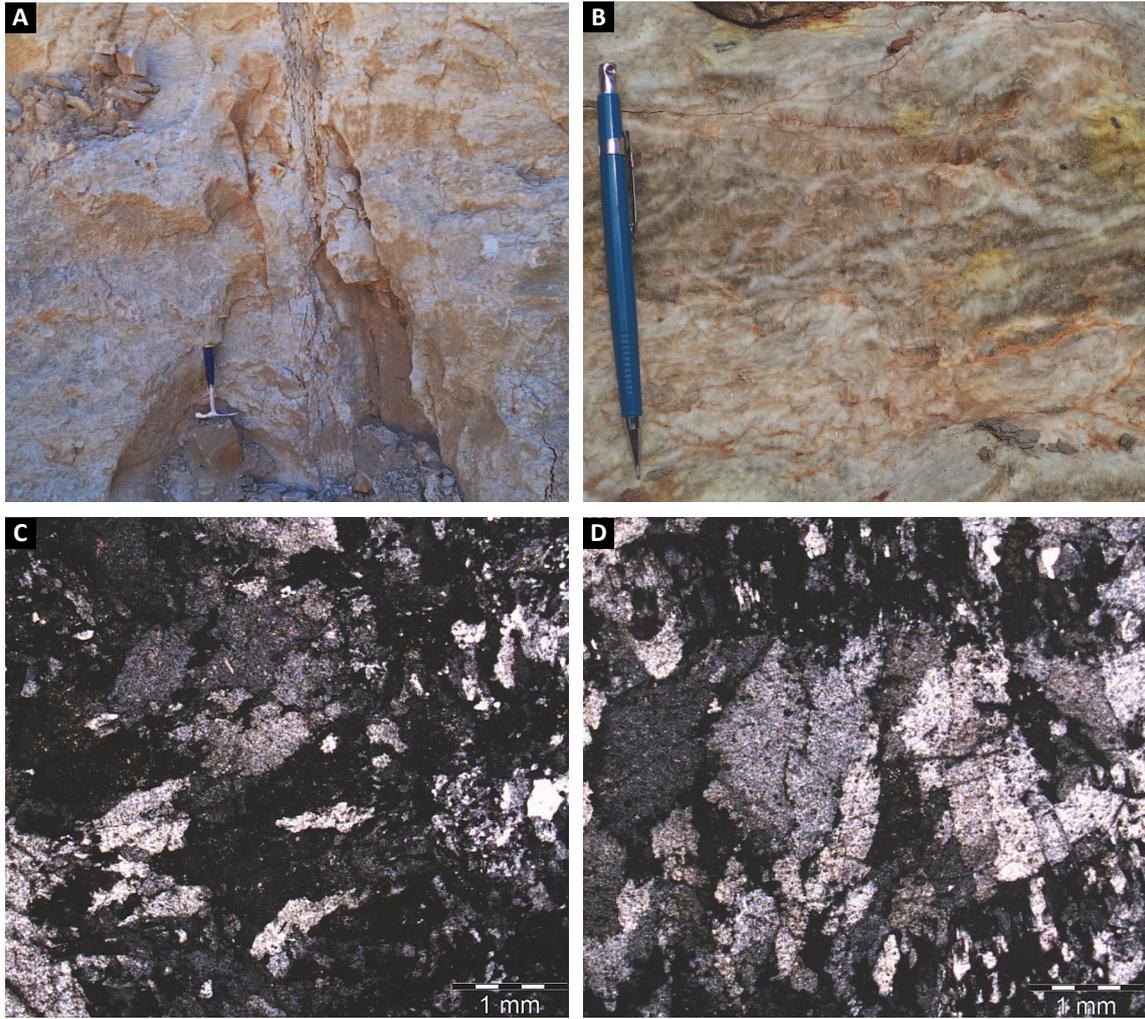


Figura 8.3 - (A) Foto do Afloramento com de Gipsita maciça próximo a falhas e exibindo fraturas; (B) Detalhe da gipsita maciça; (C) Fotomicrografia de gipsita maciça mostrando a organização caótica dos cristais. L.P.X.; (D) Fotomicrografia de gipsita maciça com alguns resquícios da estratificação original L.P.X.



Figura 8.4 - (A) Afloramento com folhelho apresentando intenso fraturamento preenchido por gipsita na forma de espato acetinado de cor branca (gpea); (B) Detalhe do espato acetinado de cor branca (gpea), preenchendo perpendicularmente as fraturas (crescimento das paredes para o centro do veio).

Calcilutitos

Na formação Ipubi, os calcilutitos (cl; Foto 8.5) ocorrem em lentes decimétricas de até 0,5 m de espessura, normalmente intercalados com folhelhos, na porção basal. Eles são comumente encontrados abaixo das camadas evaporíticas e são compostos

de micrita, muitas vezes recristalizada como mosaico de calcita ou dolomitizados. Nestes calcilutitos não ocorrem fósseis.

Em algumas porções, estas rochas sofreram intenso processo de recristalização que impossibilita o reconhecimento da matriz micrítica, quando então são chamadas de espatitos.

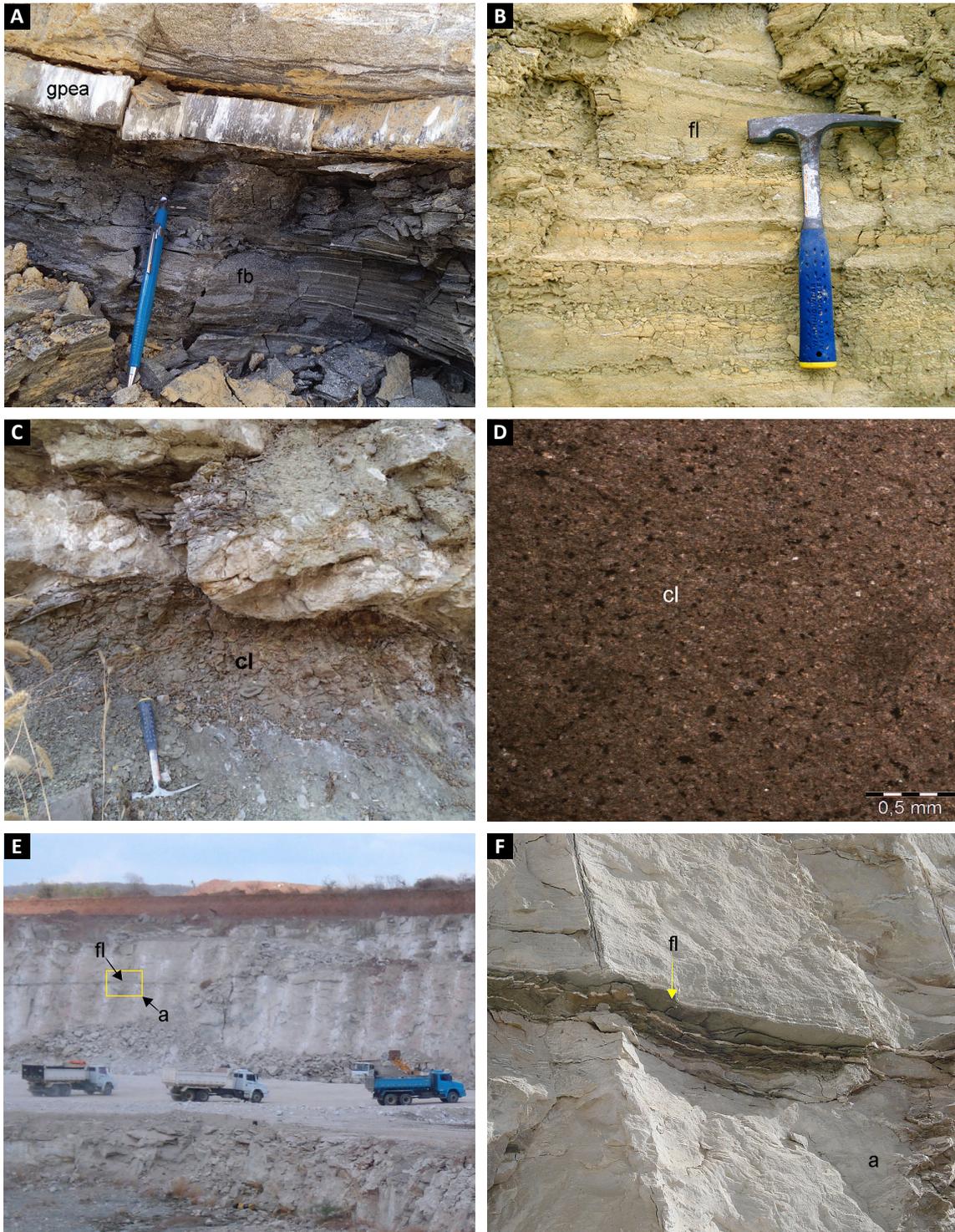


Figura 8.5 - (A) Folhelho betuminoso (fb), e gipsita espato acetinado (gpea); (B) Folhelho verde (fl); (C) Calcilutito (cl) maciço; (D) Microfotografia do calcilutito maciço, composto somente por micrita. L.P.P; (E) Nível de folhelho verde (fl), cerca de 30 cm de espessura, entre camadas de gipsita (mina Sítio Ponta da Serra – Votorantim (Ipubi-PE)); (F) Detalhe da camada de folhelho (a) na foto E.

Segundo Tucker e Wright (1990), Wilson (1975) e Flügel (1982), calcilutitos compostos apenas por micrita ou calcita recristalizada, sem fósseis, costumam representar deposição inorgânica subaquosa em condições de alta salinidade. Os espátitos ocorrem como produto de uma intensa recristalização diagenética pós-deposicional.

8.4. ANÁLISES QUÍMICAS DAS FÁCIES EVAPORÍTICAS

8.4.1. Difractometria de Raios-X

As análises por difração de raios-X foram realizadas com o intuito de confirmar a descrição mineralógica das fácies de gipsita e anidrita, além de buscar minerais indicativos de concentrações economicamente interessantes, tais como, celestita e barita. As seguintes fases minerais foram identificadas: gipsita, anidrita, calcita, dolomita, quartzo e traços de anquerita e celestita (Figuras 8.6 e 8.7).

A gipsita é a fase mineral predominante, ocorrendo em todas as amostras analisadas. A Anidrita também ocorre de maneira expressiva e junto com a gipsita são os principais minerais formadores da fácies gipsita estratificada, podendo acontecer em camadas alternadas. Calcita e quartzo ocorrem subordinados.

Na fácies gipsita intrassedimentar predomina gipsita juntamente com calcita e dolomita. Em seção delgada de algumas amostras observou-se a passagem por um processo de dolomitização diagenética, com a substituição da calcita provavelmente resultando em anquerita.

O quartzo ocorre normalmente associado à fácies de gipsita intrassedimentar, sendo interpretado como a contribuição terrígena ao lago salino.

Por fim, tem-se a celestita encontrada em uma amostra (SB-1050). O registro desta fase nas amostras indica o enriquecimento em estrôncio de forma pontual, sugerindo disponibilidade de forma irregular desse elemento na salmoura.

8.4.2. Química Mineral

As análises químicas realizadas em amostras de gipsita das diferentes fácies evaporíticas buscaram caracterizar os vários tipos de gipsita (sulfato de cálcio) e prováveis níveis ricos em elementos como estrôncio (Sr) e bário (Ba), tentar separar as fases primária e secundária do minério, bem como, quantificar o grau de impurezas associados.

A média da impureza existente em cada fácies explorada interfere diretamente na qualidade do minério e, por conseguinte, altera o seu valor de mercado devido as imperfeições que gera no gesso calcinado, resultando no aparecimento das denominadas patologias do gesso após a aplicação.

A mensuração do percentual de impureza foi obtida a partir do somatório dos óxidos (Al, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si e Ti), identificados nos minérios de gipsita e anidrita nas três fácies evaporíticas principais (Figura 8.8) a saber: gipsita estratificada (primária); gipsita intrassedimentar (primária) e gipsita maciça ou recristalizada (secundária).

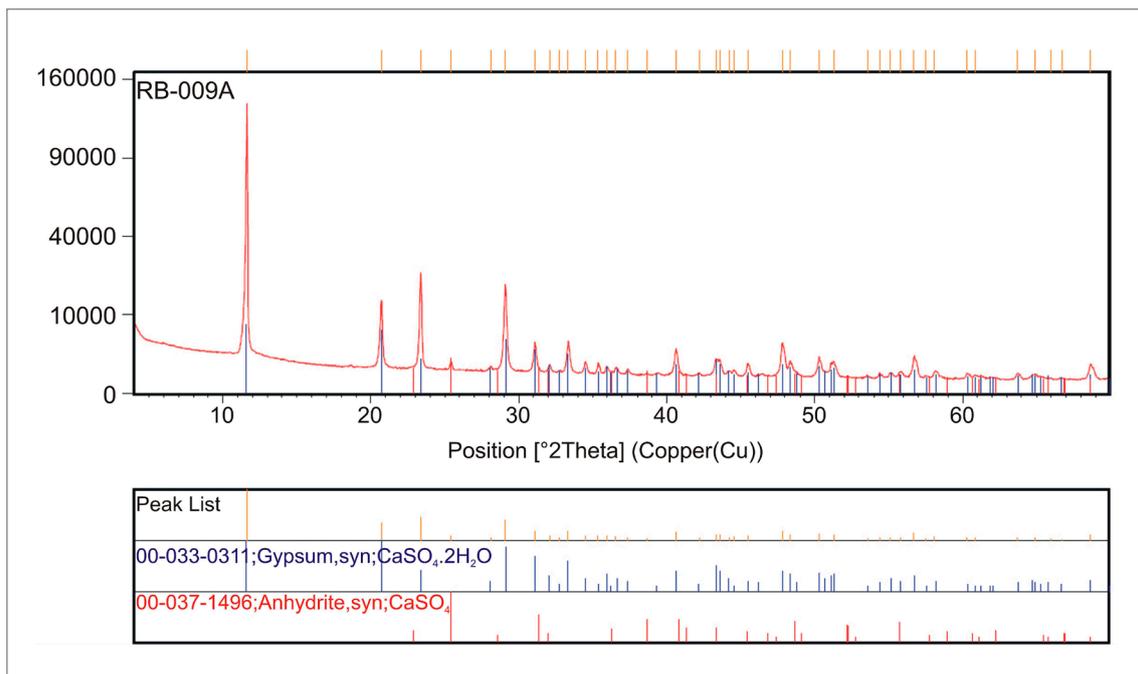


Figura 8.6 - Difractograma da amostra RB-009A, da fácies gipsita estratificada (cocadinha), onde ocorrem os principais minerais de minério de gesso. Mina Sítio Capim, Araripina-PE.

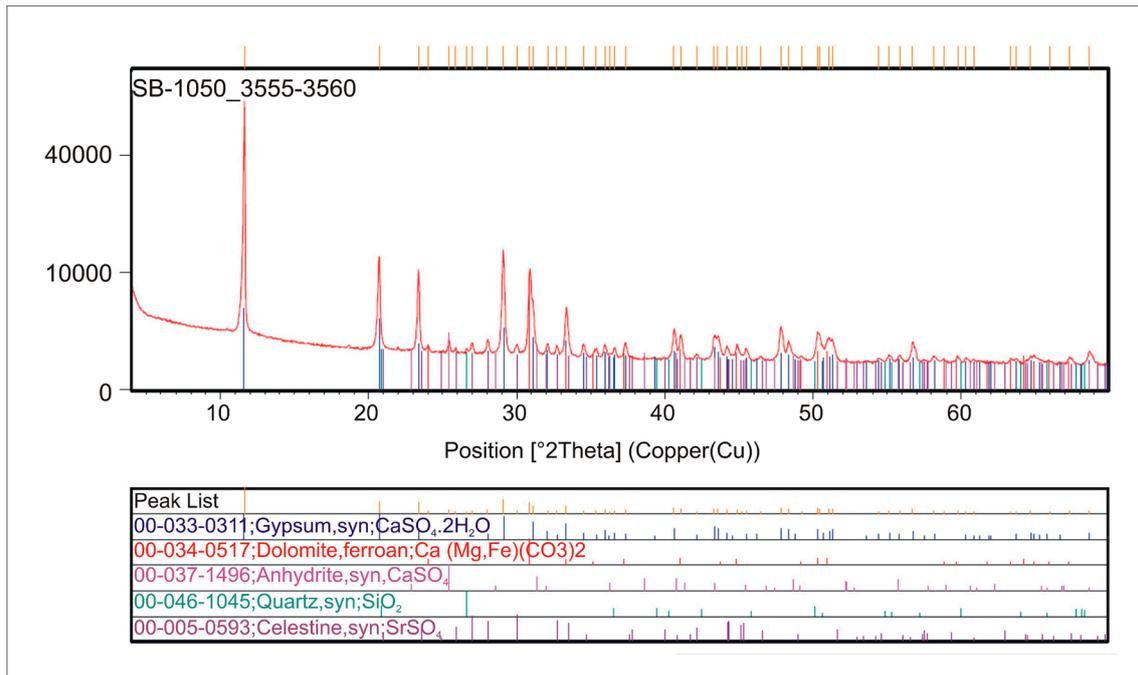


Figura 8.7 - Difratoograma da amostra SB-1050, da fácies gipsita intrasedimentar, com gipsita e outros minerais menos comuns, inclusive celestita em pequena quantidade. Mina Sítio Aroeira, Araripina-PE.

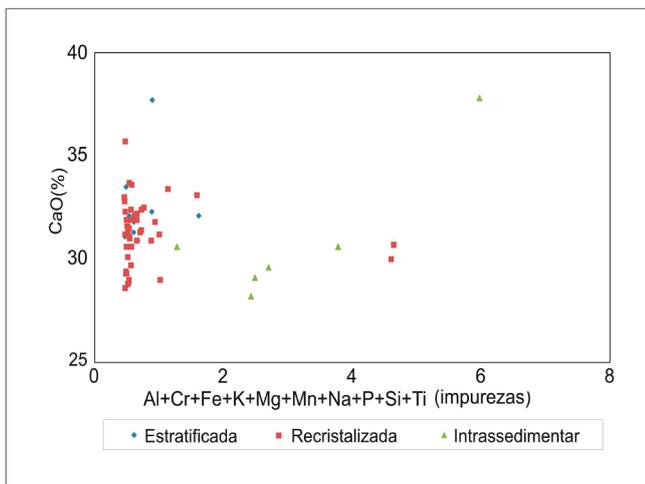


Figura 8.8 - Gráfico de análises geoquímicas de CaO x somatório dos óxidos dos elementos (impurezas) presentes na gipsita/anidrita pura com amostras agrupadas por fácies.

A fácies de maior destaque, a gipsita recristalizada, caracteriza-se por apresentar o menor percentual de impurezas, sendo utilizada para produzir o gesso de melhor qualidade (tipo α). As amostras de gipsita recristalizada com impurezas acima da média se dão pela elevação da quantidade de magnésio (Mg), possivelmente associada a uma alteração em fase sin ou pós-deposicional, uma vez que tanto o magnésio, quanto o bário e o estrôncio podem substituir o cálcio na gipsita/anidrita dependendo da disponibilidade destes elementos nos fluidos diagenéticos (DEER, HOWIE, ZUSSMANN, 1992).

A gipsita estratificada segue um comportamento similar ao registrado para a gipsita recristalizada. A gipsita intrasedimentar possui mais impurezas associadas, todavia, essa gipsita é utilizada em larga escala na indústria do cimento.

Dentre os elementos menores, os que apresentaram quantidades mais significativas foram o Sr e Ba. As figuras 8.9 e 8.10 mostram a relação de Sr (ppm) e Ba (%) por Ca (%) separados por fácies. Como se pode notar, não há uma dispersão evidente na concentração de Sr por fácies, já no caso do Ba sugere que este elemento não tem afinidade nos ambientes que se formaram a gipsita estratificada.

De acordo com a distribuição das amostras por folhas estudadas, sugere que o sistema evaporítico localizado nas proximidades de Ipubi (PE) é o local mais favorável para a ocorrência de celestita. Em relação ao bário, apenas a folha Curral Novo do Piauí foram encontrados valores mais elevados e que podem ter dado origem ao mineral barita.

Na tentativa de verificar as afinidades mineralógicas entre gipsita e celestita no sistema evaporítico na região de Araripina, foram coletadas amostras de gipsita em um furo de sondagem da mina Lagoinha (município de Araripina) e realizadas análises por microscópio eletrônico de varredura (MEV).

A partir dos resultados semi-quantitativos, observou-se para SO₃ a individualização de duas populações: na gipsita (CaSO₄) precipitando com CaO variando de 35 a 45% e SO₃ entre 47 a 55%, enquanto a celestita (SrSO₄) precipita SrO entre 45 a 60% com teores de SO₃ variando de 35 a 45% (Figura 8.11).

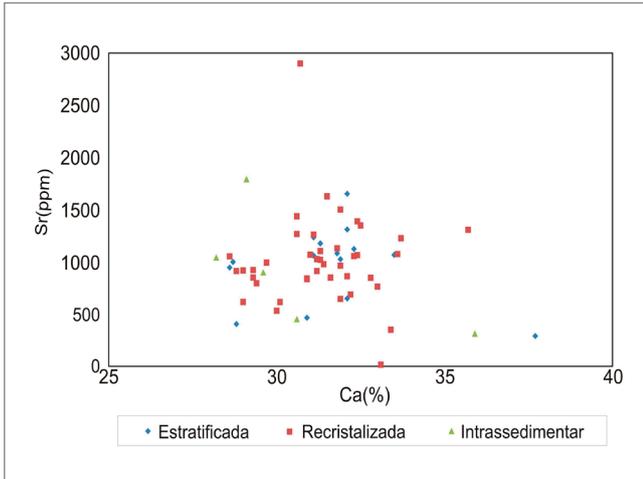


Figura 8.9 - Gráfico de análise geoquímica de Sr x Ca com amostras agrupadas por fácies.

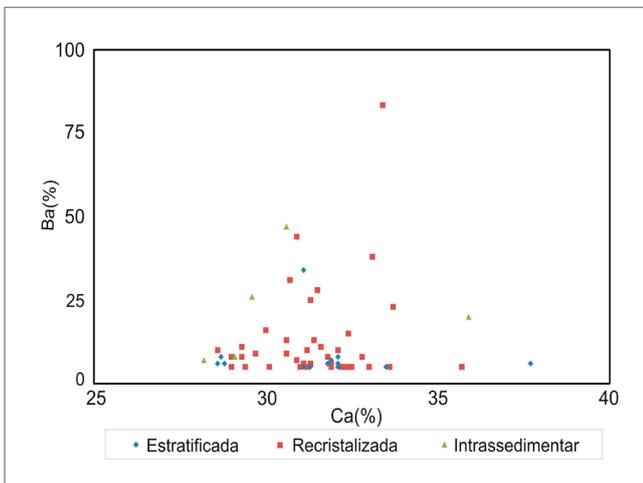


Figura 8.10 - Gráfico de análise geoquímica de Ba x Ca com amostras agrupadas por fácies.

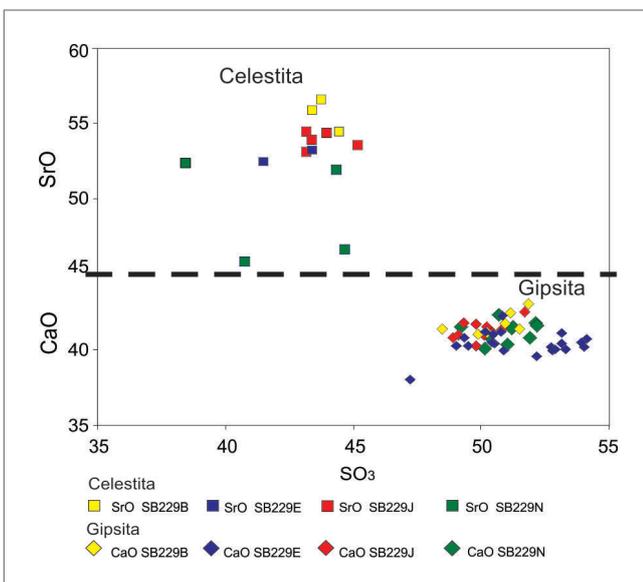


Figura 8.11 - Gráfico de análise microsonda eletrônica nas amostras de gipsita do furo de sondagem da mina Lagoinha.

Assim, observa que as afinidades entre CaO e SrO co-existem no sistema evaporítico, mas a precipitação ocorre em momentos distintos, sendo necessário que a salmoura esteja mais concentrada para precipitar celestita. Tal comportamento pode significar uma contribuição de fluidos modificando a composição da salmoura, entretanto tais variações provavelmente não foram tão significativas para gerar zonas diferenciadas, visto que minerais de celestita não foram *a priori* identificados macroscopicamente, mas encontravam-se presentes no sistema evaporítico com percentual muito reduzido.

8.5. ANÁLISES DE GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

Segundo Diaz e Pereira (2009) a análise isotópica de carbono e oxigênio é uma ferramenta importante para reconstruir a história deposicional e diagenética de reservatórios carbonáticos. Os estudos sugerem notadamente valores positivos de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ para cimentação inicial (em equilíbrio isotópico), e que as cimentações subsequentes se apresentam progressivamente mais empobrecidas em $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

Em geral, a partir de considerações termodinâmicas, os sulfatos (evaporitos) tendem a ser enriquecidos em sulfetos sedimentares empobrecidos em ^{34}S . Claramente, o fracionamento do isótopo no ciclo sedimentar decorre da redução bacteriana do sulfato de água do mar para H_2S no fundo anaeróbio, águas e sedimentos superficiais. O enxofre reduzido em sedimentos marinhos, em grande parte se fixa como FeS e FeS_2 , sendo, portanto, isotopicamente leve ou empobrecido em sulfato em até 70% do ^{34}S em relação à água do mar (SCOPE 19, 1983).

As rochas evaporíticas e siliciclásticas das Formações Ipubi e Romualdo da bacia do Araripe foram analisadas para avaliar a resposta dos isótopos estáveis de carbono, oxigênio e enxofre como indicadores paleoambientais e auxiliar na interpretação de um modelo relacionado ao sistema deposicional.

8.5.1. Isótopos de Carbono (^{13}C) e Oxigênio (^{18}O)

Fácies não evaporíticas (Rochas carbonáticas)

Os isótopos de carbono e oxigênio foram usados para inferir as características ambientais, estimar a temperatura e salinidade usando as rochas carbonáticas das Formações Ipubi e Romualdo.

Os carbonatos marinhos mostram valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre +3 e -3‰ (VEIZER e HOEFS, 1976; SCHIDLWISKI *et al.*, 1983) e os de origem de água doce, exibem valores negativos entre -10 e -15‰ (REINHARD *et al.*, 2003) (Figura 8.12). Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ para carbonatos biogênicos e rochas carbonáticas a partir de ambiente de água doce também são inferiores aos do ambiente marinho (FAURE, 1986).

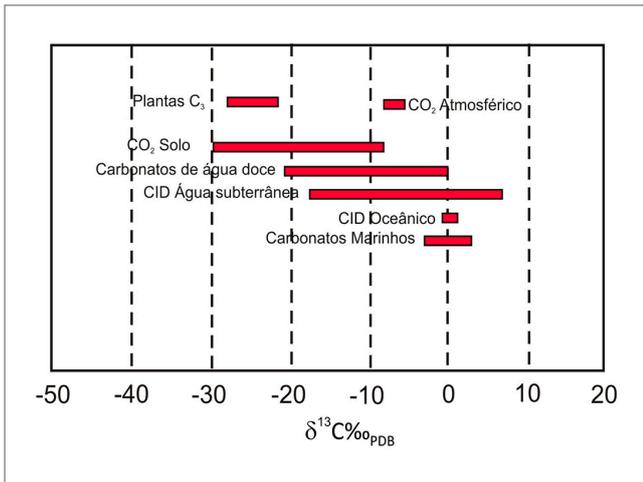


Figura 8.12 - Síntese dos valores de isótopos de carbono em diferentes ambientes. Compilação de Veizer e Hoefs (1976); Schidlowski *et al.* (1983); Reinhard *et al.* (2003); Rubinson e Clayton (1969).

Os resultados apresentados na figura 8.13 encontram-se agrupados por folhas geológicas e referem-se aos teores de $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ em ‰_{PDB} nas rochas carbonáticas da área, que mostram certas similaridades entre os depósitos de diversas minas coletadas.

Para as minas instaladas nas folhas Simões e Araripe os dados apresentam uma dispersão similar, possivelmente relacionado a fases de diluição da salmoura, uma vez que os valores do carbono apresentam uma significativa dispersão do $\delta^{13}\text{C}$ -2 a -12‰_{PDB}, enquanto o oxigênio apresenta uma tendência de alinhamento com valores de $\delta^{18}\text{O}$ variando entre -7 e -4‰_{PDB}.

Interpretando os resultados obtidos para as amostras das folhas Morais e Ipubi, os dados plotam em nuvem, com dispersão do $\delta^{13}\text{C}$ -6 a -15‰_{PDB}. Os valores de oxigênio nos depósitos em Morais variam de $\delta^{18}\text{O}$ -2 a -6‰_{PDB}, enquanto que na folha Ipubi os valores variam de $\delta^{18}\text{O}$ -2 a -4‰_{PDB}.

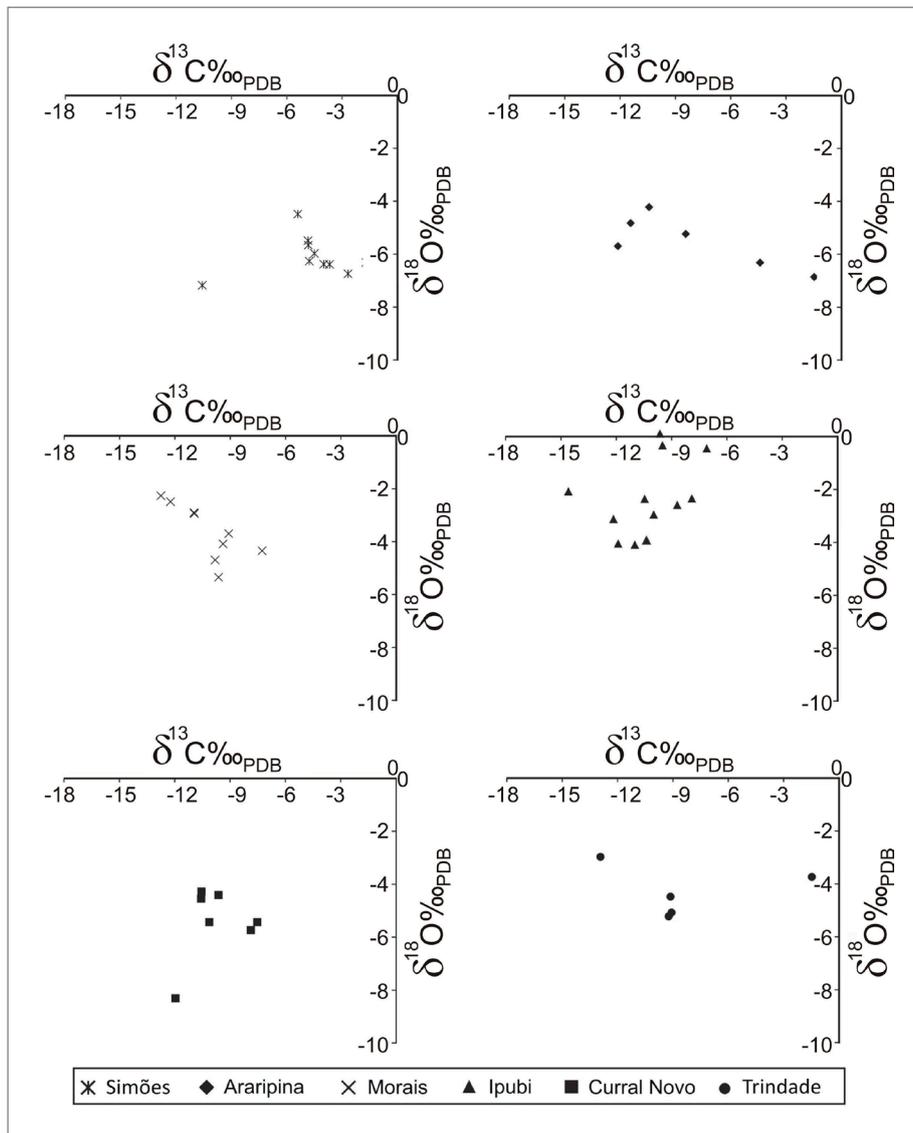


Figura 8.13 - Valores de ^{13}C ‰_{PDB} vs. ^{18}O ‰_{PDB} em amostras de rochas carbonáticas (amostras agrupadas por folha).

Ressalta-se que parte dos dados de Ipubi tem comportamento mais enriquecido, com valores positivos para carbono e muito próximo de zero para o oxigênio. Assim, pode ser aventado que na folha Ipubi os depósitos receberam uma contribuição marinha e/ou que os lagos salinos atingiram um máximo de evaporação com condições climáticas muito severas.

Para a folha Curral Novo do Piauí o comportamento em nuvem com $\delta^{13}\text{C}$ -6 a -12‰_{PDB} e de $\delta^{18}\text{O}$ -4 a -8‰_{PDB} refere-se a um ambiente muito depletado (negativo), que pode estar associado a assinatura de lagos doces ou entrada de fluxo mais empobrecido no processo diagenético. Na Folha Trindade, os valores exibem amostras pontuais com ampla dispersão nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ -2 a -13‰_{PDB} e de $\delta^{18}\text{O}$ -3 a -5‰_{PDB} .

8.5.2. Isótopos de Enxofre (^{34}S)

Fácies Evaporíticas

Os valores isotópicos de enxofre podem representar variação da salinidade na salmoura ao longo da deposição

dos sedimentos em diferentes ambientes marinhos (golfo e mares restritos, ligados a um oceano) e/ou não marinhos continentais (p.ex. lagunas, *sabhas* e lagos salgados isolados), em regiões subtropicais ou áridas (CLAYPOOL *et al.*, 1980).

Na tabela 8.1 estão dispostos os resultados do isótopo de enxofre ($\delta^{34}\text{S}$) a partir das amostras de gipsita e anidrita coletadas em diferentes minas.

A disposição dos dados na figura 8.14 exibem dois grupos, os dados obtidos a partir de amostras nas minas situadas nas folhas Morais/Trindade e Ipubi estão entre 14 e $16\text{‰}_{(\text{C-CDT})}$, com dois valores anômalos (mais positivos), enquanto que as rochas das minas nas folhas Araripina e Curral Novo apresentam intervalo entre 16 e $18\text{‰}_{(\text{C-CDT})}$.

O espalhamento dos dados pode significar variação na solubilidade da salmoura, onde os valores mais positivos são indicativos de ambiente mais enriquecido em sais o que permite individualizar os evaporitos cartografados nas folhas Morais/Trindade e Ipubi (situados a nordeste), dos evaporitos cartografados nas folhas Araripina e Curral, situados mais a sudoeste na área investigada.

Tabela 8.1 - Análises de Isótopos de enxofre ($\delta^{34}\text{S}$) com resultados agrupados por folha e tipo da gipsita. Classificação regional - “Cocadinha” - Gipsita estratificada; “Rapadura/Johnson” - Gipsita maciça; “Piso” - Gipsita intrasedimentar; “Alabastro” - Gipsita espato acetinado. fácies primária (prim) e secundária (sec).

MUNICÍPIOS	LONGITUDE (UTM E)	LATITUDE (UTM N)	AMOSTRA	$\delta^{34}\text{S}\text{‰}_{(\text{V-CDT})}$	CLASSIFICAÇÃO REGIONAL (FÁCIES)
Curral Novo do Piauí	300033	9140094	RB-075a	16,7	Rapadura (sec)
	300033	9140094	RB-075b	16,4	Cocadinha (prim)
	300033	9140094	RB-075c	16,5	Johnson (sec)
Araripina	311214	9153099	RB-024A	16	Johnson (sec)
	327707	9150784	RB-008A	16,3	Rapadura (sec)
	327707	9150784	RB08-B1	17,6	Alabastro (sec)
	327707	9150784	RB08-C1	16,6	Cocadinha (prim)
	328247	9151957	RB-017A	16,3	Cocadinha (prim)
	328247	9151957	RB-017B	17	Johnson (sec)
Morais/Trindade	331833	9152035	RB-015A	15,3	Rapadura (sec)
	334870	9148777	RB-009A	16,8	Cocadinha (prim)
	339032	9150410	RB-005F	15,2	Anidrita
	338667	9144287	RB-010D	16,8	Piso (prim)
	344258	9141596	SB-1050	15,6	Cocadinha (prim)
	356617	9148988	SB-612A	14,7	Esteira algalica com gipsita
Ipubi	363842	9147404	RB-002B	14,5	Alabastro (sec)
	365603	9147152	RB-719(5)	17,2	Piso (prim)
	367224	9146552	RB-400H	15,7	Rapadura (sec)
	368971	9145903	RB-424B	16	Rapadura (sec)
	375850	9155252	RB-003F	15,1	Cocadinha (prim)

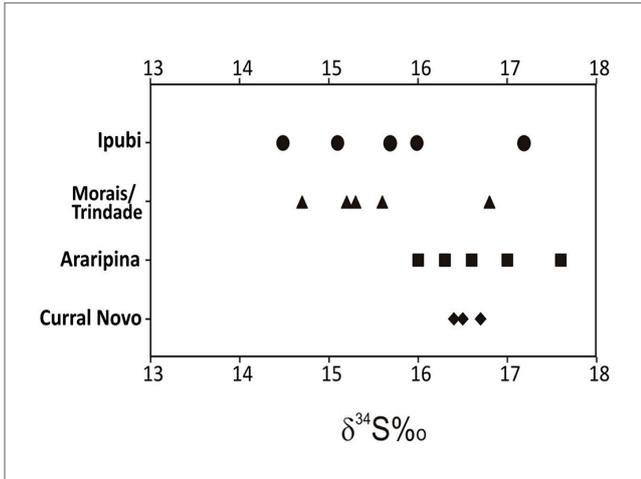


Figura 8.14 - Valores de $\delta^{34}\text{S}\text{‰}_{\text{(C-CDT)}}$ em amostras de gipsita coletada nas minas estudadas na região do Polo gessífero de Pernambuco (amostras agrupadas por folha). Círculo: Ipubi; triângulo: Morais/Trindade; quadrado: Araripina; losângulo: Curral Novo do Piauí.

Claypool *et al.* (1980) realizaram medições de $\delta^{34}\text{S}$ em evaporitos marinhos (Figura 8.15), cujos resultados apontaram uma progressiva variação de +14‰ para o Cretáceo Inferior a +22‰ $_{\text{(C-CDT)}}$ no Mioceno médio, depois observa-se uma ligeira redução no valor $\delta^{34}\text{S}$ até os dias atuais (CHIVAS *et al.*, 1991).

Baseando-se em dados da literatura acerca da idade, e plotando as amostras obedecendo aos valores obtidos na área investigada, os dados plotam no intervalo relacionado ao Aptiano onde a assinatura do isótopo de enxofre para a água do mar exibe valores entre +13 a +16‰ $_{\text{(C-CDT)}}$, compatível com a idade das rochas associadas ao Grupo Santana segundo Neumann e Assine (2015).

Individualizando a análise, para as minas instaladas em Ipubi predominam os valores entre +14 a +16‰ $_{\text{(C-CDT)}}$, com um valor anômalo de +17,2‰ $_{\text{(C-CDT)}}$.

Na região de Morais-Trindade a assinatura isotópica de $\delta^{34}\text{S}$ apresenta parte dos dados corroborando com os valores atribuídos ao Aptiano, +14,7 a +15,6‰ $_{\text{(C-CDT)}}$ e parte dos valores chegam a +16,8‰ $_{\text{(C-CDT)}}$.

A assinatura isotópica de $\delta^{34}\text{S}$ obtida para as rochas das minas na região de Araripina apresentam valores acima de +16‰ $_{\text{(C-CDT)}}$ variando até +17,6‰ $_{\text{(C-CDT)}}$, similar aos dados obtidos nas rochas em Curral Novo do Piauí concentrados em torno de +16,6‰ $_{\text{(C-CDT)}}$.

Os dados permitem propor uma compartimentação em lagos pequenos com fontes de alimentação provavelmente influenciada por uma barreira que pode ter constituído estruturas tectônicas; ou ainda, pelo menos dois pulsos deposicionais em um único lago para a gipsita, com aporte em diferentes momentos no lago, ou ainda avariar idades diferentes na deposição dos evaporitos. Para confirmação das premissas aventadas são necessárias datações de $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ (radiogênico) para assim propor a idade para as rochas da Formação Ipubi.

8.6. AMBIENTE DEPOSICIONAL

A associação de fácies das gipsitas estratificadas e intrassedimentares, com folhelhos negros e verdes, são típicas de lagos hipersalinos, conhecidos como “playa lakes” (KENDALL, 1992; WARREN, 2006). A gipsita e anidrita predominam nos depósitos da Formação Ipubi, contrapondo-se às condições normais de evolução da salmoura em lagos salinos, onde com o aumento da salinidade, a tendência seria precipitar quantidades bem menores de gipsita e predominar a deposição de halita (DEER, HOWIE, ZUSSMANN, 1992). Essa predominância constatada é típica de locais onde o tempo de residência da salmoura é pequeno (KENDALL, 1992; WARREN, 2006), indicando que periodicamente a salmoura era diluída por fluxos episódicos de água. Isso é evidenciado pela presença de superfícies de dissolução e pela estratificação das camadas de gipsita.

Em algumas das minas foi possível observar que a porção basal da formação é constituída por folhelhos variando de verde a preto, intercalado com calcilitos maciços e espatitos. Esta associação de fácies é interpretada como resultante da deposição em lagos ou lagoas, antes da salinização da água. Uma ocorrência de fóssil de peixe *Vinctifer* cujo gênero é atribuído à água salgada sugere uma transgressão marinha, anterior ao início da deposição de gipsita, sendo que o recuo do mar formou uma laguna que eventualmente se tornou hipersalina, dando condições para o início da deposição da gipsita. Essa referência indica que esse ambiente deposicional encontrava-se próximo à costa, provavelmente constituindo um sistema de *sabkha* costeiro (KENDALL, 1992).

Na região de Ipubi (PE) ocorre uma variação lateral entre as fácies de gipsita estratificada e intrassedimentar, de modo que a ocorrência de gipsita estratificada fica envolta pela intrassedimentar, geometria muito comum em lagos salinos no mundo, chamada de “bull’s eye”, onde as fácies marginais circundam as fácies profundas (KENDALL, 1992; WARREN, 2006).

Dentro da sucessão lateral que ocorre em Ipubi, existem pelo menos duas fases de deposição de gipsita reconhecíveis nas seções transversais de correlação, E-W e N-S, elaboradas a partir de perfis litológicos realizados nas minas (Figuras 8.16, 8.17 e 8.18). É recorrente, nas minas levantadas, a interrupção da deposição de gipsita, marcada pelo aparecimento de camadas decimétricas de folhelho verde, normalmente com grandes quantidades de ostracodes, em níveis milimétricos que podem ser chamados de coquinas, (Figura 8.5E e F) e então acima, desta camada, a deposição de gipsita é retomada. Esta interrupção na sedimentação evaporítica sugere um período úmido, anômalo, onde a entrada de água meteórica por meio de drenagens foi mais constante e impediu a concentração da salmoura para precipitar gipsita (WARREN, 1992, 2006).

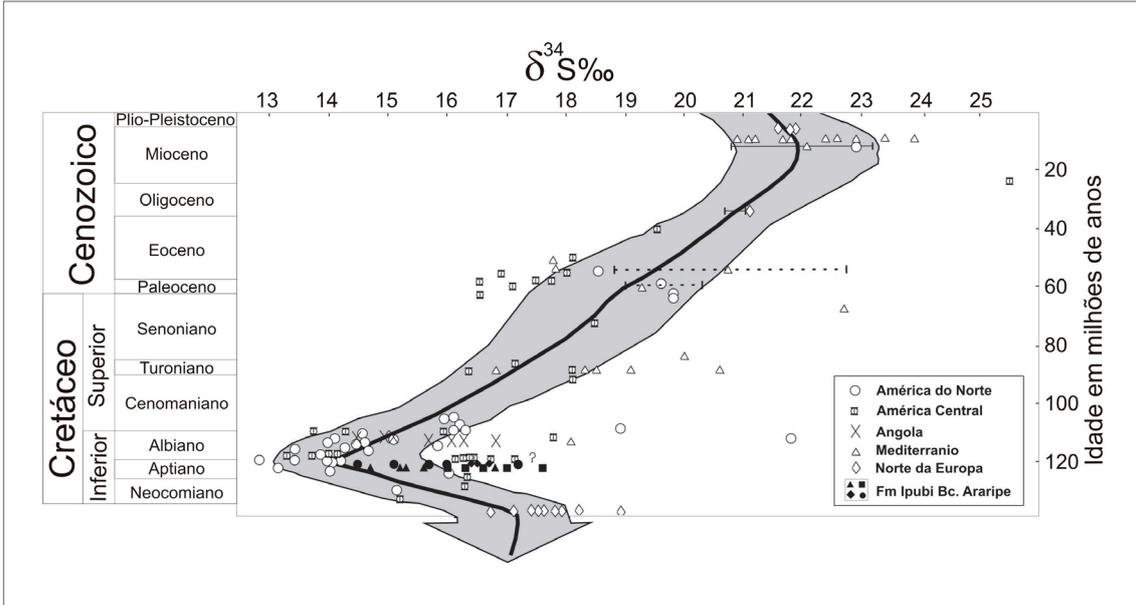


Figura 8.15 - Curva isotópica de $\delta^{34}\text{S}$ em evaporitos do Cretáceo ao recente, construída por Claypool *et al.* (1980), Nielsen e Ricke (1964), Thode e Monster (1964), e Yeremenko e Pankina (1971). A área sombreada é a precisão estimada da curva; Os dados de evaporitos não marinhos estão marcados com uma interrogação; No vale do rio Rino (Oligoceno inferior) os evaporitos estão plotados com valores máximos (NIELSEN, 1972). Linhas horizontais são para dados da literatura plotados em intervalo. Os dados representados em símbolos sólidos foram obtidos a partir de amostras de gipsita da Formação Ipubi coletada nas minas estudadas. Círculo: Ipubi; triângulo: Morais/Trindade; quadrado: Araripina; losângulo: Curral Novo.

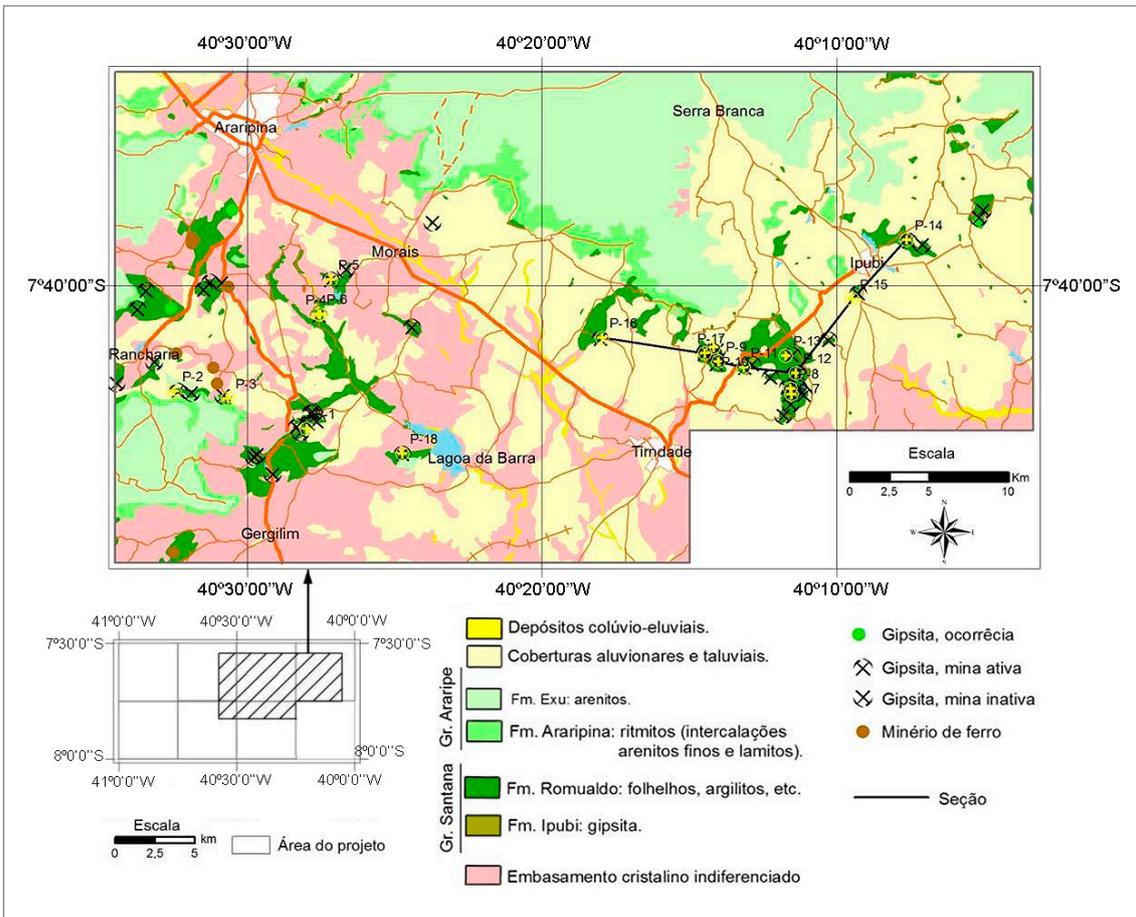


Figura 8.16 - Exposições do Grupo Santana com os principais depósitos da área estudada com indicação dos perfis levantados A-A' WNW-ESE (P-16 - P-12) e B'-B NE-SW (P-14 - P-07).

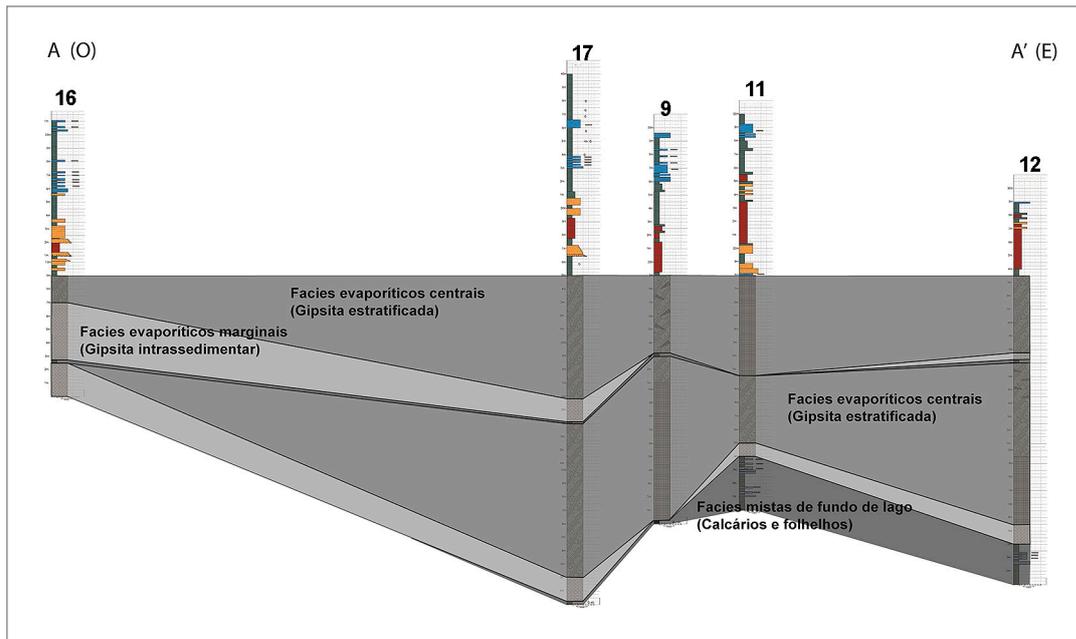


Figura 8.17 - Modelo simplificado do lago principal na região de Ipubi, borda centro sul da Chapada do Araripe, gerado a partir de perfis litológicos descritos nas mineradoras visitadas. Perfil A-A' WNW-ESE (P-16 - P-12) na Figura 8.11.

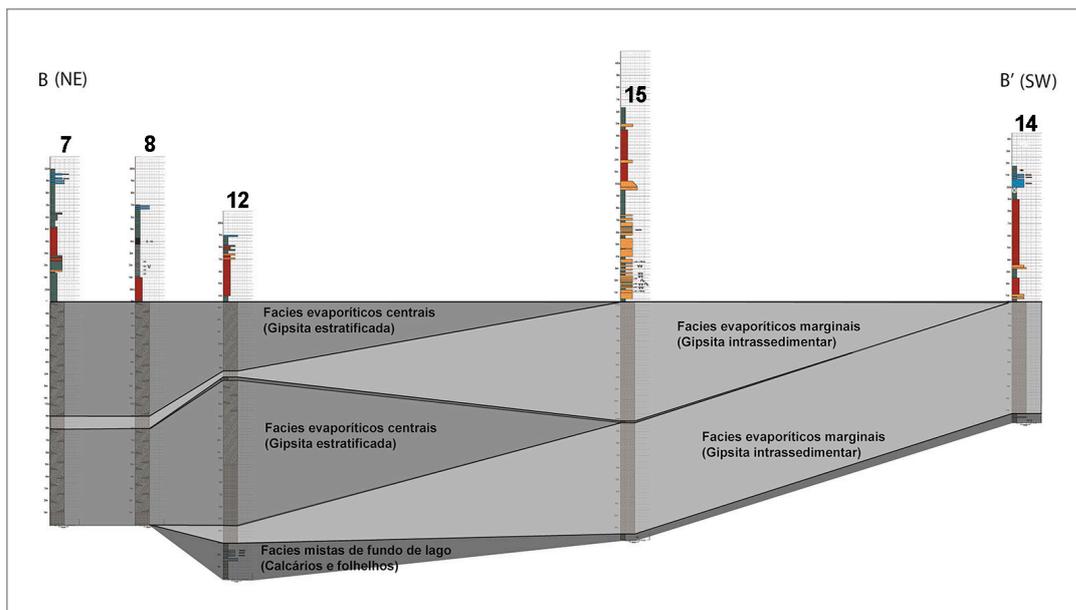


Figura 8.18 - Modelo simplificado do lago principal na região de Ipubi, borda centro sul da Chapada do Araripe, gerado a partir de perfis litológicos descritos nas mineradoras visitadas. Perfil B'-B NE-SW (P-14 - P-07) na Figura 8.11.

Essa diluição do lago representada pelas camadas de folhelhos foi registrada na grande maioria das seções levantadas, todavia, em duas seções, muito próximas, há diluição registrada apenas como uma descontinuidade no gesso. As camadas de coquinas podem ser interpretadas como episódios de mortalidade em massa dos ostracodes, provavelmente, relacionadas à retomada da salinização que levou a posterior deposição da camada de evaporitos sobrejacente.

8.7. CONSIDERAÇÕES E POSSÍVEIS GUIAS PROSPECTIVOS

A Formação Ipubi dificilmente aflora naturalmente devido à alta solubilidade de seu maior componente que é a gipsita. A prospecção de gesso deve, portanto, ser feita a partir das rochas sobrejacentes, tais como os folhelhos da Formação Romualdo. Deve-se levar em consideração que, em diversos locais, as rochas da Formação

Romualdo ocorrem diretamente sobre o embasamento cristalino, não sendo possível afirmar que sempre existe gipsita abaixo dessas camadas de folhelho, mas existem alguns critérios prospectivos que indicam a presença de camadas evaporíticas em subsuperfície. Por exemplo, a presença de veios nos folhelhos preenchidos com gipso espato acetinado, tanto concordante quanto discordante com a estratificação indica uma grande disponibilidade de sulfatos no fluido diagenético, o que pode ter sido originado da alteração diagenética da gipsita. Os fluidos sobem na estratigrafia e preenchem as fraturas. Esse processo indica a presença de evaporitos nas camadas subjacentes.

Os folhelhos com concreções fossilíferas ocorrem nas porções intermediárias da Formação Romualdo, distante em média 20-30 m da base. Já na base da Formação Romualdo afloram arenitos alaranjados e lamitos avermelhados e na porção superior desta formação é composta por folhelhos esverdeados a acinzentados. Sendo assim, o aparecimento de areias alaranjadas ou lama vermelha nos furos de sondagem ou a trado indica que se chegou à porção mais basal da Formação Romualdo, podendo estar próximo às camadas de gipsita.

Apesar da dificuldade em definir a espessura da camada de gipsita, a análise dos produtos geofísicos apresentados no capítulo 4, mostrou que existem locais

abaixo das coberturas cenozoicas (sedimento solto), que têm espessura de sedimentos propícios a ter minério explorável. A partir da análise de lineamentos magnéticos infere-se que as minas em funcionamento estão alinhadas com *trends* NE, provavelmente estão refletindo antigas falhas que preservaram isópacas mais expressivas de gipsita. As imagens, combinadas com perfis de eletrorresistividade também mostram que, quanto mais próximo da chapada, mais profunda fica a camada de alta resistividade, compatíveis com níveis de gipsita, estimando profundidades em torno de 400 m.

Além da gipsita, os folhelhos da Formação Romualdo representam um subproduto com qualidade cerâmica, que pode ser usado para complementar e viabilizar a atividade de extração de gipsita. A utilização dos sedimentos das argilas como bem mineral foi proposto por Barauna (1991), que através de estudos em laboratório investigou as propriedades tecnológicas das argilas, identificando sua capacidade de clarificar o óleo vegetal comestível, barateando o beneficiamento; bem como também sua aplicação na indústria do petróleo, devido a sua propriedade tixotrópica (propriedade onde o coloide muda seu estado de viscosidade), podendo ser utilizada como fluido de perfuração. Mais recentemente, Silva (2008) defendeu a utilização desses argilominerais na produção de pigmentos naturais.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os depósitos de gipsita na área estudada possuem um controle dado por falhas, delimitando estruturas tipo *grabens* e *horsts*, resultantes da ativação, de zonas de cisalhamentos, antigas falhas sin-rifte, e geração de novas falhas, durante a tectônica pós-rifte.

Devido à mobilidade da gipsita na Formação Ipubi, a prospecção de gesso deve ser realizada a partir das rochas sobrejacentes, tais como os folhelhos da Formação Romualdo, não sendo possível, no entanto, afirmar que sempre existe gipsita abaixo dessas camadas de folhelho, contudo existem alguns critérios prospectivos que indicam a presença de camadas evaporíticas em subsuperfície. Cita-se, a presença de veios preenchidos com gipso espato acetinado, tanto concordante quanto discordante com a estratificação cujo processo indica a presença de evaporitos nas camadas subjacentes.

O aparecimento de areias alaranjadas ou lama vermelha nos furos de sondagem ou à trado indica que se chegou à porção mais basal da Formação Romualdo, podendo estar próximo às camadas de gipsita.

A análise de lineamentos magnéticos mostrou que as minas em funcionamento estão alinhadas com trends NE, que provavelmente estão refletindo antigas falhas que preservaram isópacas mais expressivas de gipsita.

A correlação dos depósitos de gipsita e dos resultados do mapeamento geológico e da interpretação dos dados magnetométricos permitiu propor dois modelos prospectivos, um na região de Rancharia e o outro na região de Ipubi. A diferença básica entre os dois modelos corresponde à escolha do sentido de avanço do trabalho de prospecção para localização de novos depósitos a partir de depósitos já conhecidos. No modelo para a área Rancharia, tem-se a situação inicial com a sequência pós-rifte ainda preservada de deformação; reativação de estruturas pré-existentes no embasamento cristalino e desenvolvimento de falhas normais; a formação de *grabens* e *horsts* e aprisionamento de parte dos sedimentos nos *grabens* e a erosão dos sedimentos localizados nos *horsts* e exposição dos depósitos de gipsita.

Como resultado, a prospecção de novos depósitos deve ser feita ao longo da direção das estruturas que aprisionaram os sedimentos. Já no modelo prospectivo para a área de Ipubi: a situação inicial se deu com a sequência pós-rifte ainda preservada de deformação; reativação de estruturas pré-existentes no embasamento cristalino e desenvolvimento de falhas normais com formação de *grabens* e *horsts* e aprisionamento de parte dos sedimentos nos *grabens*; erosão dos sedimentos localizados nos *horsts* e exposição dos depósitos de gipsita. Como resultado a prospecção de novos depósitos não tem uma direção preferencial podendo ser feita em qualquer direção a partir de um depósito conhecido.

Os resultados do levantamento de eletrorresistividade confirmaram a existência do prolongamento do *Graben* de Feitoria na região da depressão periférica da chapada, indicando profundidades mínimas de 200 m na região do Distrito de Feitoria (PE). Também, como a Formação Araripina na SEV 1 tem espessura de 91 m e na SEV 2 tem espessura de apenas 43 m, é possível inferir que 45 m da camada sedimentar da Formação Araripina foi erodida na área da SEV 2, em relação à área da SEV 1.

Adicionalmente, os folhelhos da Formação Romualdo representam um subproduto que pode ser usado para complementar à atividade de extrativa de gipsita, cujas propriedades tecnológicas das argilas provindas destes folhelhos podem ser usadas na clarificação de óleo vegetal comestível, fluido de perfuração em atividades de sondagem rotativa e na produção de pigmentos naturais.

Os mapas geológicos (folhas Simões, Araripina, Curral Novo do Piauí, Monte Santo, Morais, Ipubi e Trindade) proporcionaram uma delimitação mais precisa da exposição da Formação Romualdo. Além disto, nas áreas de extensas coberturas colúvio-eluviais, em alguns locais capeando a formação Ipubi, p.ex. a sudoeste na folha Ipubi e a leste na folha Morais. Estes elementos são prováveis indicativos da ocorrência da Formação Ipubi, sotoposta, e consequentemente da possível presença de gipsita.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. **Análises da Deformação Pós-Rifte na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, J. R. C.; WANDERLEY, A.A.; FORGIARINI, L.L.; MEDEIROS, M.F. Folha SB.24, Jaguaribe. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. (Ed.) **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Sistema de Informações Geográficas – SIG, Programa Geologia do Brasil, CPRM**. 2004. CD-ROM.
- ARAI, M.; COIMBRA, J.C. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: CAMPOS, D.A.; VIANA, M.S.S.; BRITO, P.M.; BEURLIN, G. (Ed.) **Atas do Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. Crato: DNPM**, 1990. p. 225-239.
- ARAÚJO E TRAVASSOS PETRÓLEO S.A. **Perfil Composto do poço 2-AP-1-CE (Araripe)**. Escala 1:100.000. São Paulo: ATP, 1986. Inédito.
- ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTOS, J.C.P.; PARAHYBA, R.B.V. Solos Dominantes no estado de Pernambuco. p. 30-31. In: **ATLAS de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente, 2006. 104p.
- ASMUS, H.E.; PONTE, F.C. The Brazilian Marginal Basins. In: NAIRN, A.E.M.; STEHILI, F.G. (Ed.) **The Ocean Basins and Margins: the South Atlantic**. New York: Plenum Press, 1973. v. 1, p. 87-133.
- ASSINE, M.L. **Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. 1990. 124f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.
- ASSINE, M.L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. **Boletim Geociências Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.J.; CUSTÓDIO, M.A.; NEUMANN, V.H.; VAREJÃO, F.G.; MESCOLOTTI, P.C. Sequências Depositionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe. Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro**, v. 22, n. 1, p. 3-38, 2014.
- BARAÚNA, O.S. **Estudo das argilas que recobrem as camadas de gipsita da Bacia Sedimentar do Araripe**. 1991. 172f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1991.
- BEURLIN, K. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17., 1963, Recife. **Anais [...]** Recife: SBG, 1963.
- BEURLIN, K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 43, p. 411-415, 1971. Suplemento.
- BEZERRA, M.S. **Produto 24 – Relatório Técnico 34 - Perfil da Gipsita**. Brasília: MME/SGM; Banco Mundial; J Mendo Consultoria, 2009. 1-6p. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P24_RT34_Perfil_da_Gipsita.pdf. Acesso em: 22 jan. 2017.
- BLIKRA, L.H.; NEMEC, W. Postglacial colluvium in western Norway: depositional process, facies and paleoclimatic record. **Sedimentology**, v. 45, n. 5, p. 909-959, 1998.
- BRITO, L.M. As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico Cretáceo do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 81-85, 1987.
- CAMACHO, C.R.; SOUZA, F.R.F.R.O. O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. **Boletim IG – USP: Serie Científica**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 14-161, 2017.
- CARVALHO, I.S.; FREITAS, F.I.; NEUMANN, V. Chapada do Araripe. In: CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A.; HASUI, Y. (Org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 510-513.
- CASTRO, D.L.; CASTELO BRANCO, R.M.G. Caracterização da Arquitetura Interna das Bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com Base em Modelagem Gravimétrica 3-D. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 17, n. 2-3, p. 129-144, 1999.
- CESERO, P.; PONTE, F.C. Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 11, p.1-18, 1972.
- CEZAR, A.; TAVARES, M.A.H.; MONT' ALVERNE, A.A.F.; MENOR, E.A.; AMARAL, A.J.R.; SOUZA, V.C.; SILVA, E.C.C. **Projeto Gipsita, Etapa I**. Recife: DNPM, 1995. 45p. Programa Nacional de Estudo de Distritos Mineiros.

- CHIVAS, A.R.; ANDREW, A.S.; LYONS, W.B.; BIRD, M.I.; DONNELLY T.H. Isotopic constraints on the origin of salts in Australian playas. 1. Sulphur. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 84, p. 309-332, 1991.
- CLAYPOOL, G.E.; HOLSER, W.T.; KAPLAN, I.R.; SAKAI, H.; ZAK, I. **Chemical Geology**, v. 28, p. 199-260, 1980.
- CONDE BLANCO, A.J.P.; ALVES DA SILVA, F.C.; SÁ, E.F.J. Desenvolvimento simultâneo de semigrabens ortogonais e oblíquos à direção de distensão: modelagem física de análogo natural no Nordeste brasileiro. **Geologia USP: Serie Científica**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 37-54, 2014.
- COSGROVE, J.W. Hydraulic fracturing during the formation and deformation of a basin: a factor of dewatering of low permeability sediments. **Bulletin of American Association of Petroleum Geologists**, v. 85, p. 737-748, 2001.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.; ZUSSMAN, J. **An introduction to the rock-forming minerals**. 2.ed. London: Longman, 1992. 696 p.
- DELGADO, I.M.; SOUZA, J.D.; SILVA, L.C.; SILVEIRA FILHO, N.C.; SANTOS, R.A.; PEREIRA, A.J.; GUIMARÃES, J.T.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; GOMES, I.P.; LACERDA FILHO, J.V.; VALENTE, C.R.; PERROTTA, M.P.; HEINECK, C.A. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Ed.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. p. 227-258.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL **Sumário Mineral Brasileiro**. (2006-2015). Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral>. Acesso em: 23 jan. 2017.
- DIAZ, M.L.R.; PEREIRA, E. Caracterização diagenética dos carbonatos da formação Riachuelo, Cretáceo da Bacia de Sergipe-Alagoas, a partir de dados isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 5., 2009, Fortaleza. **Artigos selecionados** [...] Natal: ABPG, 2009. 8p.
- EINSELE, G. **Sedimentary Basins: evolution, facies and sedimentary budget**. London: Springer-Verlag, 1992. 628p.
- FAMBRINI, G.L.; MENEZES-FILHO, J.A.B.; JESUINO, P.C.L.; ARAÚJO J.T.; DURVAL, L.G.L.; NEUMANN, V.H.M.L. Sucessão Faciológica da Formação Barbalha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos (UFPE)**, v. 25, n. 1, p. 137-164, 2015.
- FARINA, M. **Sequência plumbífera do Araripe: mineralização singenética sulfatada no Cretáceo sedimentar brasileiro**. Recife: CPRM, 1974a. 37p. Relatório interno.
- FARINA, M. Sequência plumbífera do Araripe – mineralização singenética sulfetada no Cretáceo sedimentar brasileiro. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre: SBG, 1974b. p. 61-76.
- FAURE, G. **Principles of isotope geology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 589p.
- FEITOSA, E.C. **Estudo Geofísico da Área de Casa de Pedra – Projeto Gipsita – Chapada do Araripe – PE**. Recife: SUDENE, 1972. 27p. (SUDENE - Hidrogeologia, 40).
- FEITOSA, M.C. **Fácies sedimentares e modelo deposicional dos arenitos inferiores do Vale do Cariri**. 1987. 73f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1987.
- FLÜGEL, E. **Microfacies analysis of limestones**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 633p.
- GEOSCAN-M LTD. **IPI2Win v. 2.1, IPI_Res2, IPI_Res3 User's Guide**. Moscow: State University, 2001. 25 p.
- GHIGNONE, J.I.; COUTO, E.A.; ASSINE, M.L. Estratigrafia e estrutura das bacias do Araripe, Iguatu e Rio do Peixe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. **Anais** [...] Goiânia: SBG, 1986. v. 1, p. 271-285.
- GRAND VIEW RESEARCH. **Gypsum Board Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product** (Pre-decorated Board, Wallboard, Ceiling Board), By Application (Commercial, Residential, Institutional, Pre-engineered Metal Building), and Segment Forecasts, 2019-2025. San Francisco - USA, 2016 Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gypsum-board-market>. Acesso em: 23 dez. 2017.
- GUSTAVSON, T.C.; HOVORKA, S.D.; DUTTON, A.R. Origin of satin spar veins in evaporite basins. *Journal of Sedimentary Research section A. **Sedimentary Petrology and Processes***, v. 64, p. 88-94, 1994.
- HARDIE, L.A.; SMOOT, J.P.; EUGSTER, H.P. Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach. In: MATTER, A.; TUCKER, M.E. (Ed.) **Modern and Ancient Lake Sediments**. New York: Wiley, 1978. p. 7-41. (SpecialPublication, n. 2).
- HASHIMOTO, A.T.; APPI, C.J.; SOLDAN, A.L.; CERQUEIRA, J.R. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 118-122, 1987.
- HESSEL, M.H.; FREITAS, F.I. A Polibacia do Araripe. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 23., 2009, Fortaleza. **Resumos** [...] Fortaleza: SBG, 2009. 1 CD-ROM. Boletim n. 21.
- JATOBÁ, L. Compartimentação do relevo. In: **ATLAS de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente, 2006. p.24-25.
- KENDALL, A.C. Evaporites. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Ed.) **Facies Models: responses for sea level changes**. St. John's, Newfoundland & Labrador: Geological Association of Canada, 1992. p. 375-409.
- KENDALL, C.G. Marine Evaporites In: DALRYMPLE, R.W. (Ed.). **Facies models 4**. St. John's, Newfoundland & Labrador: Geological Association of Canada, 2010. p. 505-539.
- LÁPIDO-LOUREIRO, F. E. L. O gesso nos agrossistemas brasileiros. In: FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p.445-478.

- LIMA, M.R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. 1978. 335f. (Tese) - Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.
- LIMA, M.R.; PERINOTTO, J.A.J. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. **Revista Geociências UNESP**, Rio Claro, v. 3, p. 67-76, 1984.
- LYRA SOBRINHO, A.C.P.; AMARAL, A.J.R.; DANTAS, J.O.C.; DANTAS, J.R.A. Gipsita. **Sumário Mineral**, Brasília, v. 23, p.80-81, 2003.
- MABESOONE, J.M.; TINOCO, I.M. Paleogeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 14, p. 87-118, 1973.
- MÁNGANO, M.G.; BUATOIS, L.A.; WU, X.; SUN, J.; ZHANG, G. Sedimentary facies, depositional processes and climatic controls in a Triassic Lake, Tanzhuang formation, western Henan Province, China. **Journal of Paleolimnology**, v. 11, n. 1, p. 41-65, feb. 1994.
- MARQUES, F.O.; NOGUEIRA, F.C.C.; BEZERRA, F.H.R.; CASTRO, D.L. The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst. **Tectonophysics**, v. 630, p. 251-264, 2014.
- MARTILL, D.M. The significance of the Santana Biota. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato/CE. **Atas** [...]. Crato: DNPM, 1990. p. 253-264.
- MATOS, R.M.D. Sistema de rifts Cretáceos do Nordeste Brasileiro. In: PETROBRAS - DEPEX TECNOS, 1987, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 1987. p. 126-159.
- MATOS, R.M.D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics**, v. 11, p. 766-791, 1992.
- MATOS, R.M.D. History of the Northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMERON, N.R.; BATE, R.H.; CLURE, V.S. (Ed.) **The oil and gas habitats of the South Atlantic**. London: Geologic Society, 1999. p. 55-77 (Special Publication, 1530).
- MATOS, R.M.D. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic. In: MORIAK, W.; TALWANI, M. (Ed.) **Atlantic Rifts and Continental Margins**. Washington – EUA: American Geophysical Union, 2000. p. 331-354. (Geophysical Monograph Series, 115): 331-354.
- MEDEIROS, R.A. Estratigrafia da Chapada do Araripe: estado da Arte. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato/CE. **Atas** [...]. Crato: DNPM, 1990. p. 43-51.
- MORAIS NETO, J.M.; HEGARTY, K.A.; KARNER, G.D.; ALKMIM, F.F. Timing and mechanisms for the generation and modification of the anomalous topography of the Borborema Province, northeastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26, p. 1070-1086, 2009.
- NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigrafica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. In: **Boletim do 5º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL**, 5., 1999, Rio Claro-SP. Boletim [...] Rio Claro: UNESP, 1999. p. 279-285.
- NEUMANN, V.H.; ASSINE, M.L. Stratigraphical propose to the post-rift-I tectonic-sedimentary sequence of Araripe basin, northeastern Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON STRATIGRAPHY, 2., 2015, Graz - Austria. **Abstracts** [...]. Graz: International Commission on Stratigraphy, 2015. p. 274-274.
- NEVES, B.B.B. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Atas** [...]. Crato: DNPM, 1990. p. 21-33.
- NEVES, B.B.B. The Cambro-ordovician of the Borborema Province. **Boletim IG – USP: Serie Científica**, São Paulo, v. 29, p. 175-193, 1998.
- NIELSEN, H. Sulphur isotopes and the formation of evaporite deposits. In: RICHTER-BERNBURG, G. (Ed.) **Geology of Saline Deposits**. Hanover: Unesco, 1972. p. 91-72. Symposium on the Geology of Saline Deposits, Hanover, Germany.
- NIELSEN, H.; RICKE, W. Schwefel – Isotopen-Verhältnisse von Evaporiten aus Deutschland: ein Beitrag zur Kenntnis von del 34S im Meerwasser-Sulfat. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 28, p. 577-591, 1964.
- OLIVEIRA, E. **A Chapada do Araripe e sua representação pela gravimetria**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1983. Inédito.
- PETRI, S. Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 59, n. 1/3, p. 117-168, 1987.
- PONTE, F.C.; PONTE FILHO, F.C. Evolução Tectônica e Classificação da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., 1996, Águas de São Pedro-SP. **Boletim** [...] Rio Claro: UNESP, 1996a. 123-133.
- PONTE, F.C.; PONTE-FILHO, F.C. **Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe**. Brasília: DNPM, 1996b. 68p.
- PONTE, F.C.; ASMUS, H.E. The brazilian marginal basins: current state of knowledge. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, São Paulo. p. 215-239, 1976. Suplemento
- PONTE, F.C.; ASMUS, H.E. Geological framework of the Brazilian continental margin. **Geologische Rundschau**, v. 67, p. 201-235, 1978.
- PONTE, F.C.; MEDEIROS, R.A.; PONTE FILHO, F.C. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Parte 1 - Análise de seqüências. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 2., 1997, Crato-CE. **Anais** [...] Crato: DNPM, 1990.

- PROSPECTORS AEROLEVANTAMENTOS E SISTEMAS LTDA. **Projeto Aerogeofísico Centro-Sudoeste do Ceará:** relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Brasília: CPRM, 2010. 190.p Programa Geologia do Brasil - PGB.
- QUEIROZ FILHO, A.A.; AMORIM NETO, A.A.; DANTAS, J.O.C. **Sumário Mineral 2015:** Gipsita. Brasília: DNPM, 2015. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>. Acesso em: 22 jan. 2017.
- RAND, H.M.; MANSO, V.A.V. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 4, p. 2011-2016.
- REINHARDT, E.G.; FITTON, R.J.; SCWARCZ, H.P. Isotopic (Sr, O, C) indicators of salinity and taphonomy in marginal marine systems. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 33, p. 262-272, 2003.
- ROJAS, F.E.M. **Estratigrafia de sequências do intervalo Aptiano ao Albiano na Bacia do Araripe, NE do Brasil.** 2009. 124f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- RUBINSON, M.; CLAYTON, R.N. Carbon-13 fractionation between aragonite and calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 33, p. 997-1002, 1969.
- SALES, A.M.F. **Análise Tafonômica das Ocorrências de Concentrações de Macroinvertebrados fósseis do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil:** significado estratigráfico, temporal e paleoambiental. 2005. 160f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- SCHIDLOWSKI, M.H.; HAYES, J.M.; KAPLAN, E.R. Isotopic inferences of ancient biochemistries: carbon, sulfur, hydrogen, and nitrogen. *In: SCHOPF, J.W.* (Ed.) **Earth's Earliest Biophere:** its origin and evolution. Princeton, NJ: University Press, 1983. p. 149-186.
- SCOPE 19. *In: IVANOV, M.V.; FRENEY, J.R.* (Ed.) **The global biogeochemical sulphur cycle and influence on it of human activity.** Moscow: Nauka Publishers, 1983. 470 pp
- SILVA, M.A.M. Lower Cretaceous unconformity truncating evaporite-carbonate sequence, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 306-310, 1986.
- SILVA, M.A.M. Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe: ambientes de deposição e história diagenética. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 53-63, 1988.
- SILVA, M.A.M. **The Araripe Basin, Northeastern Brazil:** Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex. 1983. 290f. Tese (Doutorado) - Columbia University, EUA, 1993.
- SILVA SANTOS, R.; VALENÇA, J.G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 339-360, 1968.
- SILVA, S.A.B. **Estudo para utilização do argilominerais das jazidas de gipsita do Araripe (PE) para produção de pigmentos naturais.** 2008. 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Polo gesseiro do Araripe: potencialidades, problemas e soluções.** Relatório do evento. Recife: Sindusgesso, 2003. Disponível em: <http://www.ipa.br/novo/arquivos/paginas/1-Relat%C3%B3rio%20apresenta%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2018.
- SMITHERSAPEX APEX. **The Future of Gypsum:** Market Forecasts to 2026. 2016. Disponível em: <https://www.smithersapex.com/news/2016/february/global-gypsum-market-set-for-growth>. Acesso em: 22 Jan. 2017.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FULFARO, V.J. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. *Bulletin Geological Society of America*, v. 89, p. 181-191, 1978.
- TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS D.A. **Applied Geophysics.** 2.ed. Cambridge: University Press, 1990. 770p.
- THODE, H.G.; MONTER, J. The sulfur isotope abundances in evaporites and in ancient oceans. *In: VINOGRADOV, A.P.* (Ed.) **Proceeding of Geochemical Conference Commemorating the Centenary of Vernadskii's Birth**, 2. Moscow, 1964.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. 1955. The water balance. *In: ATLAS de bacias hidrográficas de Pernambuco. Recife:* Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente, 2006. 104p.
- TUCKER, M.E.; WRIGHT, V.P. **Carbonate sedimentology.** Oxford: Blackwell Scientific, 1990. 482p.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Site institucional.** Washington: USGS, 2017. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gypsum/mcs-2017-gypsu.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2017.
- VEIZER, J.; HOEFS, J. The nature of O¹⁸/O¹⁶ and C¹³/C¹² secular trends in sedimentary carbonate rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 40, p. 1387-1395, 1976.
- WARREN, J. K. **Evaporites:** sediments, resources and hydrocarbons. Berlin: Springer-Verlag, 2006. 1041p.
- WARREN, J.K. **Evaporites and their importance to petroleum exploration:** Manual GL508. Reino Unido: IHRDC, 1992. 230p. Petroleum Geology in the IHRDC video library for exploration and Production Specialists.
- WILSON, J.L. **Carbonate Facies in Geologic History.** Berlin: Springer-Verlag, 1975. 471p.
- YEREMENKO, N.A.; PANKINA, R.G. Variation of the δS³⁴ in the sulfates of modern and ancient marine basins of the Soviet Union. *Geochemistry International*, v. 8, p. 45-53, 1971.

APÊNDICE

LISTAGEM DOS RECURSOS MINERAIS

FOLHA ARARIPINA								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.6656	-40.5146	Araripina	PE	Sítio Lagoa de Dentro	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Lagoa de Dentro I ou Mina do Francês
-7.6686	-40.5246	Araripina	PE	Sítio Lagoa de Dentro	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Lagoa de Dentro II
-7.7305	-40.5138	Araripina	PE	Sítio Lagoa dos Gregórios	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Lagoa dos Gregórios
-7.6692	-40.5572	Araripina	PE	Sítio Minador	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Minador
-7.7112	-40.5528	Araripina	PE	Rancharia - Dist. Bom Jardim do Araripe	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Rancharia (antiga)
-7.6458	-40.7110	Simões	PI	Sítio Olho d'Água (Distrito de Curralinho)	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Sítio Olho d'Água II (Inédito)
-7.6353	-40.7455	Simões	PI	Sítio Boqueirão	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Sítio Boqueirão
-7.6519	-40.7048	Simões	PI	Sítio Lagoa Grande	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Sítio Lagoa Grande (Inédito)
-7.7234	-40.5740	Araripina	PE	Sítio Arrojado	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Arrojado
-7.7272	-40.5392	Araripina	PE	Sítio Varão	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Varão I
-7.7288	-40.5316	Araripina	PE	Sítio Varão	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Varão II (Inédito)
-7.7228	-40.5172	Araripina	PE	1 Km a E da Serra Suposta	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7137	-40.5193	Araripina	PE	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6391	-40.5312	Araripina	PE	3,6 km a NNW de Lagoa de Dentro	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6421	-40.5312	Araripina	PE	3,0 Km a NW de Lagoa de Dentro	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6670	-40.5106	Araripina	PE	Sítio Lagoa de Dentro	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7055	-40.5402	Araripina	PE	2,0 Km a E de Rancharia	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6477	-40.7324	Simões	PI	Sítio Olho d'Água	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Inédito
-7.6857	-40.7421	Simões	PI	1,3 Km a NNW de Curralinho	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6872	-40.7469	Simões	PI	1,7 Km a WNW de Curralinho	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito

FOLHA ARARIPINA								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.7274	-40.7039	Simões	PI	5,0 Km a SE de Curralinho	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7304	-40.6932	Simões	PI	2,0 NE do Serrote da Posse	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6937	-40.7486	Simões	PI	1,6 Km a W de Curralinho	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6644	-40.5209	Araripina	PE	Sítio Lagoa de Dentro	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Lagoa de Dentro IV (Inédito)
-7.6231	-40.5085	Araripina	PE	Sítio Lagoinha	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Lagoinha (Inédito)
-7.6797	-40.5432	Araripina	PE	3,5 Km a NE de Rancharia	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Inédito
-7.6400	-40.5301	Araripina	PE	3,5 Km a SSW do Sítio Inácio	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6677	-40.7294	Simões	PI	Sítio Baixa Grande	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6798	-40.5621	Araripina	PE	Sítio Viramão	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Viramão (Inédito)

FOLHA MORAIS								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.6308	-40.3953	Araripina	PE	Sítio Tamboril	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Tamboril (Inédito)
-7.6903	-40.4068	Araripina	PE	Sítio Sangradouro	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Sangradouro
-7.6836	-40.4594	Araripina	PE	Sítio Coco	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Sítio Coco
-7.7397	-40.4641	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Campo Belo (Sítio Ponta da serra I)
-7.7458	-40.4656	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Campevi / Sítio Ponta da Serra 3 (Inédito)
-7.7475	-40.4719	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Ponta da Serra 4
-7.7389	-40.4629	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Placo /Sítio Ponta da Serra 2 (Inédito)
-7.7445	-40.4608	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Vale do Gesso/ Sítio Ponta da Serra 5 (Inédito)
-7.6969	-40.3001	Trindade	PE	Sítio Baixio Velho	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Baixio Velho (Inédito)
-7.6579	-40.4442	Araripina	PE	Sítio Santo Antônio	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Santo Antônio (Inédito)
-7.6631	-40.4529	Araripina	PE	Sítio Santo Antônio	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Santo Antônio (Inédito)

FOLHA IPUBI								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.7116	-40.2143	Trindade	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Ponta da Serra
-7.7115	-40.2346	Trindade	PE	Fazenda São Jorge	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Fazenda São Jorge
-7.6408	-40.1256	Ipubi	PE	Sítio Escorrego	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Escorrego
-7.6229	-40.0524	Bodocó	PE	Lagoa de Dentro	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Lagoa de Dentro III
-7.6115	-40.0535	Bodocó	PE	Sítio Massapê	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Massapê I
-7.6204	-40.0551	Bodocó	PE	Sítio Massapê	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Massapê II (ou Mina do Borges)
-7.6438	-40.1180	Ipubi	PE	Sítio Batingas	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Batingas
-7.6977	-40.1711	Trindade	PE	Sítio Buracão / Baixas	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Buracão / Baixas
-7.7065	-40.1917	Trindade	PE	Sítio Baixas	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Baixas
-7.7043	-40.2340	Trindade	PE	Sítio Tomás	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Tomás
-7.6297	-40.0859	Bodocó	PE	Sítio Andorinha	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Sítio Andorinha I (Inédito)
-7.6239	-40.0837	Bodocó	PE	Sítio Sombrio	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Sombrio I
-7.6281	-40.0861	Bodocó	PE	Sítio Sombrio	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Sombrio II (Inédito)
-7.7040	-40.2369	Trindade	PE	Sítio Sussuarana	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Sussuarana
-7.7058	-40.2415	Trindade	PE	Sítio Papa Mel I	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Papa Mel I (Inédito)
-7.7048	-40.2411	Trindade	PE	Sítio Papa Mel II	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Papa Mel II (Inédito)
-7.7193	-40.2040	Trindade	PE	Sítio Alto Bonito I	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alto Bonito I
-7.7249	-40.1943	Trindade	PE	Sítio Poço Verde	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Poço Verde
-7.7293	-40.1934	Trindade	PE	Sítio Alto Bonito II	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alto Bonito II
-7.7283	-40.1923	Trindade	PE	Sítio Alto Bonito III	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alto Bonito III (Inédito)
-7.7175	-40.1905	Trindade	PE	Sítio Alto Bonito IV	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alto Bonito IV
-7.7358	-40.1925	Trindade	PE	Sítio Boa Esperança (Cava 1)	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Boa Esperança I (Inédito)
-7.7421	-40.1967	Trindade	PE	Sítio Boa Esperança (Cava 2)	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Boa Esperança II (Inédito)
-7.7167	-40.1885	Trindade	PE	Faz. Ausente (Área C)	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Faz. Ausente (Área C)
-7.7252	-40.1882	Trindade	PE	Faz. Ausente (Área R)	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Faz. Ausente (Área R)

FOLHA IPUBI								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.7281	-40.1863	Trindade	PE	Sítio Alegre I	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alegre I (Inédito)
-7.7292	-40.1852	Trindade	PE	Sítio Alegre II	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Alegre II (Inédito)
-7.6206	-40.0494	Bodocó	PI		Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Inédito
-7.7138	-40.2187	Trindade	PE	Sítio Casa de Pedra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Casa de Pedra (Inédito)

FOLHA SIMÕES								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.6779	-40.7609	Simões	PI	Cerca de 3,2 km S de Retiro de Baixo	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7246	-40.7819	Simões	PI	SW do Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7181	-40.7772	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6818	-40.7579	Simões	PI	Cerca de 3,2 km S de Retiro de Baixo	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6825	-40.7563	Simões	PI	Cerca de 3,2 km S de Retiro de Baixo	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6823	-40.7546	Simões	PI	Cerca de 3,2 km S de Retiro de Baixo	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.5937	-40.8554	Simões	PI	Sítio Galiza	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7167	-40.7795	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7158	-40.7747	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7136	-40.7708	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7131	-40.7599	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7152	-40.7816	Simões	PI	Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7238	-40.7846	Simões	PI	SW do Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7283	-40.7869	Simões	PI	SW do Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7341	-40.7847	Simões	PI	SW do Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7420	-40.7906	Simões	PI	SW do Sítio Curtume	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.6917	-40.7653	Simões	PI	Cerca de 3,2 km S de Retiro de Baixo	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito

FOLHA CURRAL NOVO DO PIAUÍ								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA CADASTRO
-7.7842	-40.8350	Curral Novo do Piauí	PI	2,5 Km W do Sítio Cabaceira	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7956	-40.8402	Curral Novo do Piauí	PI	3,4 Km SW W do Sítio Cabaceira	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7836	-40.8254	Curral Novo do Piauí	PI	1,5 Km W do Sítio Cabaceira	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7877	-40.8326	Curral Novo do Piauí	PI	2,3 Km WSW do Sítio Cabaceira	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7873	-40.8118	Curral Novo do Piauí	PI	0,3 Km S do Sítio Cabaceira	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Inédito
-7.8065	-40.8432	Curral Novo do Piauí	PI	4,2 Km SW do Sítio Cabaceira	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.7802	-40.7701	Curral Novo do Piauí	PI	Lagoa das Piranhas	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Lagoa das Piranhas
-7.9967	-40.7855	Betania do Piauí	PI	Sítio Curitiba	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Ocorrência	Milhã ou Curitiba (Inédito)
-7.7755	-40.8133	Curral Novo do Piauí	PI	Sítio Cabaceira	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Cabeceira
-7.7543	-40.7895	Simões	PI	5 Km SE de Belmonte	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito

FOLHA MONTE SANTO								
LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.8500	-40.5958	Simões	PI	Baixa dos Bernado	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	
-7.7911	-40.5996	Araripina	PE	Sítio Canastra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Inédito
-7.8201	-40.5418	Simões	PI	4,3 Km NW do Sítio Beleza	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.8297	-40.5522	Simões	PI	4,3 Km NW do Sítio Beleza	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.8417	-40.5894	Simões	PI	8,3 Km NW do Sítio Beleza	Minério de ferro	Metais ferrosos	Ocorrência	Inédito
-7.9078	-40.6964	Curral Novo do Piauí	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.9068	-40.6922	Curral Novo do Piauí	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.9074	-40.6889	Curral Novo do Piauí	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.9042	-40.6831	Simões	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.8837	-40.6904	Simões	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.8796	-40.6834	Simões	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)
-7.8891	-40.6888	Simões	PI	Massapê / Manga Velha	Minério de ferro	Metais ferrosos	Depósito	Massapê / Manga Velha (Inédito)

FOLHA TRINDADE

LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	UF	LOCAL	SUBSTÂNCIA PRINCIPAL	CLASSIFICAÇÃO UTILITÁRIA	GRAU DE IMPORTÂNCIA	NOME DA MINA (CADASTRO)
-7.7758	-40.4856	Araripina	PE	Sítio Soares	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Soares
-7.7645	-40.4944	Araripina	PI	Sítio Buenos Aires	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Soturno (Inédito)
-7.7518	-40.4699	Araripina	PE	Sítio Ponta da Serra	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Ponta da Serra 6(Inédito)
-7.7658	-40.4965	Araripina	PE	Sítio Buenos Aires	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Mina Padrinho Roque (Inédito)
-7.7635	-40.4123	Araripina	PE	Sítio Arueira	Gipsita	Rochas e minerais industriais	Depósito	Sítio Arueira (Inédito)

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Rochas e Minerais Industriais, nº 25

PROJETO GIPSITA NO SUDOESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

O produto Informe de Recursos Minerais, parte integrante do Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral, objetiva sistematizar e divulgar os resultados das atividades e projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, nos campos da geologia econômica, metalogênese, prospecção, pesquisa e economia mineral. Tais resultados são apresentados sob a forma de estudos, artigos, relatórios e mapas.

Este informe apresenta um diagnóstico abrangendo o setor mineral, com destaque para aspectos como gênese, o potencial do insumo mineral, exploração, oferta e demanda. Ao levantar dados que permitem ampliar essa atividade de forma sustentável, fornece subsídios para minimizar o impacto ambiental que a atividade poderá provocar.

A execução do projeto contou com a caracterização tecnológica das fácies da gipsita, com ensaios de química de óxidos e elementos traços, difração de raios X, análises isotópicas e petrográficas. Além do emprego de técnicas geofísicas para inferir o arcabouço da bacia na área.

Este produto auxilia como instrumento para formulação de políticas públicas e na atração de investimentos no setor mineral, fator importante para a manutenção do crescimento econômico, renda e desenvolvimento social à luz da sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

Este Informe Mineral está disponível para *download* no portal www.cprm.gov.br.

Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra 02,
Asa Norte Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel: 61 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

Departamento de Geologia

Tel: 91 31821326

Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

Superintendência de Recife

Avenida Sul, 2291 - Afogados
Recife - PE - CEP: 50770-011
Tel.: 81 3316-1400

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 2108-8468
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0333
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997
E-mail: seus@cprm.gov.br



www.cprm.gov.br