



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IGEO)
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(BACHARELADO EM GEOLOGIA)

**MAPEAMENTO MINERALÓGICO POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DOS
SEDIMENTOS DE FUNDO DO PARQUE MUNICIPAL MARINHO DO
RECIFE DE FORA, PORTO SEGURO, BAHIA**

MAURO GUSSANE BENEDICTO JUNIOR

ORIENTADOR: JOSÉ CARLOS SÍCOLI SEOANE (D.Sc., UNICAMP, BRASIL, 1999)

CO-ORIENTADORA: RENATA CAROLINA M. ARANTES (M. Sc., UFRJ/MUSEU NACIONAL, 2006)

RIO DE JANEIRO, 14 DE ABRIL DE 2011.

(BRASIL)

DEDICATÓRIA

“AO MEU PAI, BATALHADOR CORAJOSO E INIGUALÁVEL AMIGO E A MINHA MÃE. GRAÇAS A ELES ESTOU AQUI NESSE DIA.”

“A MINHA NAMORADA QUE ME APOIOU MUITO NESSES ÚLTIMOS DOIS ANOS.”

“A MINHA PAIXÃO EM FORMA FELINA. DE INCRÍVEL BELEZA E CARISMA, SEU NOME REMETE UM DOS MINERAIS MAIS RESISTENTES E LINDOS, DE DUREZA NOVE (GRUPO DO CORÍNDON), SAFIRA.”

“A MINHA OUTRA QUERIDA GATINHA QUE INFELIZMENTE NÃO PÔDE COMPARTILHAR ESTE MOMENTO. RAJINHA, UM EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO ESPELHADO NOS OLHOS DO TIGRE.”

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Mauro Gussane Benedicto, incrível guerreiro que batalhou muito na vida e o faz até hoje. E agradeço a minha mãe, Regina Coeli Silva Bariatti. Sem eles, eu não chegaria até aqui.

Ao D. Sc. José Carlos Sícoli (Cainho) que não foi apenas um grande professor, chefe e orientador, mas um amigo que pude contar o tempo todo.

Ao D. Sc. Julio Cezar Mendes que foi um grande professor e amigo ao longo de toda a minha trajetória.

A D. Sc. Cícera Neysi que não só me ajudou em diversos momentos da faculdade, como foi uma grande amiga.

Ao D. Sc. Leonardo Borghi que foi muito solícito e atencioso em todos os momentos que precisei, desde dúvidas em aulas até momentos mais críticos.

A D. Sc. Andrea Ferreira Borges que foi uma pessoa que me acrescentou muito. Nunca negava nenhum tipo de auxílio por mais simples que este fosse.

A D. Sc. Valesca Eilert, minha primeira chefe no departamento e uma pessoa que me ensinou muito, sempre muito solícita.

A toda equipe PRORAD que conheci ao longo da minha história nesse projeto. Desde os mais antigos, Dandara David, Mário Martins e Thays Fidalgo, até os mais recentes, Fábio Lamm e Vitor Carreira.

A M. Sc. Antonieta Middea que foi muito solícita e gentil no auxílio da elaboração deste trabalho.

A M. Sc. Renata Arantes por sua dedicatória ao projeto e interesse por este estudo.

Ao D. Sc. Reiner Neumann pelo auxílio, nos permitindo utilizar as instalações do CETEM.

Ao Técnico em Geologia do CETEM, Josimar Lima pelo auxílio na preparação das amostras.

A aluna de Geologia da UFRJ, Danielle Siqueira por ser extremamente solícita quando precisei.

A aluna de Geologia da UFRJ, Camila Roland que foi muito companheira nos tempos de aluno e muitas vezes me socorreu em momentos críticos.

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

MAPEAMENTO MINERALÓGICO POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO PARQUE MUNICIPAL MARINHO DO RECIFE DE FORA, PORTO SEGURO, BAHIA

Trabalho de conclusão de curso de graduação em geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, prédio CCMN, do Instituto de Geociências, Departamento de Geologia apresentado como requisito para obtenção do grau de bacharel em geologia:

Orientador: José Carlos Sícoli Seoane (D.Sc., UNICAMP, Brasil, 1999)

Co-orientadora: Renata Carolina M. Arantes (M. SC., UFRJ/MUSEU NACIONAL, 2006)



Aprovada em: ____ / ____ / ____

Por:

D. Sc. José Carlos Sícoli Seoane (Orientador)

D. Sc. Julio Cezar Mendes

M. Sc. Antonieta Middea

M. Sc. Renata Carolina M. Arantes (Co-orientadora)

RIO DE JANEIRO, 14 DE ABRIL DE 2011.

(BRASIL)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise das associações mineralógicas presentes nos sedimentos de fundo do Parque Municipal Marinho do Recife de Fora, Bahia, a partir de 15 pontos de amostragem ao redor do recife. Para tanto, se utilizou da técnica difração de raios-X, onde a interpretação gráfica de cada um dos difratogramas pôde gerar dados de distribuição mineralógica e sua associação. Estes foram comparados aos mapas de tipo de fundo e percentual de areia. Associados estes dois últimos a batimetria do recife, dividiu-se o parque em cinco áreas com predominância mineralógica e de tipo de fundo para cada uma. Foram elas: área noroeste com predomínio de calcita e caolinita, e sedimento e grama; área centro-oeste com predomínio de aragonita e calcita magnesiana, e predomínio de corais; área sudoeste com predomínio de muscovita, caolinita e gibbsita, e sedimentos, grama, corais e algas calcárias; área central com predomínio de calcita magnesiana e aragonita, e corais e macroalgas; área leste com predomínio de quartzo, e algas calcárias.

ABSTRACT

This study aimed to undertake an analysis of these mineral associations in bottom sediments of the Parque Municipal Marinho do Recife de Fora, Bahia, from 15 sampling points around the reef. For this, we used the technique of X-ray diffraction, where the diagram interpretation of each of the diffraction patterns could generate mineralogical data distribution and its association. These were compared to maps of bottom type and percentage of sand. Associated these latter two to the bathymetry of the reef, the park was divided into five areas with predominant mineral type and bottom type for each one. They were: the northwest area with a predominance of calcite and kaolinite, and sediment and grass; western central area with a predominance of aragonite and magnesian calcite, and a predominance of corals; southwest area with a predominance of muscovite, kaolinite and gibbsite, and sediments, grass, corals and coralline algae; central area with a predominance of magnesian calcite and aragonite, and corals and macroalgae; east area with a predominance of quartz and calcareous algae.

ÍNDICE

1. Introdução.....	9
2. Objetivos.....	9
3. Localização e acesso.....	10
4. O Projeto Coral Vivo.....	12
5. Caracterização ambiental do recife.....	15
5.1. Fisiografia.....	15
5.2. Morfologia.....	15
5.3. Clima e oceanografia.....	17
5.4. Tipo de cobertura de recife / tipo de fundo.....	19
5.5. Análise granulométrica.....	24
5.6. Minerais comuns na plataforma carbonática.....	26
5.6.1. Aragonita.....	26
5.6.2. Calcita.....	26
5.6.3. Calcita-Mg.....	27
5.7. Mudanças climáticas e recifes brasileiros.....	27
6. Geologia da área.....	28
6.1. Variações do nível relativo do mar durante o Quaternário.....	28
6.2. História geológica dos Recifes Brasileiros.....	30
6.3. Geologia Local.....	30
7. A difração de raios-X.....	34
7.1. Introdução.....	34
7.2. Lei de Bragg.....	36
7.3. Espalhamento de raios-X por um cristal.....	37
7.4. Identificação de fases cristalinas.....	39

8. Metodologia de trabalho.....	40
8.1. Coleta.....	40
8.2. Preparação das amostras.....	43
8.2.1. Peneiramento (2,0mm).....	43
8.2.2. Secagem.....	45
8.2.3. Desagregamento.....	46
8.2.4. Quarteamento.....	47
8.2.5. Pesagem.....	48
8.2.6. Pulverização.....	49
8.2.7. Pulverização manual.....	50
8.2.8. Suporte da amostra.....	52
9. Análise difratométrica.....	55
10. Resultados e Discussão.....	73
10.1. Composição mineralógica (Mapas)	73
10.2. Comparação com distribuição dos tipos de fundo mapeados.....	85
10.3. Comparação com a distribuição do percentual de areia.....	87
11. Conclusão e recomendações.....	89
11.1. Mapa de associação mineralógica.....	90
11.2. Mapa de tipos de fundo.....	93
11.3. Sugestões para continuidade do estudo.....	95
12. Referências bibliográficas.....	96

1. Introdução

Em equivalência a florestas tropicais, apesar de localizados no mar, os recifes de corais são de grande importância para o homem, pois não só tem grande utilidade industrial, na indústria farmacológica por exemplo, como protegem regiões costeiras da ação do mar e funcionam como criadouros, renovando grandes estoques de peixes e funcionando como um ecossistema de enorme diversidade biológica. Pensando nisso, foi estabelecida uma parceria com a Petrobrás, que a partir de 2007 começou dar resultados muito importantes, com o início do levantamento de dados pelo Projeto Coral Vivo, num recife localizado na zona litorânea de Porto Seguro, Bahia, que constitui o Parque Municipal Marinho do Recife de Fora, criado em 1997.

O Projeto Coral Vivo (2006-2010) realizou a partir de 2007 o mapeamento físico e biológico completo do Recife de Fora, incluindo análises sedimentológicas, tais como granulométricas, mineralógicas e análise de foraminíferos, além outros dados de vital importância, como mapa batimétrico, de percentual de carbonatos e de caracterização ambiental do recife.

2. Objetivos

Os objetivos básicos do Projeto Coral Vivo com esse trabalho (www.coralvivo.org.br) são estudar ambientes recifais brasileiros de forma multidisciplinar, realizando ações para geração de conhecimento, ensino e educação, além de sensibilizar e mobilizar a sociedade para conservação e uso sustentável dos recifes de corais.

Este trabalho tem como objetivo a interpretação qualitativa de minerais no ambiente recifal de Recife de Fora, Porto Seguro, Bahia. Baseado em análise mineralógica em difratômetro de raios X, este tipo de estudo é pioneiro em ambientes recifais do Brasil. A partir dos difratogramas de amostras de pontos bem distribuídos no recife foi possível interpretar a mineralogia da área, a inter-relação dos minerais carbonáticos e discutir a presença de minerais terrígenos.

Estes dados serão confrontados com outros já existentes, como com a geologia local, realizada pelo Serviço Geológico da Bahia, a caracterização ambiental do recife, do Projeto Coral Vivo, a análise granulométrica e uma ampla bibliografia sobre os minerais comuns na plataforma carbonática.

3. Localização e acesso

Situado no município de Porto Seguro, Bahia, o Parque Municipal Marinho do Recife de Fora (PMMRF), foi criado pela Lei nº 260/97, 16 de dezembro de 1997. A área do Parque é de cerca de 17,5 km², sendo aproximadamente 5,56 km X 3,1 km (paralelo e perpendicular à linha de costa respectivamente), entre as latitudes 16°23'S e 16°26'S e entre as longitudes 039°00'W e 038°58'W. Ao longo do litoral norte de Porto Seguro, o Parque Municipal Marinho de Recife de Fora só pode ser acessado via terrestre até a referida cidade pela BR – 367. Depois, o trajeto tem que ser feito de barco, cerca de 6 km (Figuras 1 e 2).

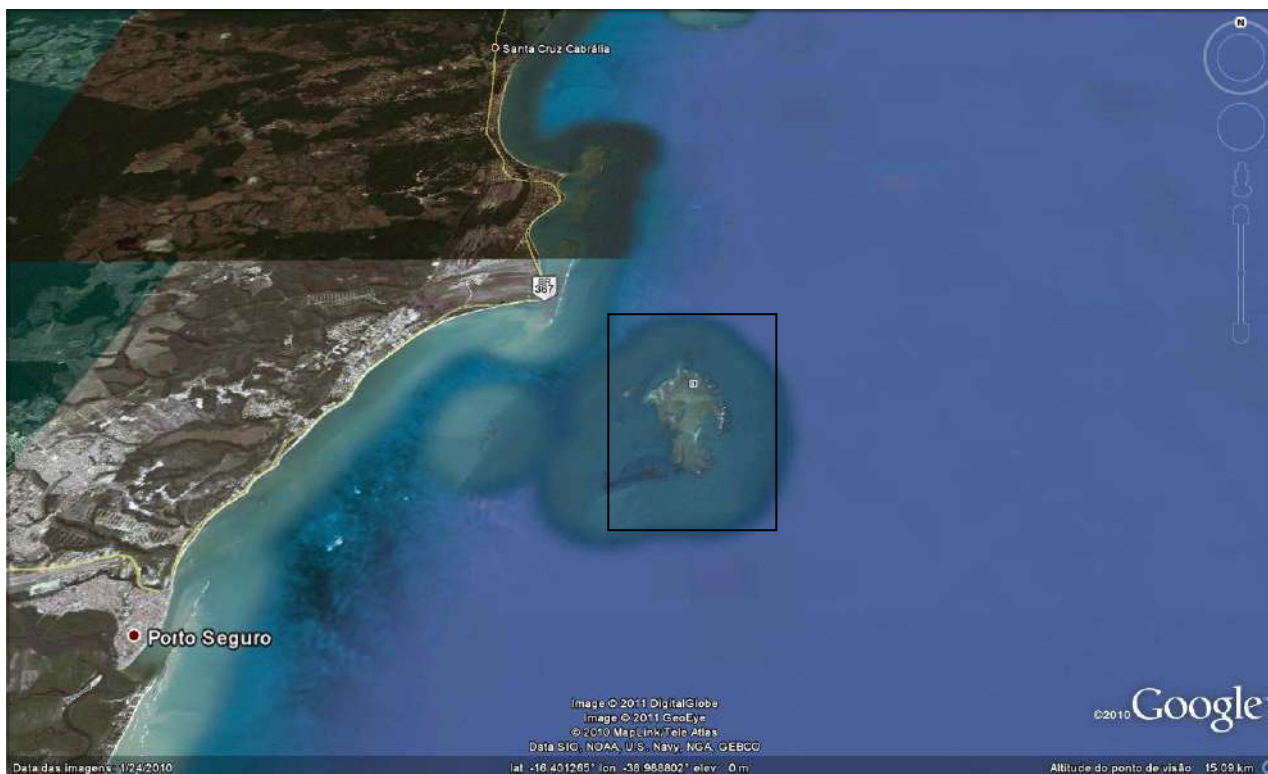


Figura 1: Localização do Parque Municipal do Recife de Fora. (Fonte: Google Earth)

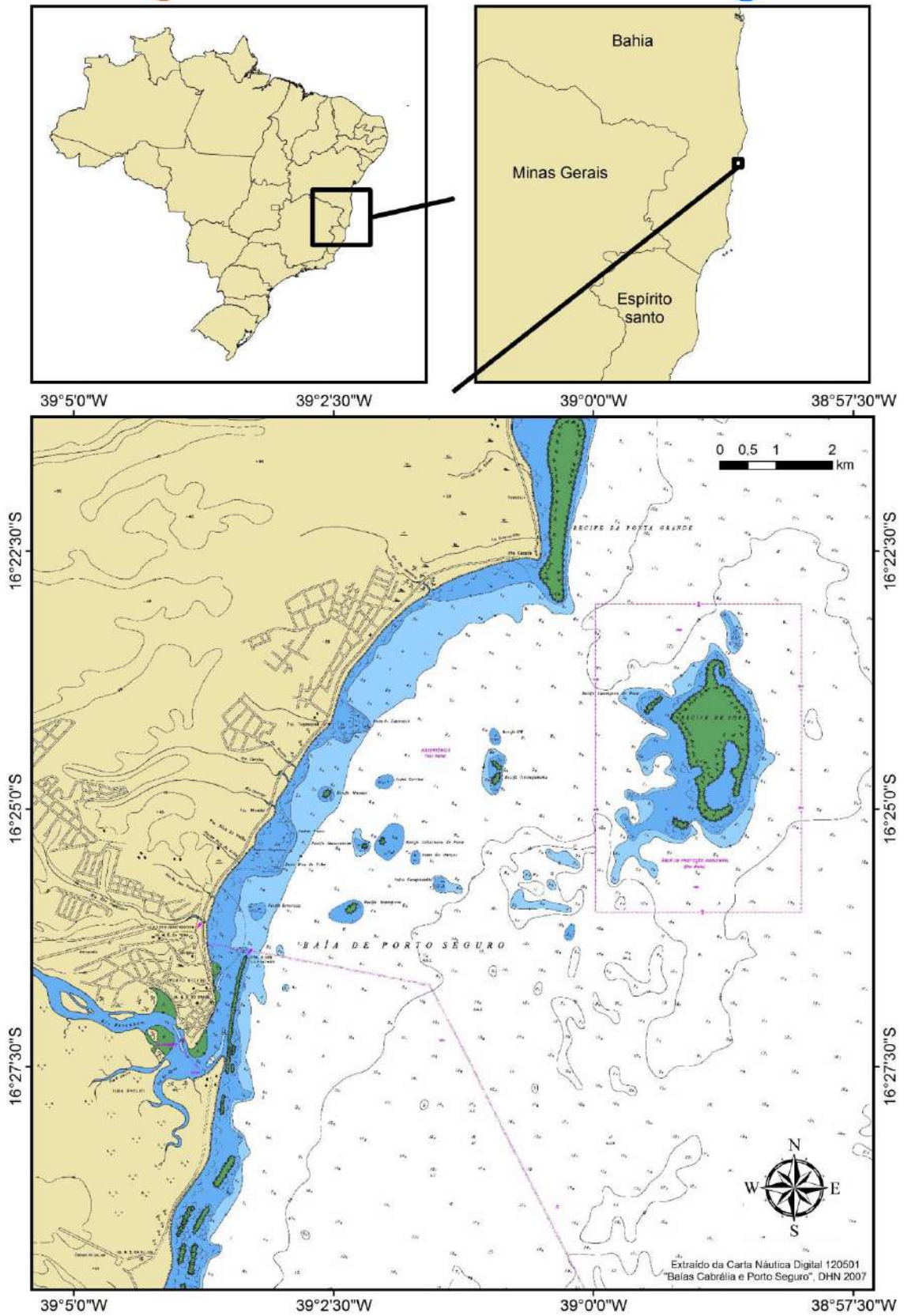


Figura 2: Localização do Parque Municipal do Recife de Fora sobre a carta náutica.

(Fonte: Seoane *et al.*, 2008)

4. O projeto Coral Vivo

Segundo Seoane *et al* (2008), recifes são ecossistemas marinhos que equivalem a florestas tropicais no mar. O Brasil possui os únicos recifes de corais da região do Atlântico Sul, abrangendo desde a costa do Maranhão ao extremo sul da Bahia, sendo esta área a mais rica biodiversidade de corais do Atlântico Sul. Esses tipos de recife são de extrema importância para o homem, já que protegem as regiões costeiras da ação do mar. Além disso, funcionam como criadouros de peixes, renovando estoques, fornecem matéria prima para pesquisas farmacológicas e são de grande importância no turismo.

No Brasil, o manejo de recursos recifais ainda é um desafio. Existem poucos dados e resultados escassos sobre este tema. O Projeto Coral Vivo tem como missão realizar ações de pesquisa e educação para a conservação e sustentabilidade dos recifes de coral do Brasil, englobando mobilização social, educação ambiental, desenvolvimento tecnológico e científico e capacitação de agentes multiplicadores de suas ações. O financiamento do Projeto foi aprovado em 2006 pela Petrobrás e o início do levantamento de dados começou em 2007. Foram elaborados sete relatórios técnicos, tendo fim os investimentos em 2009.

Este recife, de cerca de 17,5 km², localizado no litoral norte de Porto Seguro apresenta grande visitação turística, sendo ideal para se criar um modelo de aplicação do conhecimento para gestão de unidades de conservação.

O objetivo do Projeto foi identificar diferentes tipos de habitats neste Parque Municipal através da integração de dados físicos (sedimentológicos, geomorfológicos e batimétricos), químicos (mineralogia, teor de carbonato e matéria orgânica), biológicos (fauna, flora e foraminíferos) e ambientais (vento, temperatura da água e visibilidade) através de levantamento de dados de campo, mergulhos, técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A seguir são mostrados, Figura 3, os mapas de batimetria e percentual de carbonatos, que são exemplos de dados levantados pelo projeto.

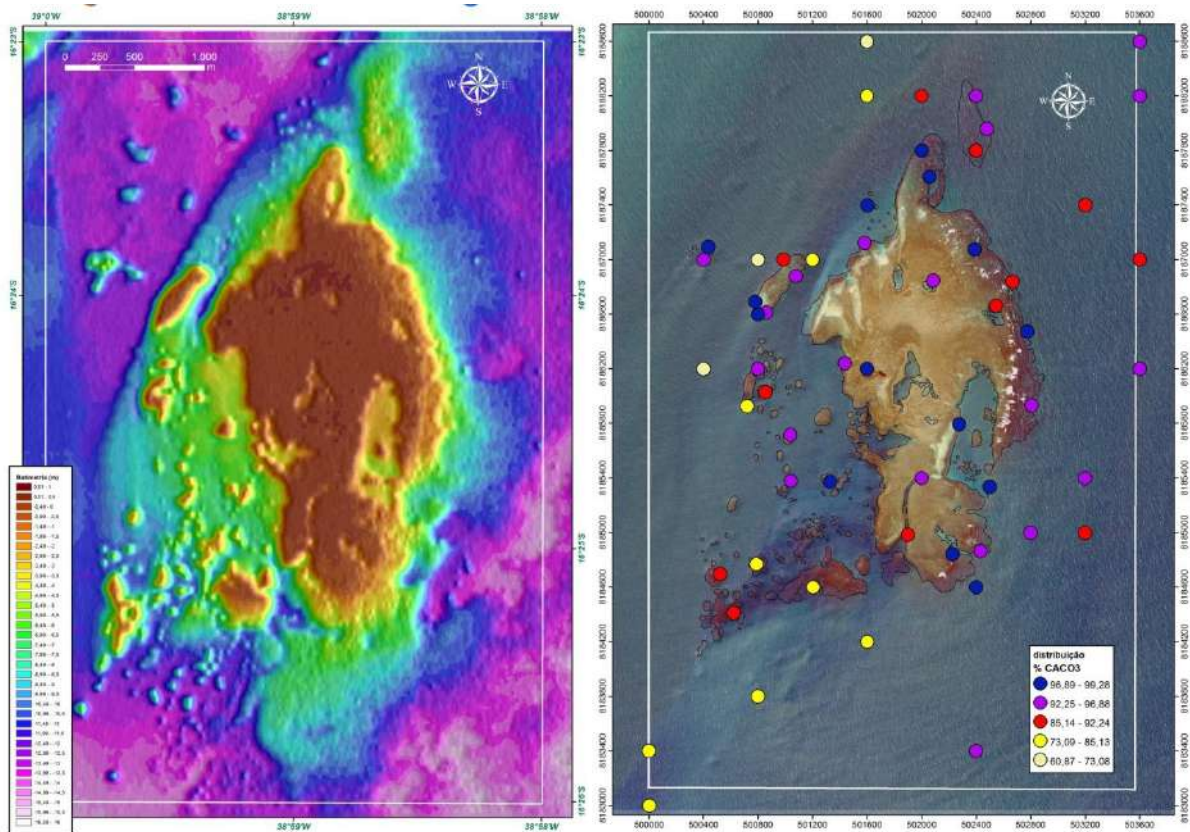


Figura 3: Mapa batimétrico (esq.) e de % de carbonatos (dir.). (Fonte: Seoane *et al.*, 2010a)

Como parte do projeto, está programada a coleta de 234 amostras de sedimento de fundo, tendo sido até o momento coletadas 141 amostras. Destas, 15 amostras foram selecionadas por sua distribuição espacial para caracterização mineralógica, sendo utilizadas neste trabalho: 42, 44, 47, 50, 71, 74, 79, 85, 122, 126, 144, 150, 163, 209 e 219, cuja localização no recife aparece ilustrada na Figura 4. Apesar de parecer pouco, foram 15 amostras em uma área de 17,5 km², resultando em uma média de 0,86 amostras/km², quase uma amostra por quilometro quadrado.

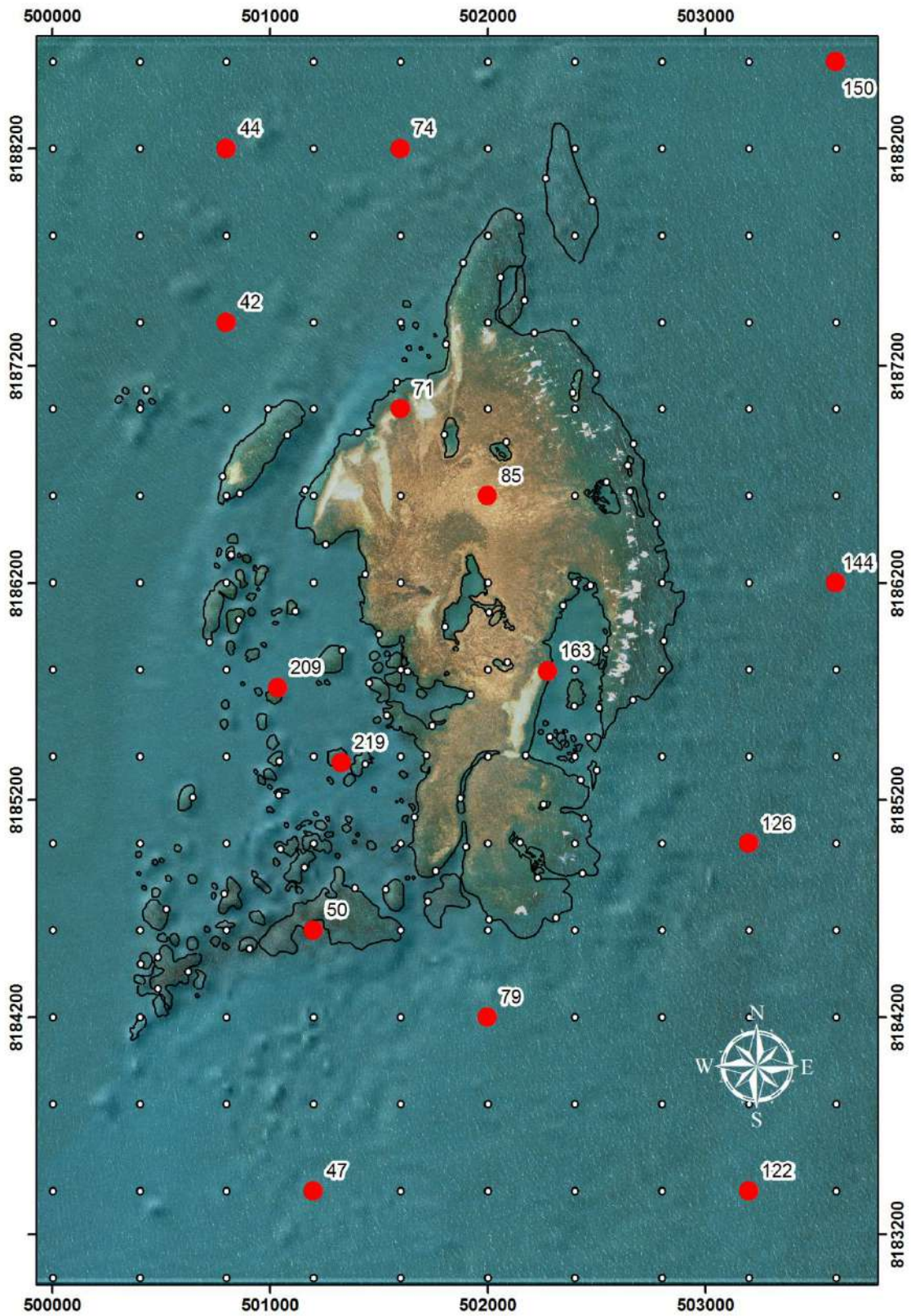


Figura 4: Mapa de distribuição das amostras estudadas neste trabalho.

5. Caracterização ambiental do recife

5.1 Fisiografia

O Recife de Fora está situado a cerca de 7km de Porto Seguro, Bahia, entre os paralelos 16° 23' 30" e 16° 25' 06" e entre os meridianos 38° 58' 30" e 38° 59' 18. A área do recife é de cerca de 17,5km² e a profundidade ao longo do recife pode chegar a 20m. Na região centro-sul do recife existe uma grande piscina natural, conhecida como poço Taquaruçu, além de diversas outras piscinas de menor porte distribuídas ao longo do recife. De especial interesse, a piscina é utilizada para visitação turística (Figura 5). Algas coralíneas e foliáceas ocorrem em abundancia, sendo que a distribuição destas pode formar agregados em alguns pontos. A fauna, constituída de grande biodiversidade de animais, tanto no nécton (peixes) quanto no benton (poríferos, cnidários, poliquetos, moluscos, crustáceos equinodermos dentre outros). (Cerqueira, 2002 *apud* Bruno *et al*, 2009).

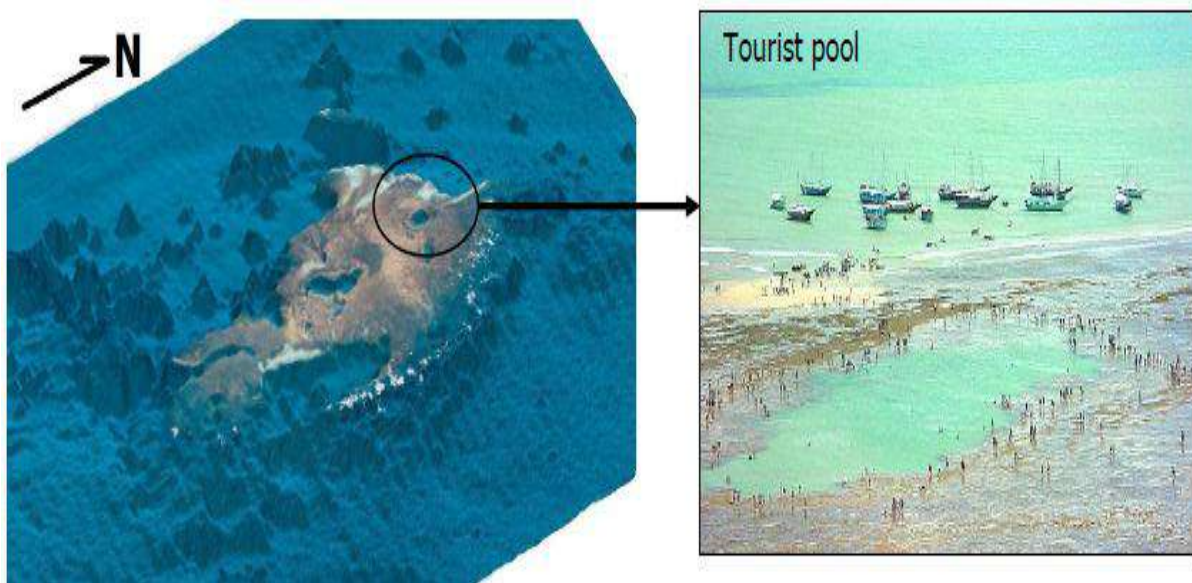


Figura 5: Piscinas naturais do Recife de Fora. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010b)

5.2 Morfologia

Sob o ponto de vista da geomorfologia, um recife de coral é uma estrutura rochosa, rígida, resistente à ação mecânicas das ondas e correntes marinhas, construídas por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcárioo (Leão, 1994 *apud* Castro, 1997).

Em geral, o termo “de coral” é utilizado devido ao papel preponderante que esses organismos apresentam em recifes diversos ao redor do planeta (Castro, 1997).

Sob o ponto de vista biológico, recifes de coral são formações criadas a partir da ação de comunidades de organismos genericamente denominado de corais. Apesar da estrutura básica de recifes biogênicos ser composta do acumulo de esqueletos calcários destes animais, para sua formação é necessária uma atuação em conjunto de uma infinidade de seres, formando uma complexa “teia” de associações e eventos sucessivos. Em alguns recifes, incluindo do Brasil, o crescimento de outros organismos, por exemplo das algas calcarias, pode assumir uma relevância maior que a dos próprios corais (Kikuchi & Leão, 1997).

Existe um tipo de alga unicelular que vive em simbiose com os corais, as zooxantelas. Estas são responsáveis pelo desenvolvimento de muitos corais em águas tropicais pobre em nutrientes. Desenvolvem-se absorvendo o dióxido de carbono liberado pelos corais e fornecem nutrientes aos mesmos. O incremento na produção de esqueleto associado a presença das zooxantelas é considerado um dos principais fatores que restringem a presença de recifes de coral a baixas profundidades, que em geral não ultrapassa 50 metros. Isto se deve porque as algas precisam de luz para realizar a fotossíntese. E, tendo em vista que a quantidade de luz decresce à medida que a profundidade aumenta, chegará num nível que a coluna de água vai bloquear completamente a passagem de luz, inibindo o processo de fotossíntese. Outro fator determinante é a temperatura da água. Em geral, recifes de corais se adaptam melhor em áreas de temperatura elevada, como em áreas tropicais com correntes de águas quentes, que é o caso da costa brasileira, por exemplo (Castro, 1997).

Falésias esculpidas nos sedimentos do Grupo Barreiras (Terciário) delimitam a parte interna da planície quaternária costeira entre Porto Seguro e Ponta Grande (Martin *et al.* 1980 *apud* Bruno *et al.*, 2009). O Rio Buranhém, que desemboca a sul da cidade de Porto Seguro (Figura 6), apresenta uma vazão média histórica de 28,88 m³/s (SRH, 1997 *apud* Bruno *et al.*, 2009).



Figura 6: Geomorfologia do Recife de Fora. (Fonte: Seoane *et al.* 2010b)

5.3 Clima e Oceanografia

A precipitação média anual na localidade é de cerca de 1400 mm/ano, que varia desde níveis próximos a 1000 mm, em sua porção mais ocidental, até níveis superiores a 1600 mm, próximos à cidade de Porto Seguro (CEPLAC, 1976 *apud* Bruno *et al*, 2009).

As menores temperaturas observadas em Porto Seguro se concentram nos meses de julho a setembro, com valor médio de 20,2 °C, enquanto que as temperaturas mais elevadas acontecem em fevereiro, com média de 25,1 °C (CEPLAC, 1976 *apud* Bruno *et al*, 2009).

O regime de ondas desta região consiste em frentes de onda vindas de leste (N090°), nordeste (N045°), sudeste (N135°) e sul-sudeste (N157°), que correspondem às principais direções dos ventos que chegam a esta faixa costeira (Martin *et al.*, 1998). Com frequências percentuais anuais de, respectivamente, 35%, 31%, 21% e 13% (DHN, 1993). Essas frentes de onda apresentam segundo U. S. Navy (1978), período de 5,0s e altura de 1,0m em alto mar para as duas primeiras, e período de 6,5s e altura de 1,5m em alto mar para as duas últimas. As ondas vindas de nordeste predominam durante os meses de primavera e verão, as de sudeste e sul-sudeste durante os meses de outono e inverno e as de leste são bem distribuídas durante todo o ano (Iracema Reimão Silva / Revista de Gestão Costeira Integrada 8 (2):47-60, 2008).

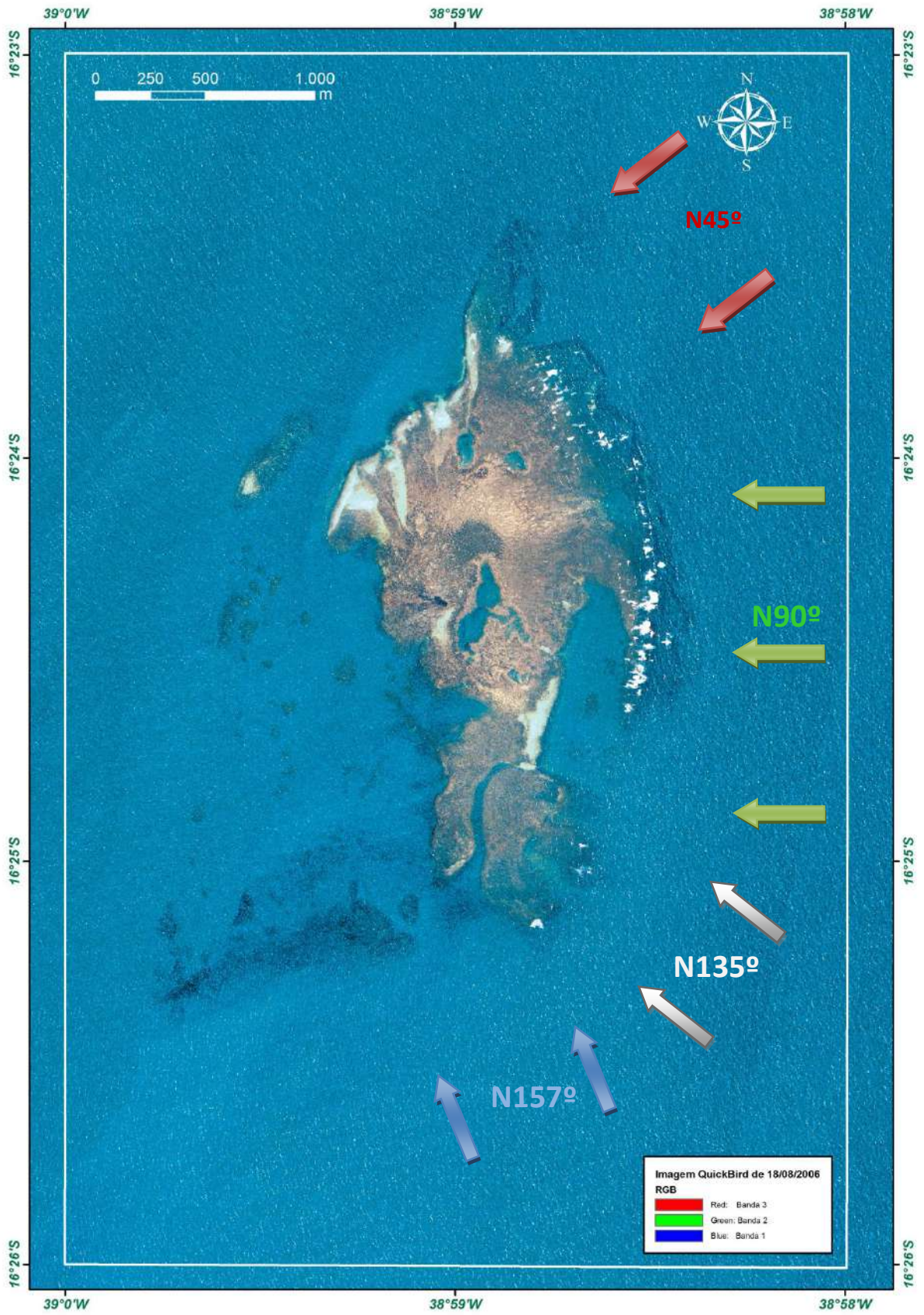


Figura 7: Imagem Quickbird do Recife de Fora com as correntes que atuam no recife.

(Adaptado de Seoane *et al.* 2010 b)

5.4 Tipo de cobertura de recife / tipo de fundo

Segundo interpretação dos mapas do tipo de fundo (Figura 8), a área pode ser dividida em cinco, que praticamente coincidem com a linha divisória da batimetria, o que será melhor explicado no item resultados e conclusão.

A de maior abrangência, o litoral leste do recife, é que está submetido à maior energia do sistema, pois sofre grande influência do regime de ondas e da deriva litorânea. Nesta predomina macroalgas e algas carbonáticas (Figura 12) e, em menor escala, grama e sedimentos.

Adjacente a área acima, temos a área central que engloba praticamente toda a área central do recife. Apresenta os corais mais resistentes, já que ocorre um longo período do dia exposta ao sol e a noite sob influência de marés. Nela predomina Coral (Figura 9) e sedimentos (Figura 10). Em escala menos representativa ocorrem gorgônias (Figura 13), zoantídeos (Figura 14), grama (Figura 11) e macroalgas.

A noroeste do recife ocorre uma área que também sofre grande influência da deriva litorânea e praticamente não preserva corais. Predominam grama e sedimentos. Em menor escala, corais e algas carbonáticas.

A porção centro-oeste do recife é a mais protegida da ação das ondas e da deriva litorânea, sendo considerada a área de menor energia de todo o recife. Nela predominam os corais com mais forma e menor resistência, além de sedimentos. Numa menor escala, gorgônias, zoantídeos e grama.

O sudoeste do recife também está mais influenciado da deriva litorânea, dificultando a preservação de corais. Predominam macroalgas e sedimentos e, em menor escala, corais.

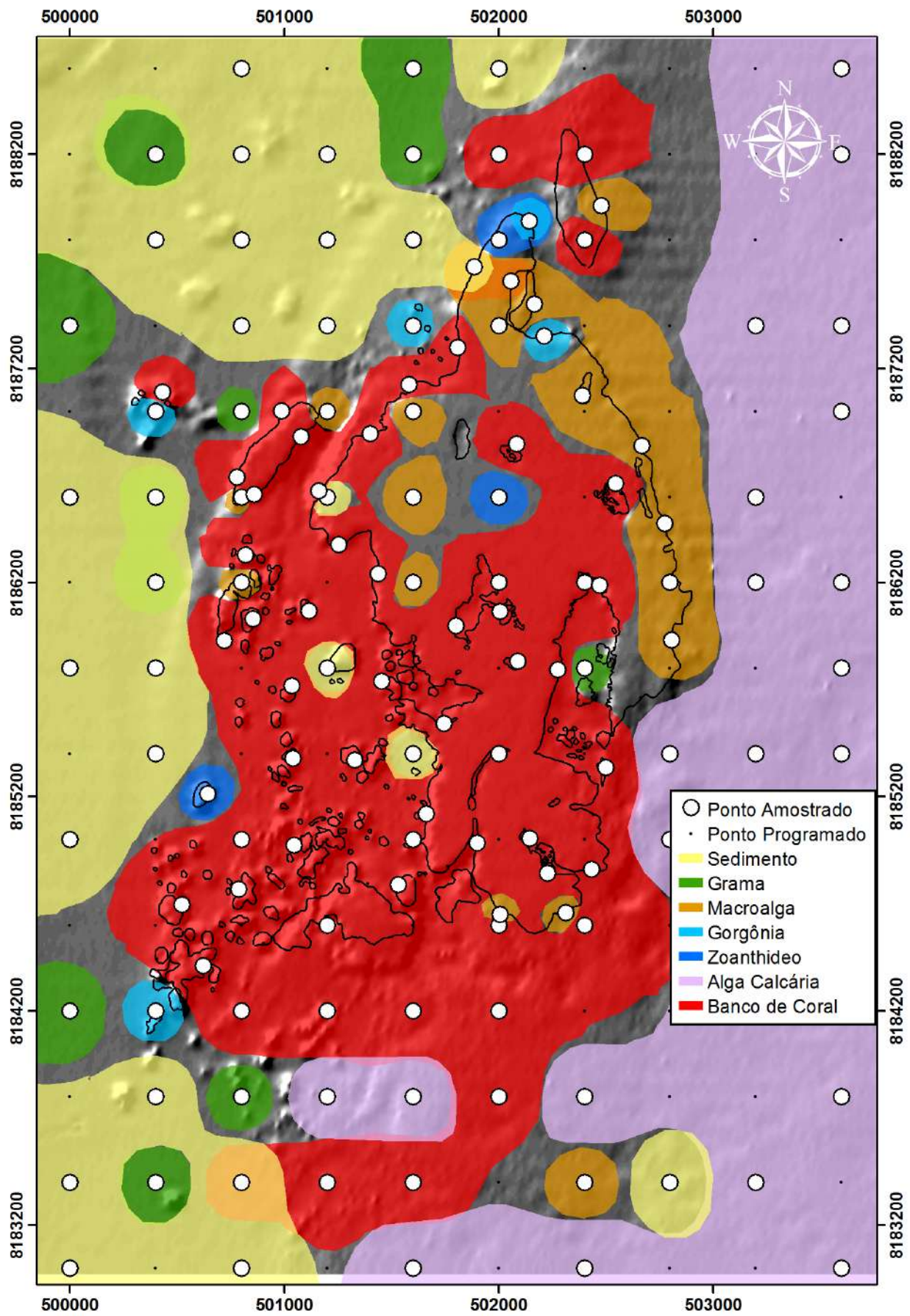


Figura 8: Tipo de cobertura de recife e tipo de fundo marinho.



Figura 9: Exemplo de coral de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)

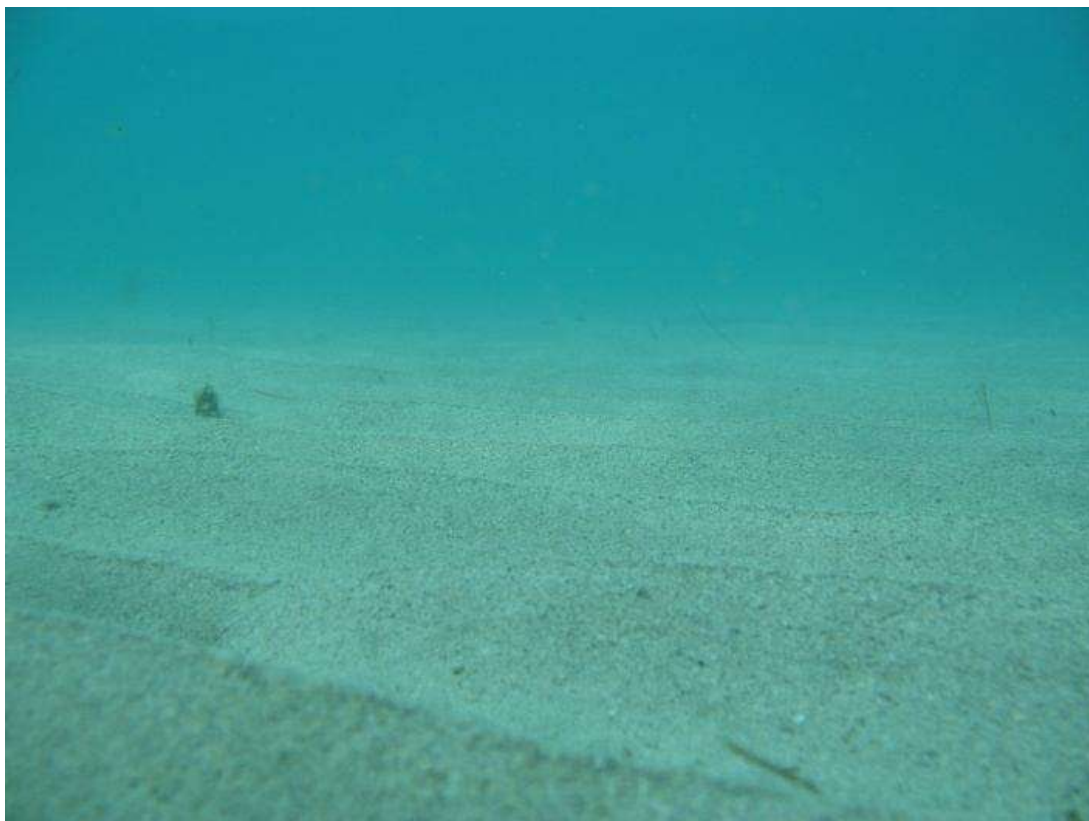


Figura 10: Sedimentos de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)



Figura 11: Grama de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)



Figura 12: Algas de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)

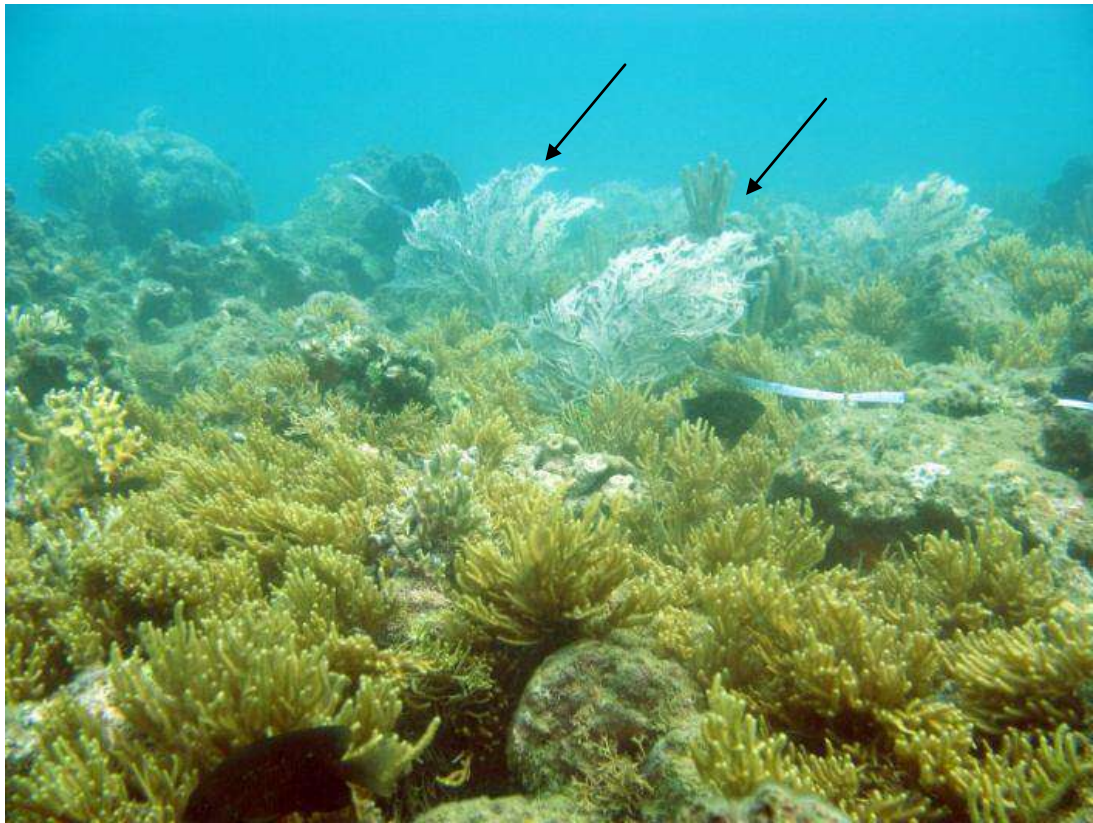


Figura 13: Gorgônias de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)



Figura 14: Zoantídeos de fundo marinho. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)

5.5 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi extraída e adaptada da Monografia de Thiago Schuina Martins (2010), relacionada ao Recife de Fora. Feita no CILAS 1064, um analisador de partículas a laser. Os resultados foram obtidos através do software Gradistat, um pacote estatístico para “Microsoft Excel” que fornece automaticamente os dados de assimetria, curtose, diâmetro médio, mediana e grau de seleção.

No tratamento estatístico de cada amostra, feito no software Gradstat, seguiu a escala de tamanho de classificação granulométrica adotada por Wentworth (1922), por apresentar maior simplicidade geométrica entre os intervalos de classe. Nesta classificação os tamanhos dos grãos são expressos em phi (ϕ), que corresponde ao logaritmo negativo de base 2 do valor da granulometria expresso em milímetros (Adaptado de Fermino, 2007).

Segundo Dias (2004), visualizar a distribuição granulométrica é muito importante na análise sedimentológica uma vez que através desta distribuição obtemos suas principais características. Esta visualização pode ser feita de três formas: histogramas, curvas de frequência ou curvas cumulativas.

Através do Histograma podemos determinar as principais características sedimentares da nossa amostra, entre elas a classe granulométrica mais abundante, seu grau de seleção, se existe assimetria entre as quantidades de partículas grossas e finas, sua curtose, etc.

A seguir, na figura 15, pode ser observado um mapa de percentual de areia. Este foi utilizado para, juntamente aos diversos mapas de mineralogia, comparar as áreas de ocorrência dos minerais com o tamanho dos grãos presente naquela mesma região, analisando também a coerência entre os resultados.

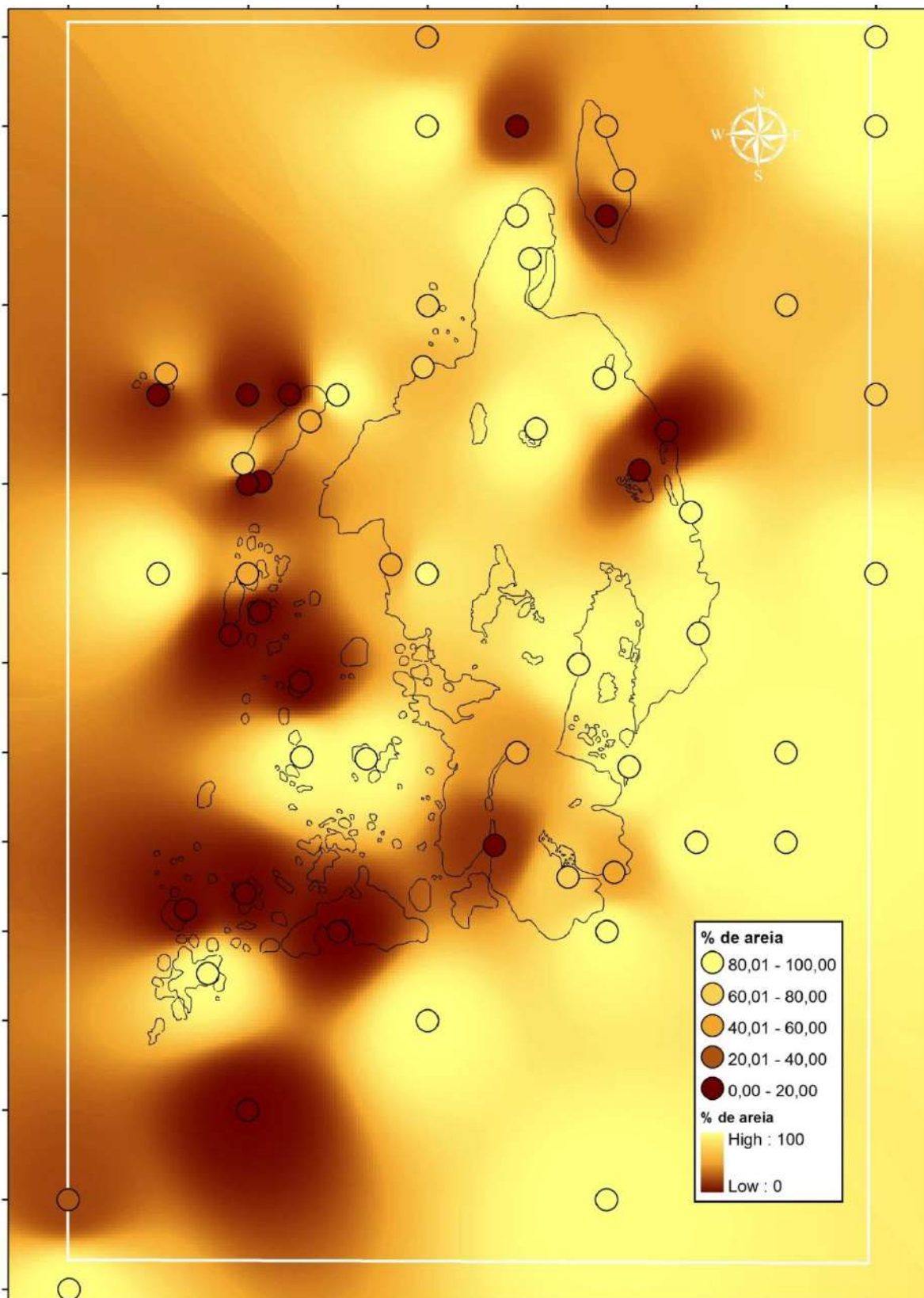


Figura 15: Mapa granulométrico de percentual de areia. (Fonte: Seoane *et al.*, 2010 b)

5.6 Minerais comuns na plataforma carbonática

O carbonato de cálcio pode ter estruturas diferentes, sendo comumente encontrado nas formas aragonita e calcita. Os organismos geralmente produzem uma ou outra forma. Aqueles que depositam calcita podem agregar magnésio na estrutura. A acidificação pode afetar mais alguns organismos, porque a aragonita e a calcita com magnésio são pelo menos 50% mais solúveis que a calcita pura, o que aumenta sua vulnerabilidade a aumentos de acidez. Corais (aragonita) e algas calcárias (calcita com magnésio) estão entre estes organismos e são os principais construtores de recifes de coral tropicais. Outros organismos calcificados, os foraminíferos, são importantes na sedimentação em áreas recifais (Langer *et al.*, 1997).

Vem sendo aceito que o pH dos oceanos já baixou em 0,1 desde o início da era industrial. Parece um valor pequeno, mas como a escala de pH é logarítmica, isto representa um aumento de 30% do potencial hidrogeniônico do sistema marinho em relação aos valores pré-revolução industrial. Projeções indicam que, se a tendência de crescimento das emissões continuar, o pH dos oceanos pode cair outros 0,3 pontos até o final do século XXI – um aumento equivalente a quase 100% do potencial hidrogeniônico (Orr *et al.*, 2005). Nos últimos 300 milhões de anos, o pH dos oceanos nunca esteve mais de 0,6 unidades abaixo do nível de 1750 (período pré-industrial) (Caldeira & Wickett, 2005). O crescimento continuado das emissões humanas de CO₂ poderá limitar a possibilidade de corais e outros organismos de crescer e se recuperar de branqueamentos ou outras formas de estresse (Buddemeier *et al.*, 2004).

5.6.1 Aragonita

De acordo com Fabio Braz Machado, do Museu virtual de mineralogia da UNESP (<http://www.rc.unesp.br/museudpm>), a aragonita tem ocorrência menos estável do que a calcita e muito menos comum. Forma-se dentro de uma estreita faixa de condições físico-químicas, representada por baixas temperaturas, perto dos depósitos superficiais na presença de cátions grandes e em ambientes de alta pressão. Alternativamente pode ser cristalizada por organismos vivos, como os corais.

5.6.2 Calcita

De acordo com Fabio Braz Machado, do Museu virtual de mineralogia da UNESP (<http://www.rc.unesp.br/museudpm>), a calcita é um dos minerais mais comuns e disseminados. Ocorre como massas rochosas sedimentares enormes e amplamente espalhadas, nas quais é o mineral preponderante, sendo o único presente em certos calcários. É um constituinte importante de margas e pelitos calcários. As rochas calcárias formam-se por processos orgânicos e inorgânicos. No primeiro caso resulta da deposição em fundo marinho, de grandes camadas de material calcário, sob a forma de carapaças e esqueletos de animais marinhos. Uma proporção menor dessas rochas forma-se inorgânicamente pela precipitação direta de carbonato de cálcio em soluções aquosas.

5.6.3 Calcita Magnesiana

Em sedimentos marinhos recentes observa-se a precipitação inorgânica de agulhas aragoníticas e calcita magnesiana em águas marinhas rasas (Shinn, 1969; Bathurst, 1971, *op. cit.*). Os fatores que induzem a esta precipitação relacionam-se com o incremento do pH a valores acima de nove, através da respiração e fotossíntese da biomassa dos recifes e ao decréscimo da quantidade de CO₂ presente nas águas e onde certas bactérias ocorrem. A calcita magnesiana precipita-se como romboedros menores que quatro micras, fibras de dezenas de micra de comprimento ou como micrita, formando anéis, franjas isópacas ao redor dos grãos ou preenchendo poros, podendo confundir-se com lama calcária. A aragonita precipita-se sob a forma microcristalina, botrioidal ou formando franjas isópacas. (Modificado de Caio Vinicius G. T. Rangel, Dissertação de Mestrado Estudo Paleoambiental dos carbonatos do Albiano Superior na Bacia de Sergipe – uma abordagem microfaciológica, 2002)

5.7 Mudanças Climáticas e Recifes Brasileiros

Os recifes brasileiros são os únicos no mundo que apresentam baixa diversidade de espécies, mas um alto endemismo (Nunes *et al.*, 2008). Logo, estudos realizados em outros recifes do mundo não servem de suporte para o entendimento dos processos ecológicos dos recifes brasileiros e previsões das respostas do ambiente às mudanças climáticas. Alguns estudos sugerem que os efeitos das mudanças climáticas no planeta já estão causando estresses nos recifes brasileiros. Contudo, ainda não foram relatados casos de mortalidade em massa que possam ser relacionados a tais mudanças.

Com relação a anomalias de temperatura, branqueamentos em larga escala foram relatados desde a década de 1990. Nos verões de 1993 e 1994 foram descritos eventos de branqueamento em massa em corais do recife de Abrolhos (Castro & Pires, 1999) e ambiente não recifal, Canal de São Sebastião, SP (Migotto, 1997). Ambos os trabalhos correlacionaram estes eventos a anomalias de aumento de temperatura e, com possibilidade, dessas altas temperaturas coincidindo com período de luz mais prolongado. Em 1996, foi observado um branqueamento de corais em Pernambuco, quando a temperatura da água do mar atingiu temperaturas entre 29 e 30 °C (Costa *et al.*, 2001). Este evento retrocedeu quando a temperatura recuou para uma faixa entre 26 e 28 °C. Nos verões de 1997 e 1998, foram relatados eventos no norte (Leão *et al.*, 2008) e no sul da Bahia (Leão *et al.*, 2003), novamente associados a temperaturas elevadas. Nos anos de 2002, 2003 e 2005, eventos de diferentes intensidades foram relatados para recifes de diferentes áreas da Bahia (Leão *et al.*, 2008). Em 2003, foi relatado também um branqueamento de algumas colônias dos corais investigados no Atol das Rocas, em Fernando de Noronha, e em até 12% das colônias de recifes da costa de Pernambuco (Ferreira & Maida, 2006). Apesar das variações na qualificação de casos e graus de branqueamento, fica claro que eventos de branqueamento vem ocorrendo com frequência em recifes brasileiros.

Tendo conhecimento que os principais corais formadores de recifes brasileiros são espécies que somente ocorrem em nossos recifes, a resposta destes às mudanças climáticas só pode ser avaliada em estudos com nossas espécies. Todavia, consequências do branqueamento e capacidade de recuperação de espécies dos recifes brasileiros são ainda pouco conhecidas. Deste modo, o Projeto Coral Vivo apoiou estudos de respostas fisiológicas da relação coral-zooxantela no Brasil.

O resultado do experimento em que a espécie é testada constata sensibilidade à mudanças na temperatura da água do mar, especialmente em condições de maior luminosidade. A turbidez natural das águas onde ocorre a maioria dos recifes brasileiros deve estar atuando como um protetor de nossos corais com zooxantelas, impedindo maiores consequências nos eventos de branqueamento, já observados no Brasil. No entanto, este estudo necessita de aprofundamento (Castro *et al*, Mudanças climáticas e recifes de coral, Simpósio de Conservação de Ambientes Costeiros e Marinhos).

6. Geologia da área

6.1 Variações do nível relativo do mar durante o Quaternário

Para a costa leste brasileira são reconhecidos três episódios transgressivos durante o Quaternário. Do mais antigo para o mais recente, temos: Transgressão Mais Antiga, Penúltima Transgressão e Última Transgressão (Martin *et al*, 1980a e b; Suguio *et al*, 1985; Martin *et al*, 1988 *apud* Dominguez *et al*, 2002).

A Transgressão Mais Antiga não teve ainda sua idade determinada, mas sabe-se que ocorreu após a deposição do Grupo Barreiras. Os testemunhos deste episódio transgressivo apresentam-se preservados sob uma linha de falésias fósseis que separam os sedimentos da Grupo Barreiras de depósitos quaternários que se acumulam sob forma de leques aluviais arenosos no sopé destas falésias (Martin *et al*, 1980a).

A Penúltima Transgressão alcançou um máximo há cerca de 120 mil anos A.P. quando o nível relativo do mar posicionou-se cerca de 8 ± 2 metros acima do nível do mar atual (Martin *et al*, 1982 *apud* Dominguez *et al*, 2002). Os testemunhos estratigráficos deste episódio transgressivo e da regressão que se seguiu são os terraços marinhos pleistocênicos. Estes terraços são depósitos de áreas litorâneas regressivas resultantes da progradação da linha de costa. Morfologicamente são caracterizados pelo topo plano, com altitudes de cerca de uma dezena de metros acima do nível do mar atual. A idade de 123 mil anos à Penúltima Transgressão atribuída foi obtida através de uma série de evidências, na região de Olivença, sul da Bahia e a partir de fragmentos de corais do gênero *Siderastr*a encontrados na base de terraços com estas características. Num total de cinco amostras, estes fragmentos de corais forneceram idades entre 122 e 142 mil anos A.P. (Martin *et al*, 1982 *apud* Dominguez *et al*, 2002). É importante salientar que esta é a única datação radiométrica disponível para estes terraços em toda a costa brasileira. Baseando-se principalmente nesta datação, optou-se por posicionar estes terraços no tempo com uma idade de aproximadamente 123 mil anos (Martin *et al*, 1988 *apud* Dominguez *et al*, 2002).

A Última Transgressão alcançou um nível de mar alto por volta de 5100 anos A.P. quando este estava cerca de cinco metros acima do nível do mar atual (Martin *et al*, 1980a e b; Suguio *et al*, 1985 *apud* Dominguez *et al*, 2002). Este nível de mar alto e a regressão que se seguiu deixaram como testemunhos ao longo da zona costeira brasileira uma série de indicadores de níveis de mar pretéritos, como incrustações de vermetídeos, corais, algas coralináceas etc. dos quais foi possível construir curvas de variação do nível relativo do mar para diversos trechos da costa brasileira (Martin *et al*, 1979; Suguio *et al*, 1985; Dominguez *et al*, 1990 *apud* Dominguez *et al*). Algumas destas curvas são bastante detalhadas, como por exemplo a curva de Salvador (Figura 16) cuja construção foi baseada em 68 datações de carbono-14. Além dos indicadores descritos acima, a Última Transgressão e o episódio regressivo imediatamente posterior deixou como principal testemunho estratigráfico os chamados terraços marinhos holocênicos, os quais se assemelham com os terraços dos depósitos marinhos pleistocênicos apenas pelos depósitos de areias litorâneas regressivas resultantes da progradação da linha de costa. Estes terraços apresentam morfologia plana e não ultrapassam seis metros do nível do mar atual. A superfície destes terraços apresenta cordões litorâneos muito bem delineados. Dezenas de datações pelo método do radiocarbono de conchas de moluscos e fragmentos de madeira coletados nestes depósitos indicaram idades inferior a 5 mil anos A. P. (Martin *et al*, 1996 *apud* Dominguez *et al*, 2002).

As curvas de variação do nível relativo do mar mostram que após o máximo de 5100 anos A.P., o nível do mar não desceu de forma regular. Esta descida foi interrompida por duas importantes oscilações de alta frequência, que ocorreram entre 4200-3600 anos e 2900-2400 anos A.P. (Figura 16).

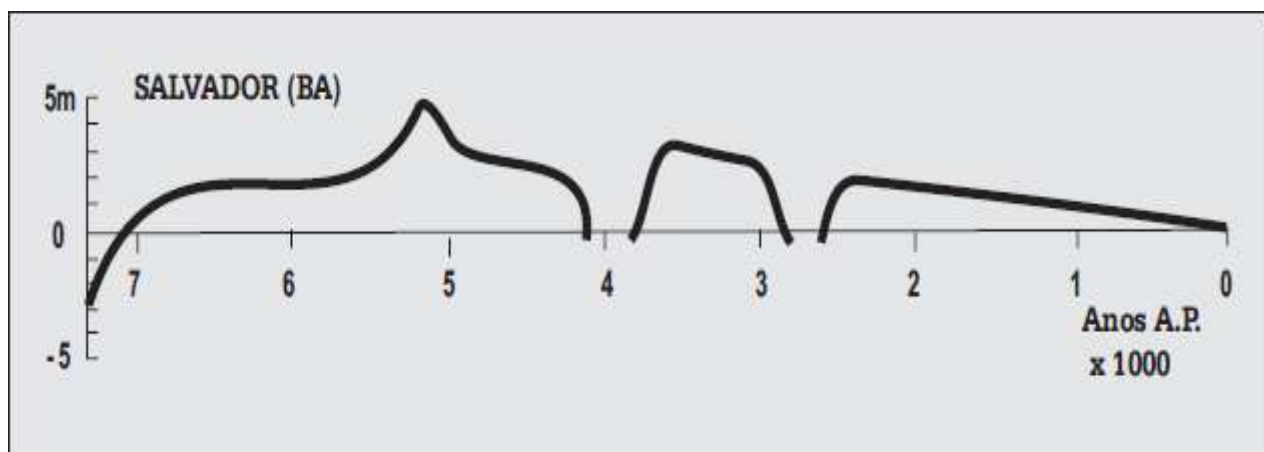


Figura 16: Curva de variações do nível relativo do mar, da região de Salvador.

(Modificado de Martin *et al*, 1979 *apud* Dominguez *et al*,2002)

6.2 História geológica dos Recifes Brasileiros

Há 7.000 anos, o nível do mar elevou-se inundando toda a atual plataforma continental e propiciando um ambiente adequado para o crescimento dos atuais recifes de corais. Os corais, hidrocorais e outros organismos foram construindo com seus esqueletos uma estrutura rochosa e desta forma crescendo em direção a superfície do mar, onde outros organismos foram se fixando nessa estrutura e assim os recifes foram se formando (Castro, 1997).

O nível do mar oscilou por várias vezes nos últimos 7.000 anos, estando três vezes acima do atual e os recifes cresceram acompanhando essa subida, ocorrendo seu clímax há 5.000 anos quando o nível do mar alcançou o nível mais alto estando cinco metros acima do atual. Numerosas estruturas recifais foram crescendo ao longo de todo o litoral favorecidas por um período de estabilidade do nível do mar que durou cerca de 1.000 anos. Com a descida brusca do nível do mar há 4.000 anos, os topos de diversos recifes ficaram emersos, sujeitos a erosão e possibilitando apenas o crescimento lateral das estruturas recifais provocando a junção dos chapeirões baianos e a formação de bancos recifais (Castro, 1997).

Na Bahia e em diversos estados do Brasil, outras comunidades recifais se instalaram sobre bancos de arenito de praia, em geral estreitos, alongados e localizados adjacentes à praia (Leão, 1996 *apud* Castro, 1997).

6.3 Geologia local

O embasamento, representado por rochas do Proterozóico (2500 - 570 M.a), é formado por duas unidades. Gnaisses e granitóides paleo- a neoproterozóicos, representados por gnaisses kinzigíticos, biotita gnaisses migmatíticos, biotita-hornblenda granitóides porfiróides foliados e rochas calcissilicáticas subordinadas. O embasamento, que apresenta rochas com grau de metamorfismo médio a alto, é formado por um relevo de cerca de 500 metros, originando escarpas íngremes. Rochas Neoproterozóicas pertencem ao Grupo Macaúbas, formado por quartzo xistos, quartzitos, grafita xistos, cianita-sillimanita xistos e biotita-muscovita xistos.

Mais de 80% do litoral de frente ao recife é composto por unidades do Grupo Barreiras (65 - 1,6 M.a), terciário, que é caracterizado basicamente por arenitos imaturos de granulometria fina a grossa, com níveis argilosos e conglomeráticos. Sua área de ocorrência é caracterizada por extensos tabuleiros, de espessuras variando entre 70 e 120 metros, bruscamente interrompidos por falésias fósseis ou ativas. Este Grupo recobre discordantemente unidades proterozóicas e, localmente, estão sobrepostos por sedimentos de idade quaternária.

Sobrepondo as unidades Proterozóicas e a do Terciário (Gr. Barreiras), ocorrem unidades continentais e marinhas do Quaternário (1,6 M.a – Presente). As unidades marinhas são formadas por recifes de corais e algas marinhas, e por depósitos argilo-siltosos de pântanos e mangues atuais, ricos em matéria orgânica, localizados nas baías e margens protegidas de rios, submetidos à influência de marés e areias litorâneas bem selecionadas com fragmentos de conchas ao longo da costa. As unidades continentais são formadas por depósitos arenosos e silto-arenosos ricos em matéria orgânica distribuídos nos vales dos principais rios da região e por depósitos arenosos mal selecionados residuais e transportados, ocorrendo frequentemente no topo das regiões da tabulares desenvolvidas sobre o Grupo Barreiras. O entendimento da geologia local pode ser melhor compreendido observando a Figura 17 e sua respectiva legenda, Figura 18.

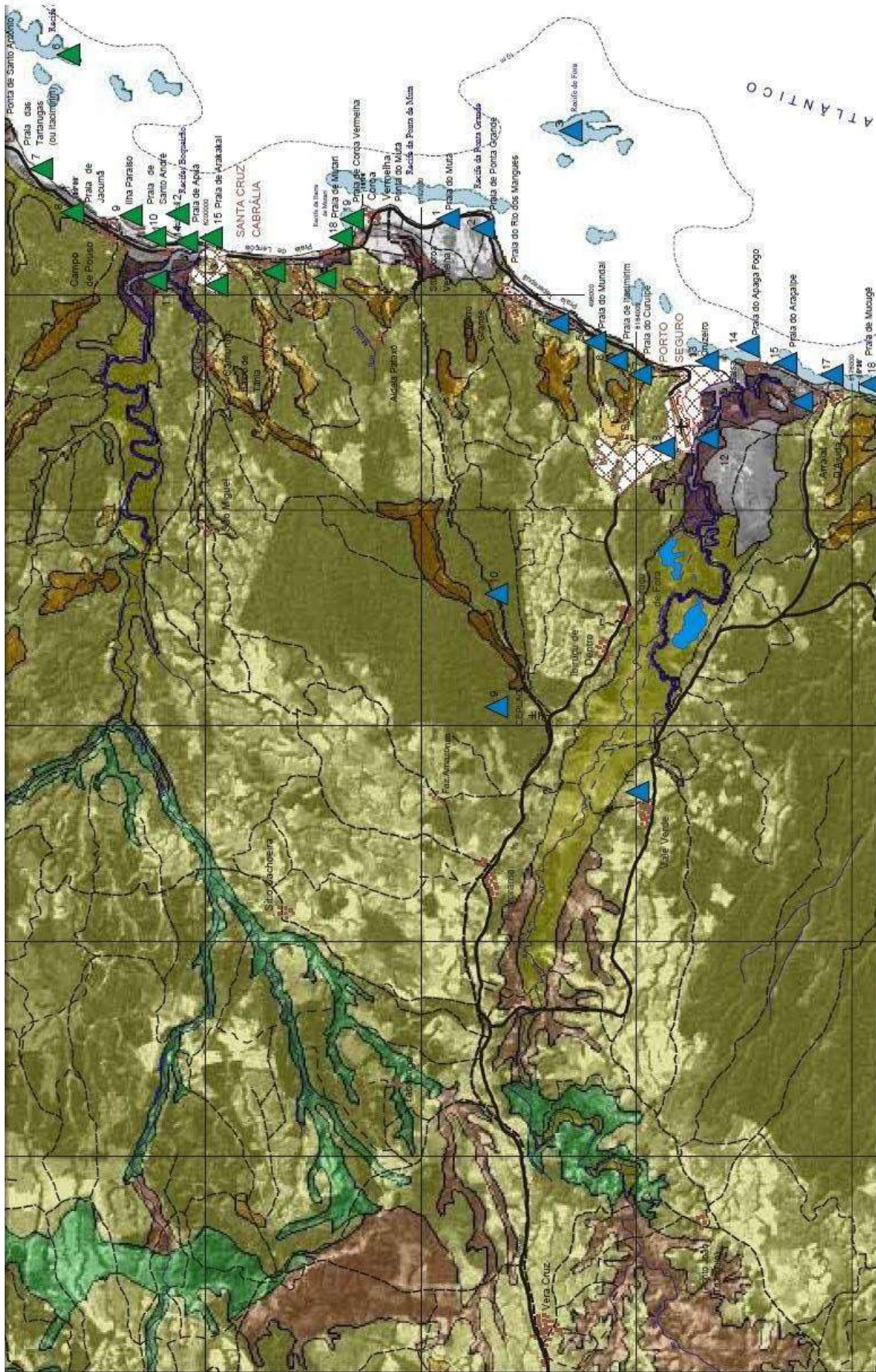


Figura 17: Geologia local da Bahia. (Adaptado do Serviço Geológico da Bahia)


CENOZÓICO

QUATERNÁRIO


(Idade: até 1,6 milhões de anos antes do presente)


Unidades Continentais*


 Depósitos arenosos e silto-arenosos ricos em matéria orgânica, distribuídos nos vales dos principais rios da região.

 Depósitos arenosos mal selecionados, residuais e/ou transportados. Ocorrem freqüentemente no topo dos tabuleiros desenvolvidos sobre os sedimentos terciários do grupo Barreiras.

Unidades Marinhas


 Areias litorâneas bem selecionadas, com fragmentos de conchas marinhas.

 Depósitos argilo-siltosos de pântanos e mangues atuais, ricos em matéria orgânica, localizados nas baías e margens protegidas de rios submetidos à influência das marés.

 Recifes de corais e algas coralinas distribuídos paralelamente à linha de costa.


TERCIÁRIO


(Idade: 1,6 a 65 milhões de anos antes do presente)

 Grupo Barreiras - Aproximadamente oitenta por cento da área em estudo encontram-se cobertos por esses sedimentos terciários, que recobrem discordantemente as unidades proterozóicas, e que, localmente, estão sobrepostos por sedimentos de idade quaternária. Sua área de ocorrência é caracterizada por extensos tabuleiros, bruscamente interrompidos por falésias fósseis ou ativas. Essa cobertura é composta por arenitos imaturos, de granulometria fina a grossa, com níveis argilosos a conglomeráticos.

PROTEROZÓICO

(Idade: 570 a 2500 milhões de anos antes do presente)

 Rochas neoproterozóicas do grupo Macaúbas - Aflora nos vales dos rios João de Tiba, Buranhém, Santo Antônio e das Pedrinhas e, mais raramente, em colinas a oeste de Barrolândia ou em elevações alinhadas a norte do povoado de Vera Cruz. Essa unidade é formada por quartzo-xistos, quartzitos, grafita-quartzo-xistos e cianita-silimanita-xistos e biotita-muscovita-xistos.

 Gnáisses e granitóides neo a paleoproterozóicos - Representados por gnáisses kinzigíticos, biotita-gnáisses, biotitas gnáisses migmatíticos, biotita-hornblenda-granitóides porfiróides foliados e rochas calcissilicáticas subordinadas.

* As unidades quaternárias não estão dispostas segundo ordem cronológica.

Figura 18: Legenda Figura 17, Geologia da Bahia. (Fonte: Serviço Geológico da Bahia)

7. A difração de raios-X

7.1 Introdução

De acordo com Kahn (2002), esta é uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos, e vem sendo muito utilizada em diversas áreas do conhecimento, onde se destacam engenharia metalúrgica, química, de minas e de materiais e as geociências.

O fenômeno da difração de raios-X pode ser observado com um exemplo muito simples. É muito comum crianças se divertirem projetando contra a luz sombras da mão na parede. Se ao invés de uma mão, utilizar-se uma bola de golfe, a imagem será um círculo, cujo diâmetro depende da distância entre a bola e o anteparo. Se forem colocadas bolas com diâmetros cada vez menores, haverá sombras cada vez menores. Essa redução no tamanho da sombra não é ilimitada. Em um determinado momento, quando a bola tiver um diâmetro inferior a um milímetro, que ao invés de um círculo na parede, será observado algo como na Figura 19.

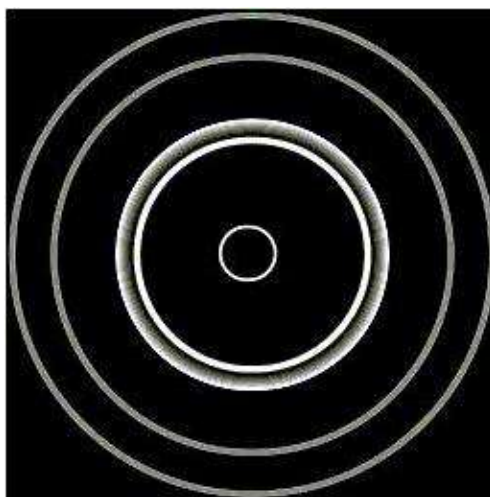


Figura 19: Padrão de difração da bola de tênis inferior a 1mm.

(Fonte: http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s03.html)

Esse padrão de círculos claros e escuros alternados é denominado padrão de difração. Isso ocorrerá sempre que o obstáculo apresentar dimensões da ordem de alguns comprimentos de onda do raio incidente. No caso citado, a bola de tênis, com diâmetro inferior a um milímetro, apresentava dimensões próximas do comprimento de onda da luz.

Os raios-X ao atingirem um material podem ser espalhados elasticamente sem perda de energia pelos elétrons de um átomo (espalhamento coerente). O fóton de raios-X após a colisão com o elétron muda sua trajetória, mantendo, contudo, a mesma fase e energia do fóton incidente. Sob o ponto de mecânica das ondas, pode-se dizer que a onda eletromagnética é instantaneamente absorvida pelos elétrons e reemitida. Cada elétron atua, portanto, como um centro de emissão de raios-X. Se os átomos que geram este espalhamento estiverem arranjados de maneira sistemática, como em uma estrutura cristalina (Figura 20), apresentando entre eles distâncias próximas a do comprimento de onda da radiação incidente, pode-se verificar que as relações de fase entre os espalhamentos tornam-se periódicas e que efeitos de difração dos raios-X podem ser observados em vários ângulos.

Segundo o site http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s03.html, da UFRGS, por volta de 1912, Max Von Laue concebeu a possibilidade de realizar difração de raios-X, utilizando uma estrutura cristalina como rede de difração tridimensional. As primeiras experiências foram realizadas por dois alunos de Laue, Walter Friedrich e Paul Knipping. Posteriormente, William Henry Bragg e seu filho William Lawrence Bragg demonstraram a relação que ficou conhecida como lei de Bragg, de vital importância para o estudo de estruturas cristalinas através da difração de raios-X.

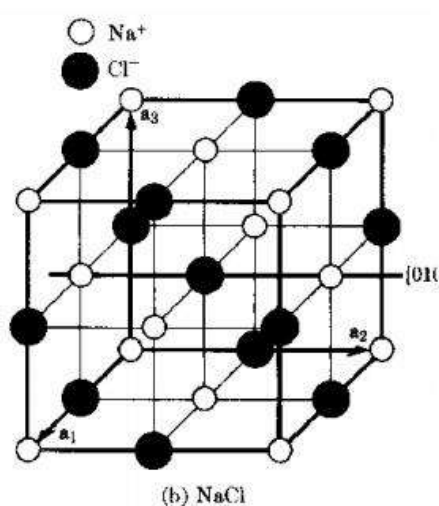


Figura 20: Sistema cristalino cúbico da Halita. (Fonte: Kahn, 2002)

7.2 Lei de Bragg

Em uma estrutura, como a mostrada acima, os átomos funcionam como obstáculos ou centro de espalhamentos dos raios-X. Os cristais são formados quando bilhões de estruturas idênticas são colocadas lado a lado. Considerando-se dois ou mais planos de uma estrutura cristalina, as condições para que ocorra a difração de raios-X vão depender da diferença de caminho percorrida pelos raios-X e o comprimento de onda da radiação incidente. Esta condição é demonstrada na Lei de Bragg (Figura 21), ou seja, $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\theta)$, onde λ corresponde ao comprimento de onda da radiação incidente, “n” a um numero inteiro (ordem de difração), “d” a distancia interplanar para o conjunto de planos da estrutura cristalina e θ ao ângulo de incidência dos raios-X (medido entre o feixe incidente e os planos cristalinos).

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

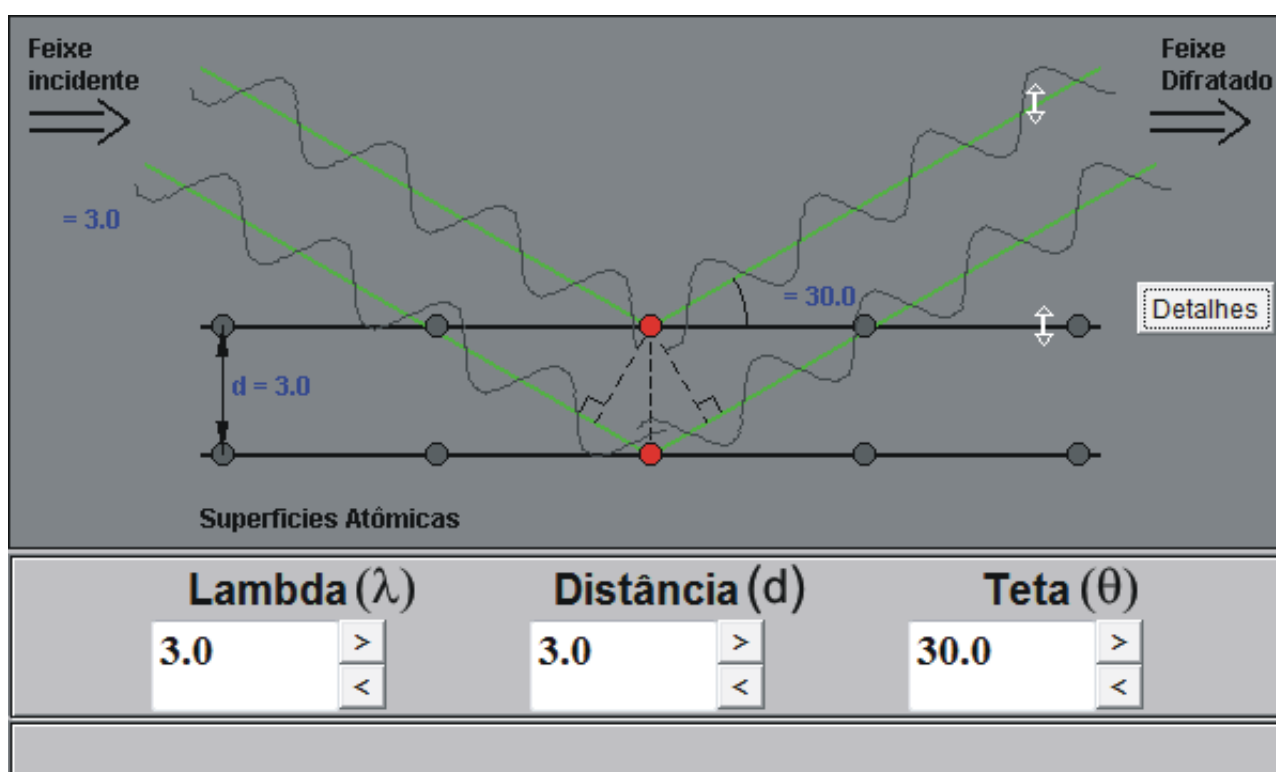


Figura 21: Difração de raios-X e a Lei de Bragg.

(Fonte: http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s03.html)

A intensidade difratada, dentre outros fatores, é dependente do numero de elétrons no átomo. Contudo, os átomos são distribuídos no espaço de tal forma que os vários planos de uma estrutura cristalina possuem diferentes densidades de átomos e elétrons, fazendo com que as intensidades difratadas sejam, por consequência, distintas para os planos cristalinos.

7.3 Espalhamento de raios-X por um cristal

De acordo com Filgueira (2004), existem diversas formas para qual um elétron pode espalhar raios-X. As mais comuns são Espalhamento Thomson e Espalhamento Compton, Espalhamento por elétrons, Fator de espalhamento atômico, Espalhamento de raios-X por uma molécula e, por fim, Espalhamento de raios-X por um cristal, que é o de interesse no estudo e será o foco neste tópico.

O espalhamento de um cristal unidimensional é composto de um arranjo linear de celas unitárias com espaçamento “a” entre elas. A amplitude total espalhada pelo cristal será a soma das ondas espalhadas por cada cela unitária. A amplitude da onda espalhada pela primeira célula é apenas G(S). A amplitude da segunda cela relativa à mesma origem é $G(S)\exp(2\pi ia.S)$, já que todas as distâncias estão deslocadas pelo vetor “a”. Então, a amplitude da onda espalhada pela enésima cela unitária é $G(S)\exp 2\pi i(n-1)a.S$. Consequentemente, a amplitude total espalhada, sendo T o total de celas unitárias, será:

$$F(S) = \sum_{n=1}^T G(S)\exp 2 \pi i(n-1)a.S,$$

A forma com que cada uma das contribuições individuais se soma pode ser vista na Figura 22. A onda de cada cela unitária está fora de fase com sua vizinha por uma quantidade de $2\pi a.S$. Dessa forma, conforme o número de celas unitárias aumenta, a amplitude total espalhada, F(S), fica da mesma ordem de G(S), que para raios-X é muito pequena para ser observada. O espalhamento só será observado quando a diferença de fase entre as ondas espalhadas, por celas unitárias sucessivas, for um número múltiplo de 2π , ou seja, $a.S = h$, onde h é um número inteiro.

Sob essas circunstâncias, as ondas se somam para formar uma onda espalhada mais intensa que é proporcional em magnitude a $T \cdot |G(S)|$. Em resumo, para uma rede unidimensional só é possível observar espalhamento quando $a.S = h$. Quando o problema é estendido a três dimensões, com celas unitárias definidas pelos vetores a, b e c, a condição para ocorrer a difração é que $a.S = h$, $b.S = k$ e $c.S = l$ sejam simultaneamente satisfeitas. Estas condições correspondem as Equações de Laue (Blundell & Johnson, 1976).

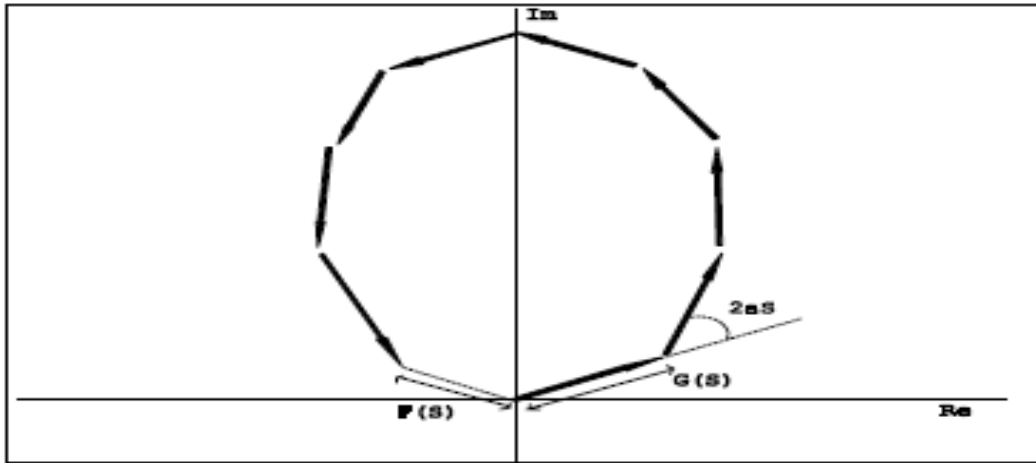


Figura 22: Diagrama de Argand ilustrando o espalhamento total de uma molécula num cristal.

(Fonte: Walter Filgueira de Azevedo Jr, UNESP, São José do Rio Preto – SP, 2004)

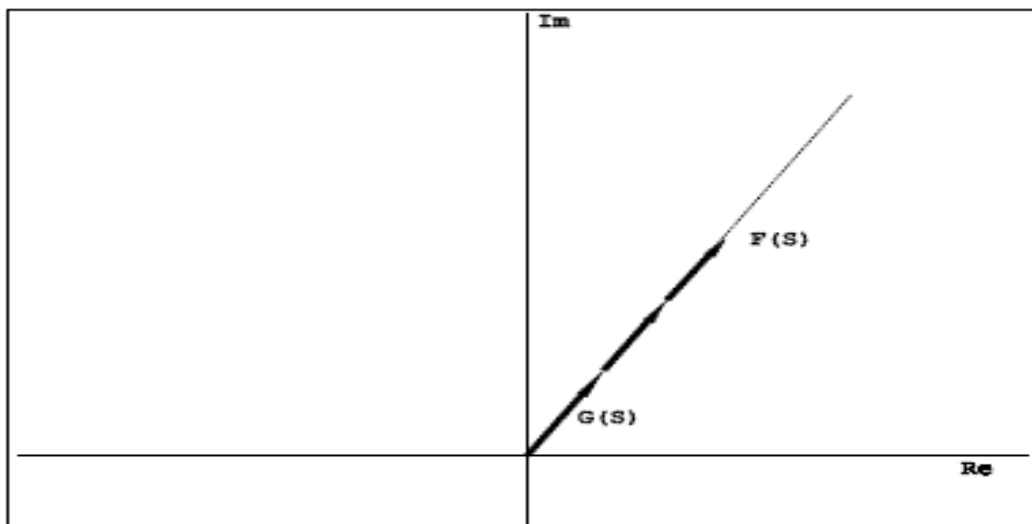


Figura 23: Diagrama de Argand ilustrando a situação onde a diferença de fase é múltipla inteira de 2π .

(Fonte: Filgueira, 2004)

Assim, podemos reescrever a amplitude total da seguinte forma:

$$F(S) = \sum_{j=1}^N f_j \exp 2\pi i (r_j \cdot S),$$

Onde $R_j = ax_j + by_j + cz_j$ e x_j , y_j e z_j são as coordenadas fracionárias do “j-ésimo” átomo. Sendo que a constante de proporcionalidade, T , foi omitida. As coordenadas fracionárias (x , y e z) são definidas como:

$$x = X/a, y = Y/b \text{ e } z = Z/c,$$

Onde X, Y e Z são coordenadas absolutas do átomo na cela unitária de eixos a, b e c. Considerando as Equações de Laue temos que $r_j.S = x_j.a.S + y_j.b.S + z_j.c.S = hx_j + ky_j + lz_j$. Então:

$$F(hkl) = \sum_{j=1}^N f_j \exp 2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j),$$

Onde a.S, b.S e c.S foram substituídos por h, k e l no lado esquerdo da equação.

Esta última equação é conhecida como equação do fator de estrutura. Ela representa uma amostragem da transformada G(S) nos pontos h, k e l do retículo recíproco. Se as posições de todos os átomos na cela unitária são conhecidas, então o correspondente padrão de difração pode ser calculado.

7.4 Identificação de fases cristalinas

Segundo Kahn (2002), a principal aplicação da difração de raios-X é na identificação de compostos cristalinos, sejam orgânicos ou inorgânicos. Os planos de difração e suas respectivas distancias interplanares, bem como as densidades de átomos (elétrons) ao longo de cada plano cristalino, são características específicas e únicas de cada substância cristalina, da mesma forma que o padrão difratométrico gerado por ela, pode ser comparado a uma impressão digital. Um banco de dados contendo informações cristalográficas básicas e algumas propriedades físicas de compostos cristalinos (Figura 24) é mantido e continuamente atualizado pelo International Center for Diffraction Data (ICDD), com sede nos Estados Unidos. Atualmente estão disponíveis informações referentes a mais de 70.000 compostos cristalinos, sendo as mais importantes, as distâncias interplanares e as intensidades difratadas normalizadas (relativas a 100%) para os vários planos (hkl) que difratam construtivamente os raios-X.

PDF # 130558, Wavelength = 1.5418 (Å)														
13-0558	Quality: I	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂												
CAS Number: 14807-96-6		Magnesium Silicate Hydroxide												
Molecular Weight: 379.27		Ref: Stemple, Brindley, J. Am. Ceram. Soc., 43, 34 (1960)												
Volume[CD]: 904.94														
Dx: 2.784 Dm: 2.580														
S.G.: C2/c (15)														
Cell Parameters:														
a 5.287	b 9.158	c 18.95												
α	β 99.5	γ												
SS/FOM: F30=2(0.053,300)														
I/I _{cor} :														
Rad: CuKα														
Lambda: 1.5418														
Filter:														
d-sp:														
Mineral Name:														
Talc-2M														
dÅ	int	h	k	l	dÅ	int	h	k	l	dÅ	int	h	k	l
9.3400	100	0	0	2	2.3350	16	0	0	6	1.5270	40	0	6	0
4.6600	90	0	0	4	2.2120	20	2	2	1	1.5090	10	3	3	0
4.5500	30	1	1	1	2.1960	10	2	0	6	1.4600	8b	3	3	2
3.5100	4	1	1	4	2.1220	8	2	0	4	1.4060	16	3	1	6
3.4300	1	1	1	3	2.1030	20	1	3	6	1.3940	20	1	3	12
3.1160	100	0	0	6	1.9300	6b	2	2	4	1.3360	16	3	3	5
2.8920	1	0	2	5	1.8700	40	0	0	10	1.3180	10	2	4	8
2.6290	12	2	0	2	1.7250	2	2	4	2	1.2970	10b	2	6	4
2.5950	30	1	3	2	1.6820	20b	1	5	2	1.2690	10	1	7	0
2.4760	65	1	3	2	1.5570	20	0	0	12	1.1690	6	3	5	8

Figura 24: Exemplo de ficha com dados de estrutura e picos difratados do talco, ICDD.

(Fonte: Dr. Henrique Kahn, USP, Difração de Raios-X)

8. Metodologia de trabalho

8.1 Coleta

A coleta das amostras foi feita diretamente na superfície do Recife de Fora e nas áreas submersas mesmo sob maré baixa, através de mergulho equipado com cilindro de oxigênio (Figuras 25 e 26). As amostras coletadas por mergulho autônomo foram feitas em locais especificados a partir de uma malha de amostragem regular de 400 X 400m. A esta se somou amostras a cada 400 m ao longo da quebra da declividade do recife, tendo em vista que as “paredes” são locais de extrema diversidade. No total serão coletadas 234 amostras quando a malha estiver completa. A coleta segue uma ordem aleatória em grupos de 3 estações de modo a minimizar o “bias” temporal (Seoane *et al.*, 2010). As amostras de sedimento foram coletadas em potes específicos sem adição de formol, a não ser as amostras destinadas a ensaios biológicos.



Figura 25: Coleta de material no Recife de Fora a partir de mergulho.

(Fonte: Seoane *et al.*, 2010)



Figura 26: Prancheta de PVC utilizada para anotações durante o mergulho.

(Fonte: Seoane *et al.*, 2010)

Das 234, foram utilizadas 15 neste trabalho, sendo elas: 42, 44, 47, 50, 71, 74, 79, 85, 122, 126, 144, 150, 163, 209 e 219. Sua distribuição no recife aparece ilustrada na Figura 27.

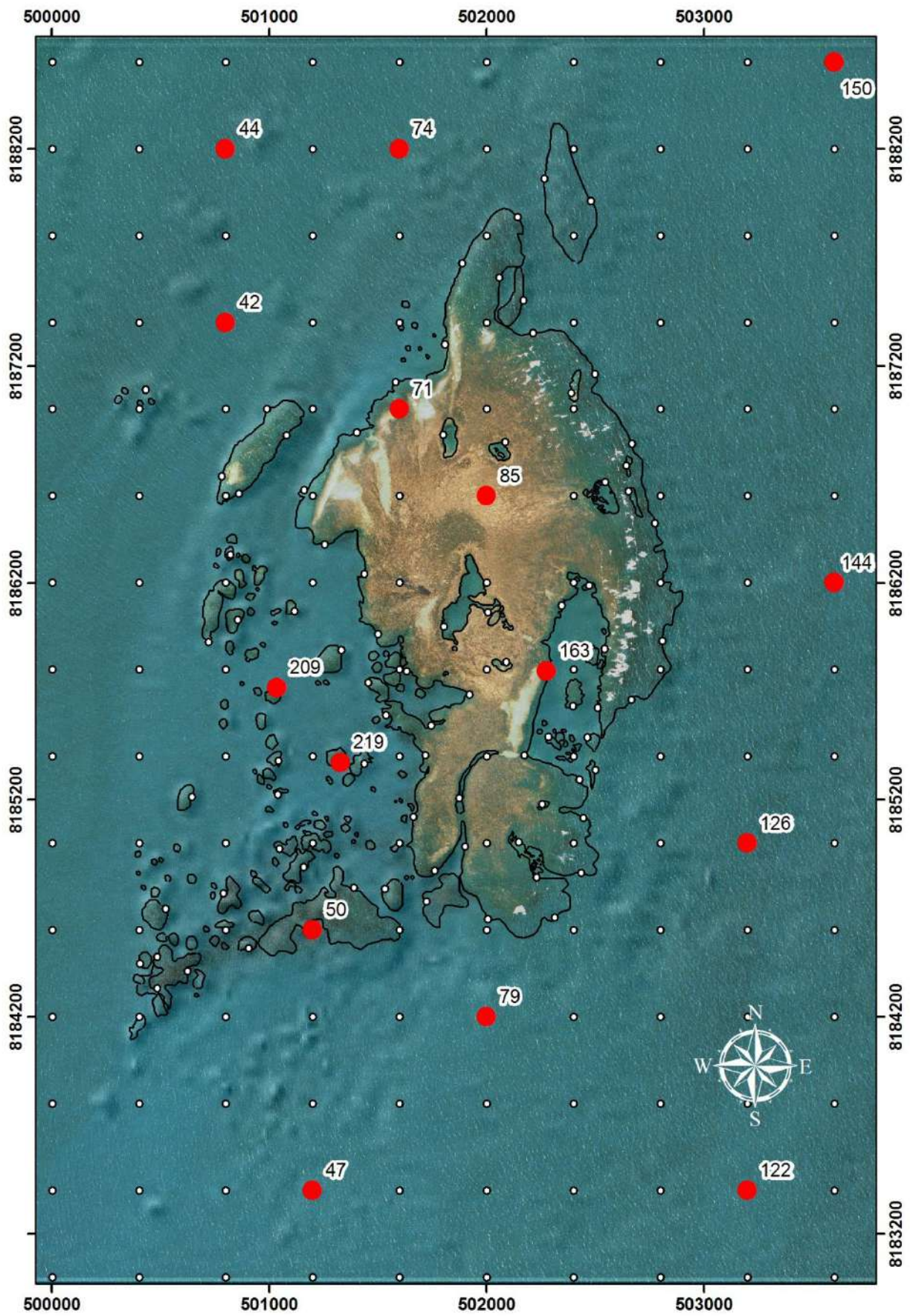


Figura 27: Pontos de amostragem.

8.2 Preparação das amostras

Como o objetivo do trabalho era identificar a mineralogia através do difratômetro de raios-X, foi necessário que se chegasse a uma fração bem fina da amostra, contudo sem perder material. Os processos de preparação englobaram: peneiramento, secagem, desagregamento, quarteamento, pesagem, pulverização e suporte da amostra.

8.2.1 Peneiramento (2,0mm)

Este processo foi realizado no Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED), do Departamento de Geologia da UFRJ. As amostras chegaram em frascos médios de cor branca sem nenhuma modificação desde a sua coleta. Utilizando uma peneira de 2,0mm (Figuras 28 e 30), excluiu-se da análise materiais superiores a essa fração, devido ao conhecimento de sua composição, como espinhos de ouriço (carbonato). No caso de material extremamente fino, como fração silte e argila, não houve a necessidade de peneirar (Figura 29). Durante o processo, o material que passou na peneira, o que interessava para o estudo, era captado com uma bacia abaixo. Com o auxílio de uma escova e um frasco de H₂O, era feita a lavagem a fim de garantir que todo material abaixo dessa fração caísse (Figura 31). Posteriormente, com o auxílio de uma pipeta, a água foi retirada com toda cautela para que se preservasse o máximo da fração fina. Desse modo, o material foi levado a um recipiente menor de cor preta para ser processado no CETEM (Centro de Tecnologia Mineral).



Figura 28: Material utilizado na preparação de amostras no LAGESED.



Figura 29: Amostra lamosa (42) que não precisou de peneiramento.



Figura 30: Peneiramento de material grosso.



Figura 31: Material lavado na bacia (esq.) e material acima de 2,0mm na peneira (dir.).

8.2.2 Secagem

Deste processo em diante, todas as análises foram realizadas no CETEM (Centro de Tecnologia Mineral). Utilizando uma estufa (Figura 32), as amostras foram colocadas a uma temperatura de 60°C, com o intuito de que ficassem completamente secas (Figura 33), sem contudo alterar a mineralogia.



Figura 32: Estufa do Laboratório de preparação do CETEM.

8.2.3 Desagregamento

Uma vez secas, as amostras precisavam ter seus grãos completamente separados. Em alguns casos esta separação foi fácil e realizada diretamente no vidro de relógio que saiu da estufa. Contudo, outras amostras, em especial as de fração mais fina, precisaram passar por um pulverizador de porcelana (Figura 34), o qual foi utilizado sem força para que não houvesse pulverização, somente desagregamento (Figura 35).



Figura 33: Amostras secas recém-tiradas da estufa.



Figura 34: Amostra fina bem agregada no pulverizador de porcelana.

8.2.4 Quarteamento

Após os grãos serem separados, fez-se o quarteamento da amostra (Figuras 36 e 37). Um aparelho composto por oito tubos de ensaio girava abaixo de uma superfície inclinada que distribuía os sedimentos por eles. A velocidade foi controlada para que a distribuição fosse o mais uniforme possível.



Figura 35: Amostra fina completamente desagregada no pulverizador de porcelana.



Figura 36: Quarteador desligado visto de frente (esq.) e de cima (dir.).



Figura 37: Quarteador em funcionamento visto de cima (esq.) e de frente (dir.).

8.2.5 Pesagem

Em seguida, levou-se um pote plástico novo a balança, previamente tarada, e utilizando-se dos tubos de ensaio da forma mais alternada possível, obteve-se uma pesagem entre oito e dez gramas, utilizando-se para isso entre dois e quatro tubos (Figura 38).



Figura 38: Pesagem das amostras. Taragem (esq.) e pesagem do material (dir.).

8.2.6 Pulverização

Tendo um peso entre oito e dez gramas, com a amostra desagregada e quarteada, por fim, deu-se início a pulverização. Para tal, foi utilizado uma centrífuga (Figura 40) na rotação de 400 RPM, por cinco minutos para cada amostra, dentro de um recipiente de ágata (ou calcedônia) e bolhas de bilhar de cerca de 0,5 cm de diâmetro e igual composição (Figura 39).



Figura 39: Amostra no recipiente de ágata pronta para ser levada a centrífuga.



Figura 40: Centrífuga fechada (esq.) e com o recipiente de ágata acoplado (dir.).



Figura 41: Amostra após 5 min. na centrífuga. Material pulverizado.

8.2.7 Pulverização Manual

Em seguida, a amostra ficou reduzida a uma fração extremamente fina (Figura 41). Contudo, ainda poderia haver grãos maiores, os quais também precisaram ser pulverizados a fim de que nada fosse eliminado e a amostra alterada. Para tal, despejou-se todo o material do recipiente de ágata juntamente com as esferas sobre uma peneira de 2,0mm a fim de deixar todo material passar e cair sobre uma folha de papel ofício. Limpou-se bem o recipiente com um pincel para que se retirasse o máximo de material possível. Por fim, levou-se essa amostra sobre a folha de ofício (Figura 42) a uma peneira de 140 mesh, onde o material que passou (Figura 43), foi levado ao pote, já que estava numa fração aceitável. O que estava acima disso foi levado para o pulverizador de porcelana (Figura 44), onde dessa vez o objetivo foi pulverizar a granulometria mais grossa que não passou naquela peneira. Terminado este processo, a parte pulverizada manualmente também foi levada ao pote (Figura 45).



Figura 42: Despejo da amostra na folha de ofício utilizando-se a peneira de 2,0mm



Figura 43: Amostra que passou na peneira de 140 mesh (esq.) e o que ficou na peneira (dir.).



Figura 44: Amostra inferior a 140 mesh sobre a folha e superior no pulverizador de porcelana.

Vale ressaltar que todos os recipientes foram limpos e esterilizados com álcool após cada uso. Os pincéis e peneiras foram limpos com jato de ar comprimido, assim como os tubos de ensaio do quarteador, que tinham compressor de ar específico para limpá-los, capaz de penetrar até o fundo do tubo de ensaio, expulsando assim toda e qualquer partícula que pudesse sobrar. Precaveu-se a todo o momento para que a contaminação fosse praticamente zero.



Figura 45: Excesso da amostra 144 quarteada (esq.) e completamente pulverizada (dir.).

8.2.8 Suporte da amostra

Por fim, a última etapa antes da amostra ser levada ao difratômetro de raios-X para ser reconhecida sua mineralogia. Utilizou-se uma espécie de funil, uma lâmina de vidro, o suporte em formato circular, uma base de plástico preta, uma folha de papel ofício e um compressor (Figura 48). Sobre a folha de ofício, colocou-se a lâmina de vidro e, por cima desta, o suporte de cabeça para baixo encaixado junto ao “funil”. Com uma espátula de plástico, foi colocada um pouco de amostra, algo em torno de três gramas, bem distribuídos e, em seguida, comprimidos com certa suavidade, até formar uma massa homogênea. Retirou-se o funil, colocou-se a base de plástico em baixo do suporte, fixou-se mais um pouco com o dedo e, em momento algum sem deixar rastejar na lâmina, virou-se o suporte (Figuras 46 e 47). Uma vez que amostra está uniforme e sem nenhum tipo de fratura, ela pôde ser levada para o difratômetro de raios-X (Figuras 49 e 50).



Figura 46: Suporte pronto da amostra 219.



Figura 47: Suportes prontos das amostra 219 e 150.



Figura 48: Material utilizado na preparação do suporte para o difratômetro.



Figura 49: Difratorômetro de raios-X do CETEM.

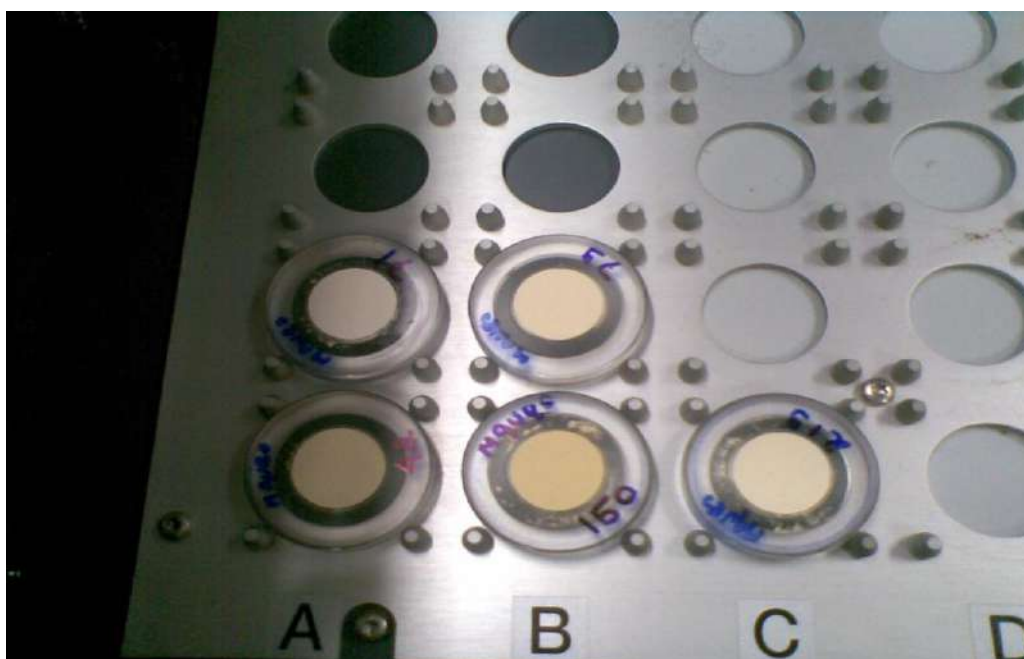


Figura 50: Amostras aguardando leitura dentro do difratorômetro de raios-X.

9. Análise difratométrica

Levou-se, em média, cerca de meia hora para cada amostra ser analisada. Após a leitura no difratômetro de raios-X, obteve-se uma análise qualitativa da mineralogia de cada amostra. A interpretação foi amparada pela M. Sc. Antonieta Middea, do próprio CETEM. O resultado encontra-se abaixo, tabela 01, ilustrando as amostras, a mineralogia e sua correspondente fórmula química e a cor que representará cada mineral nos mapas gerados em SIG que estão dispostos no subtópico composição mineralógica. Ressalta-se que a cor indicativa de cada mineral na tabela nem sempre é equivalente para todos os difratogramas. Isto ocorreu porque durante a interpretação destes no software que auxilia na leitura de cada mineral, não havia sido atentado para que os minerais tivessem sempre a mesma cor. Contudo, isso não chega ser um problema, tendo em vista que a interpretação de cada difratograma foi realizada atentamente para cada mineral e foi gerada uma tabela, tabela 02, também no subtópico composição mineralógica, que indica a presença ou ausência de cada mineral em cada ponto de amostragem.

Tabela 01: Tabela de minerais presentes em cada ponto.

Amostras	Mineralogia	Fórmula química	Cor
42	Quartzo-alfa	SiO ₂	Red
	Aragonita	CaCO ₃	Light Green
	Calcita	CaCO ₃	Pink
	Calcita Magnesiana	(Ca,Mg)CO ₃	Dark Red
	Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Blue
	Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂	Orange
	Gibbsita	Al(OH) ₃	Dark Green
44	Quartzo-alfa	SiO ₂	Red
	Aragonita	CaCO ₃	Light Green
	Calcita	CaCO ₃	Pink
	Calcita Magnesiana	(Ca,Mg)CO ₃	Dark Red
	Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Blue
	Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂	Orange
	Gibbsita	Al(OH) ₃	Dark Green
47	Quartzo-alfa	SiO ₂	Red
	Aragonita	CaCO ₃	Light Green
	Calcita Magnesiana	(Ca,Mg)CO ₃	Dark Red
	Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Blue
	Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂	Orange
	Gibbsita	Al(OH) ₃	Dark Green

50	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita Muscovita Gibbsita Gipsita	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂ Al(OH) ₃ CaSO ₄ ·2H ₂ O	
71	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃	
74	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Calcita Magnesiana Caolinita Muscovita Gibbsita Gipsita	SiO ₂ CaCO ₃ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂ Al(OH) ₃ CaSO ₄ ·2H ₂ O	
79	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	
85	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃	
122	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita Microclina	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ KAlSi ₃ O ₈	
126	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃	
144	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	
150	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita Muscovita Gibbsita Gipsita	SiO ₂ CaCO ₃ (Ca,Mg)CO ₃ Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH,F) ₂ Al(OH) ₃ CaSO ₄ ·2H ₂ O	

163	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Gipsita	SiO_2 CaCO_3 $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
209	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita	SiO_2 CaCO_3 $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	
219	Quartzo-alfa Aragonita Calcita Magnesiana Caolinita Gipsita	SiO_2 CaCO_3 $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	

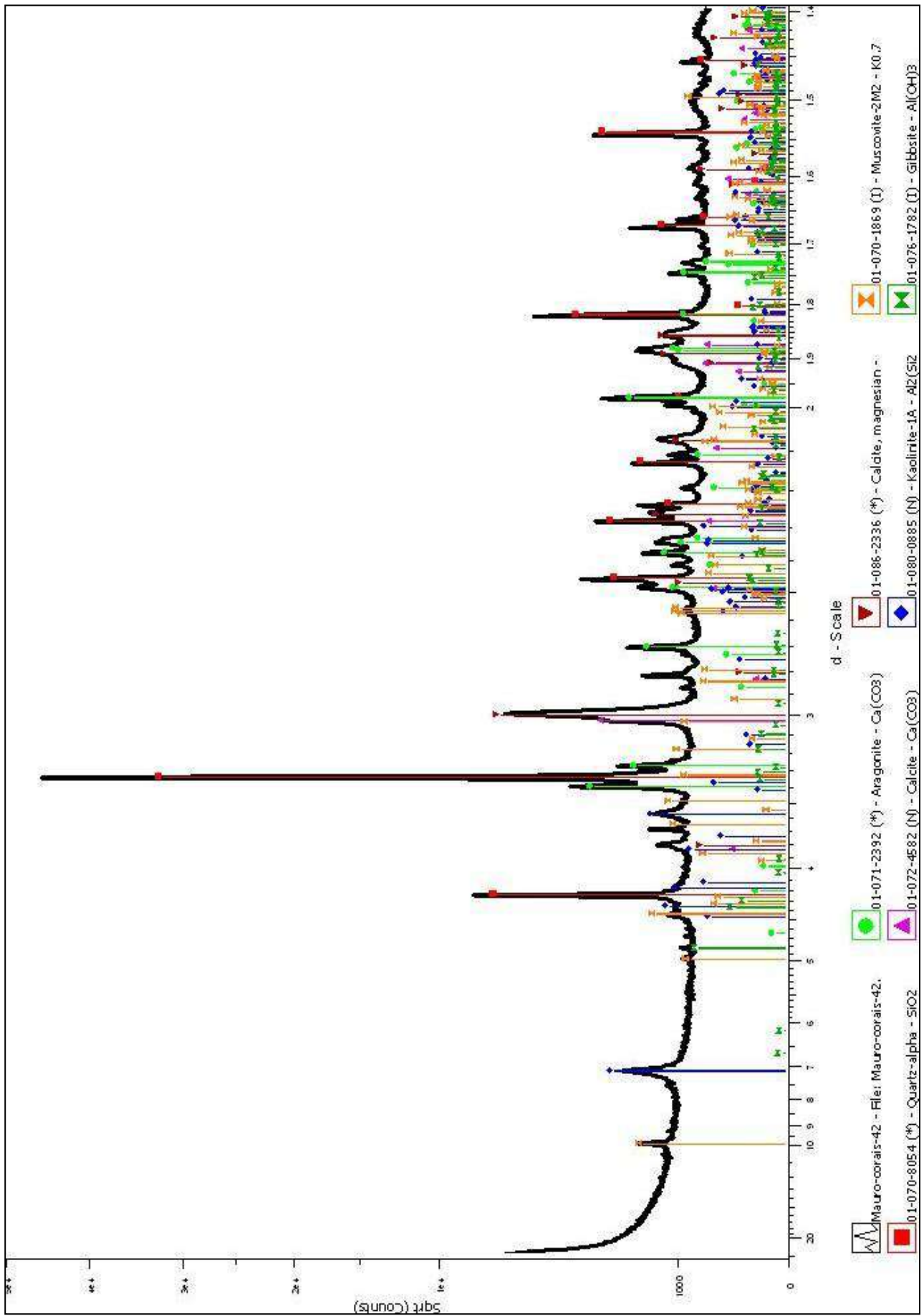


Figura 51: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 42. (Fonte: CETEM)

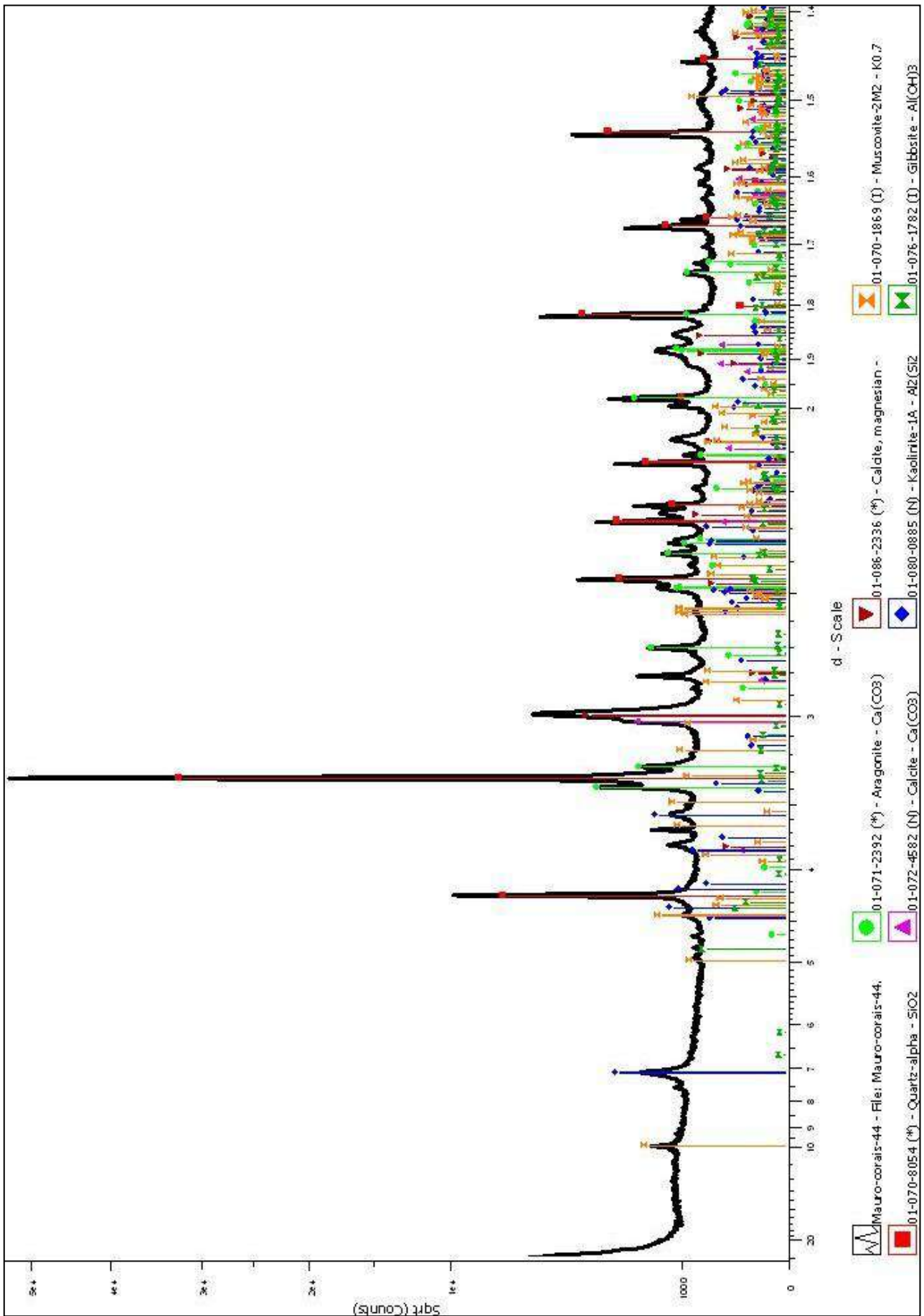


Figura 52: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 44. (Fonte: CETEM)

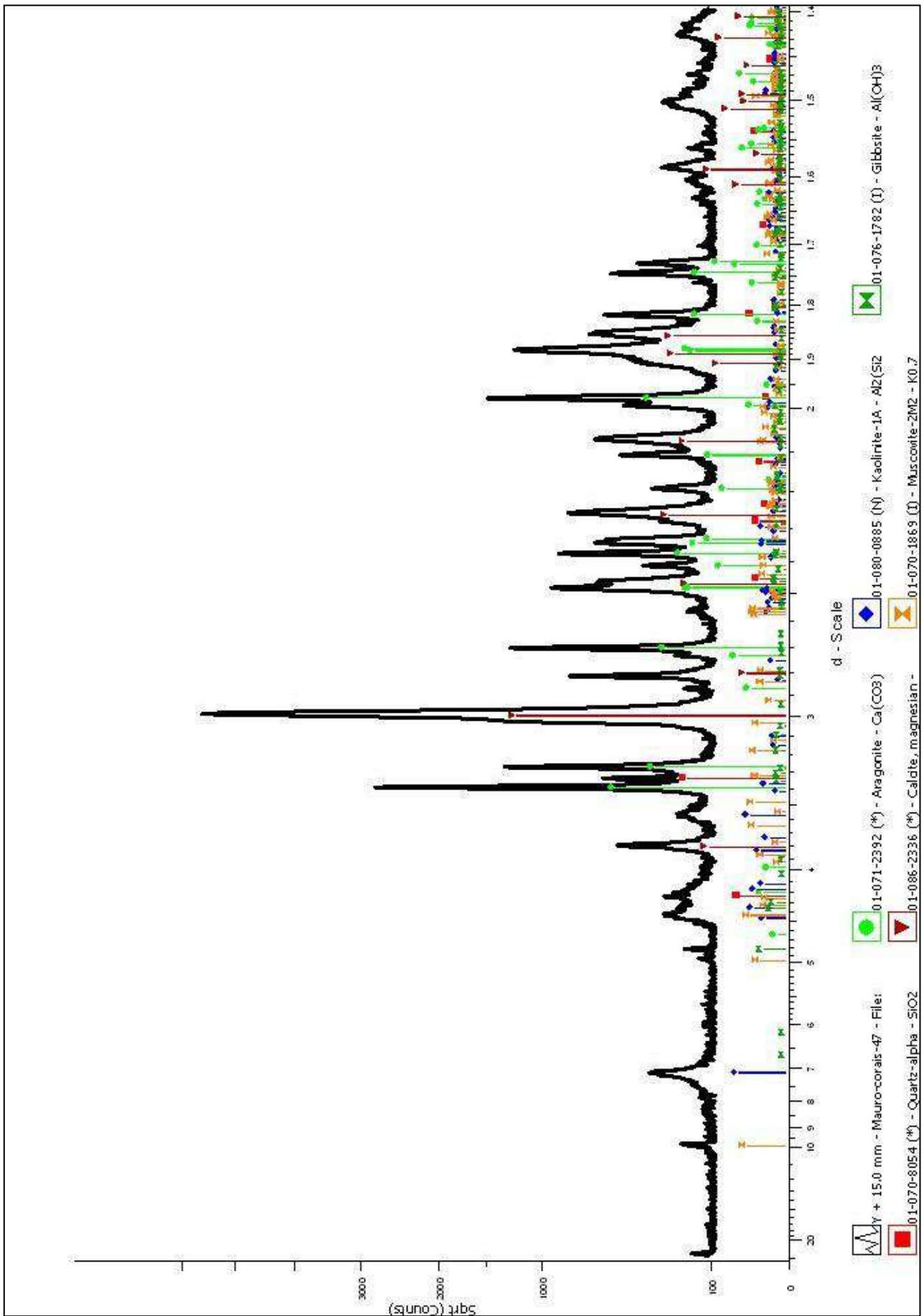


Figura 53: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 47. (Fonte: CETEM)

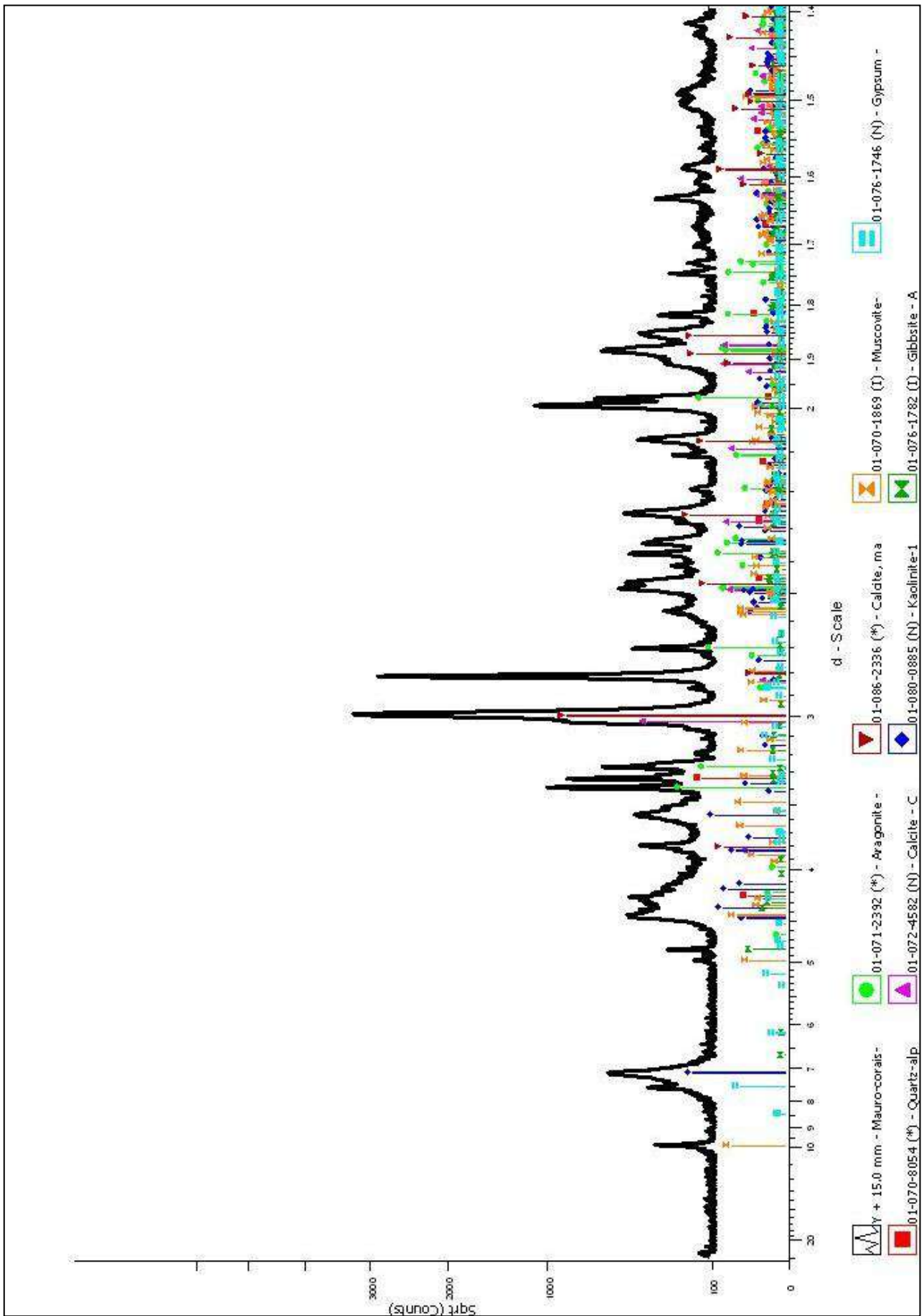


Figura 54: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 50. (Fonte: CETEM)

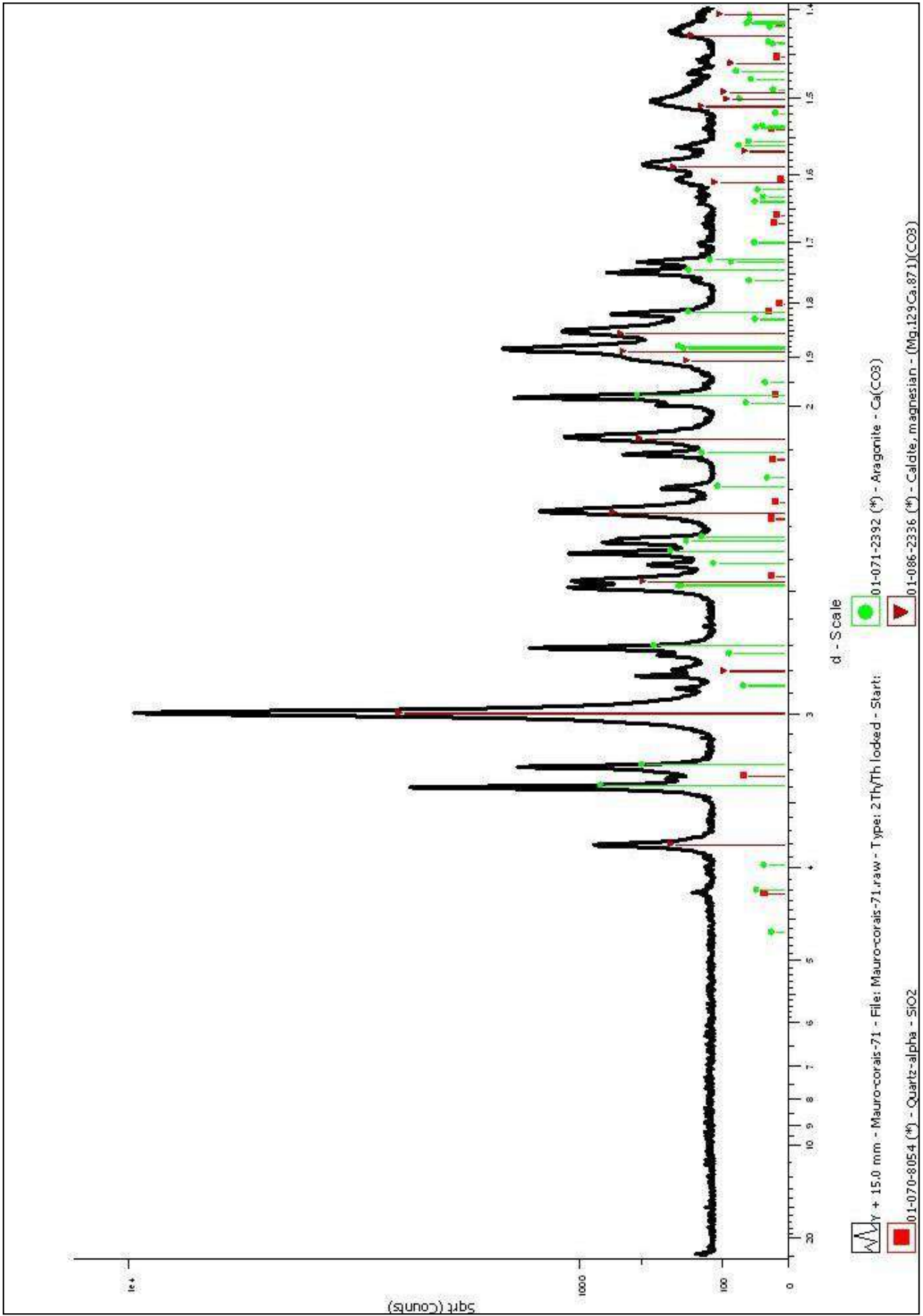


Figura 55: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 71. (Fonte: CETEM)

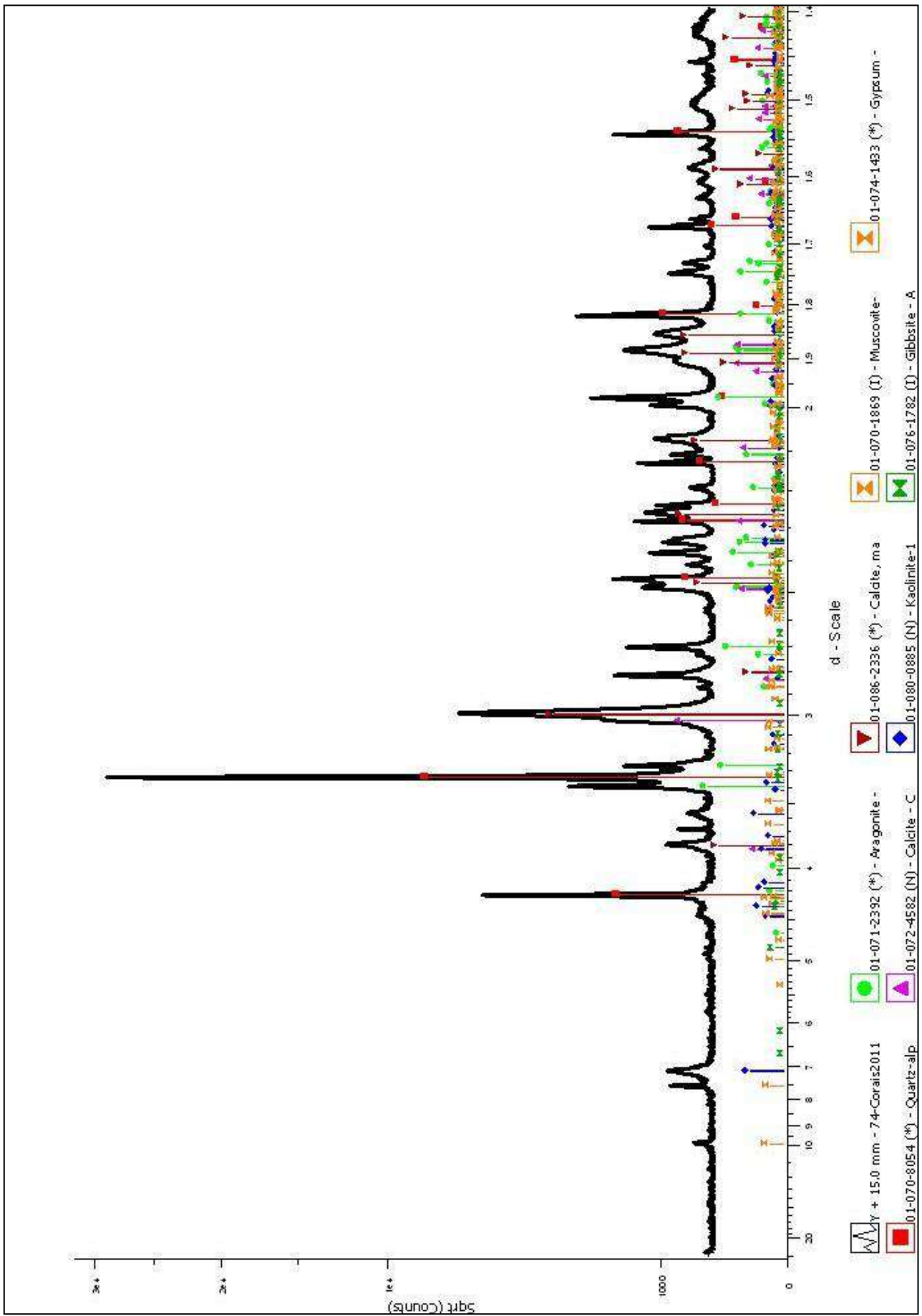


Figura 56: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 74. (Fonte: CETEM)

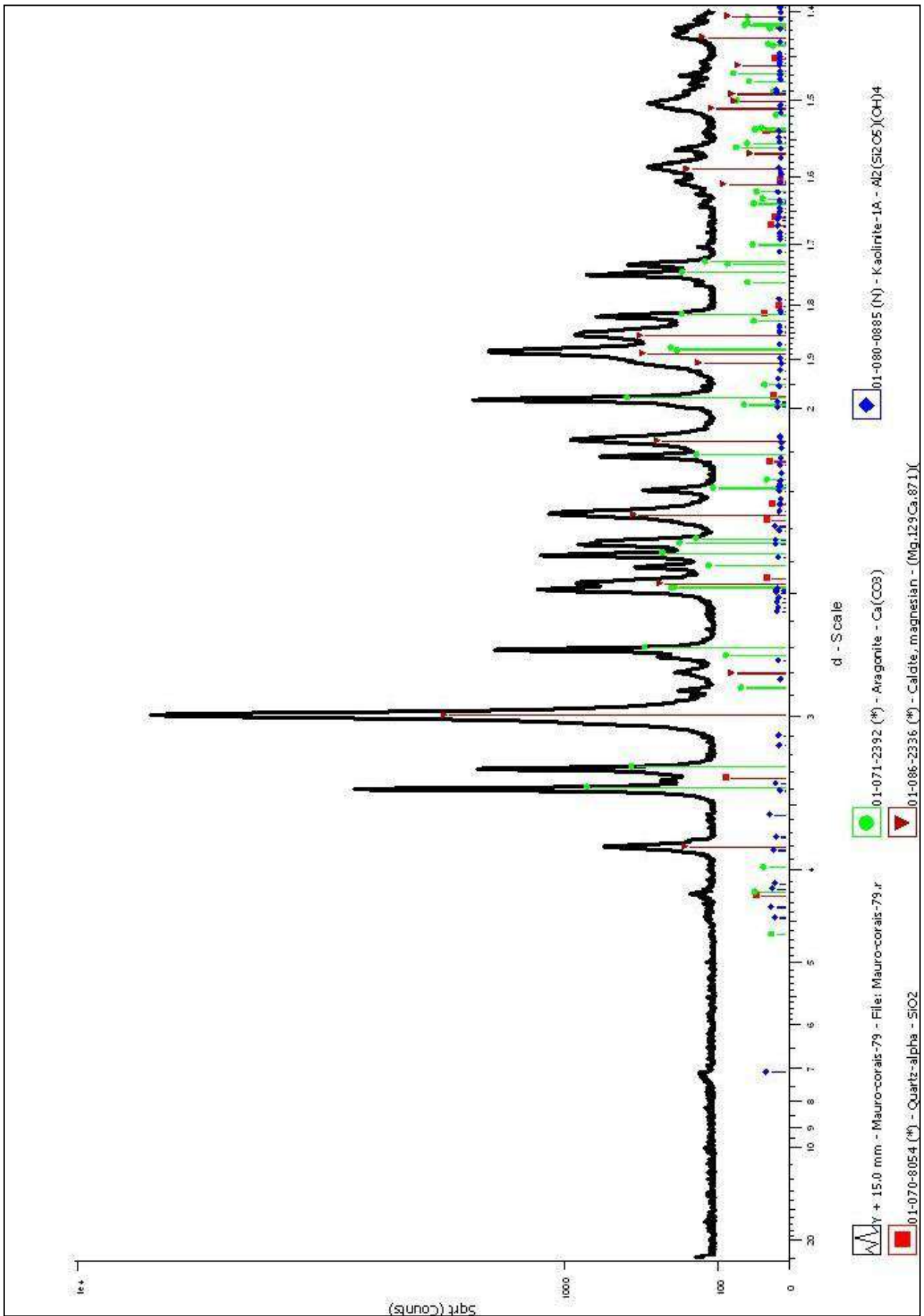


Figura 57: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 79. (Fonte: CETEM)

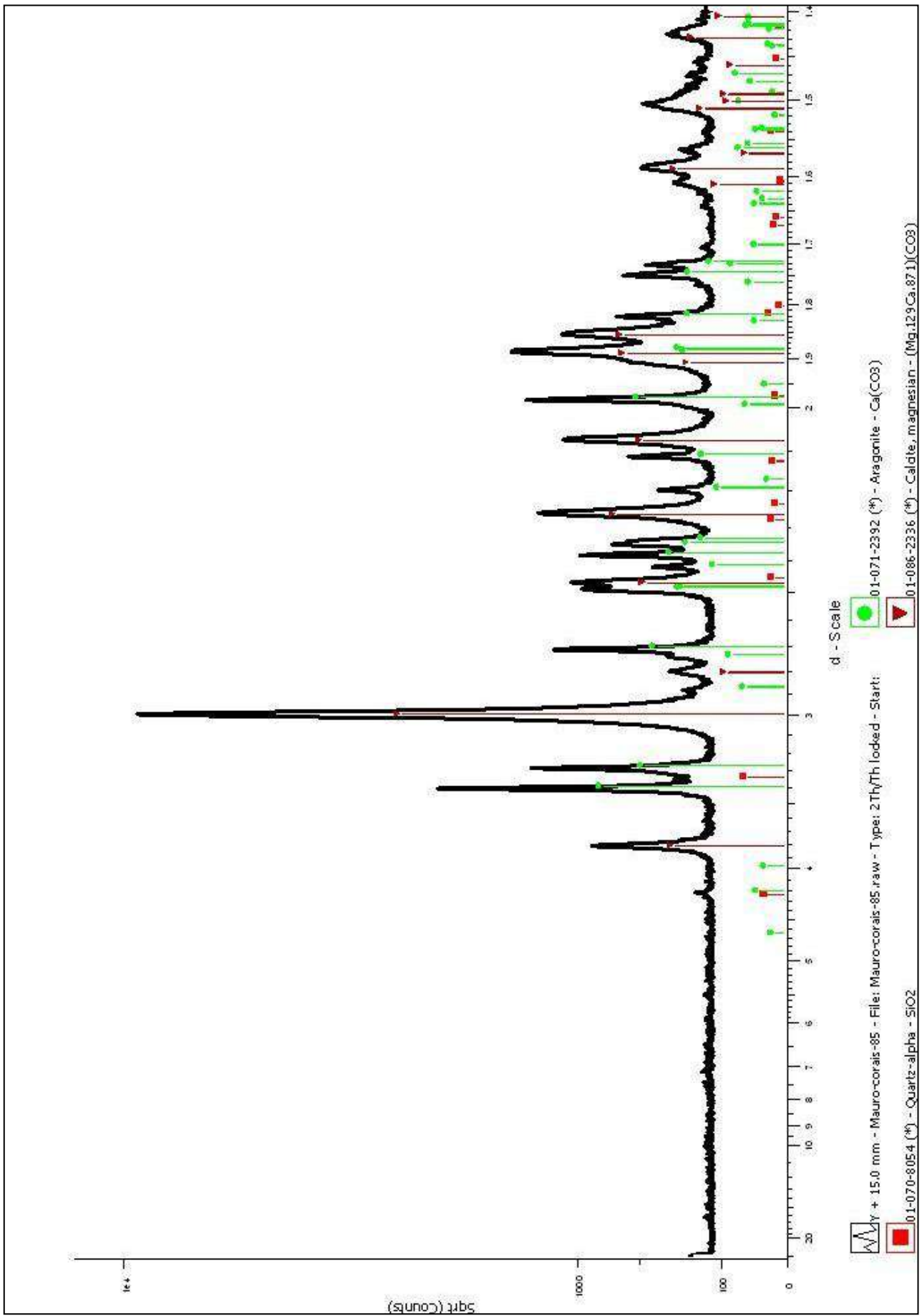


Figura 58: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 85. (Fonte: CETEM)

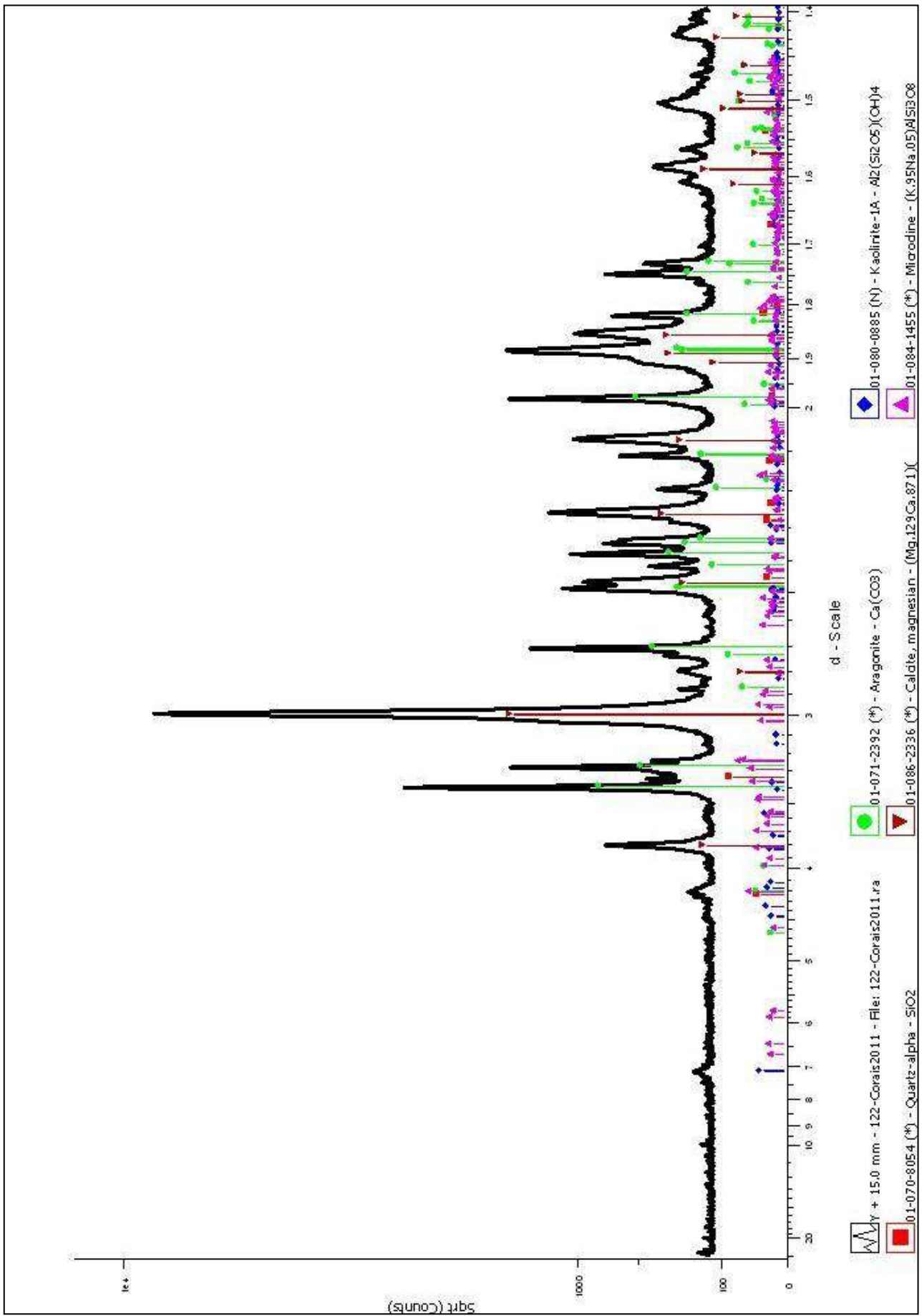


Figura 59: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 122. (Fonte: CETEM)

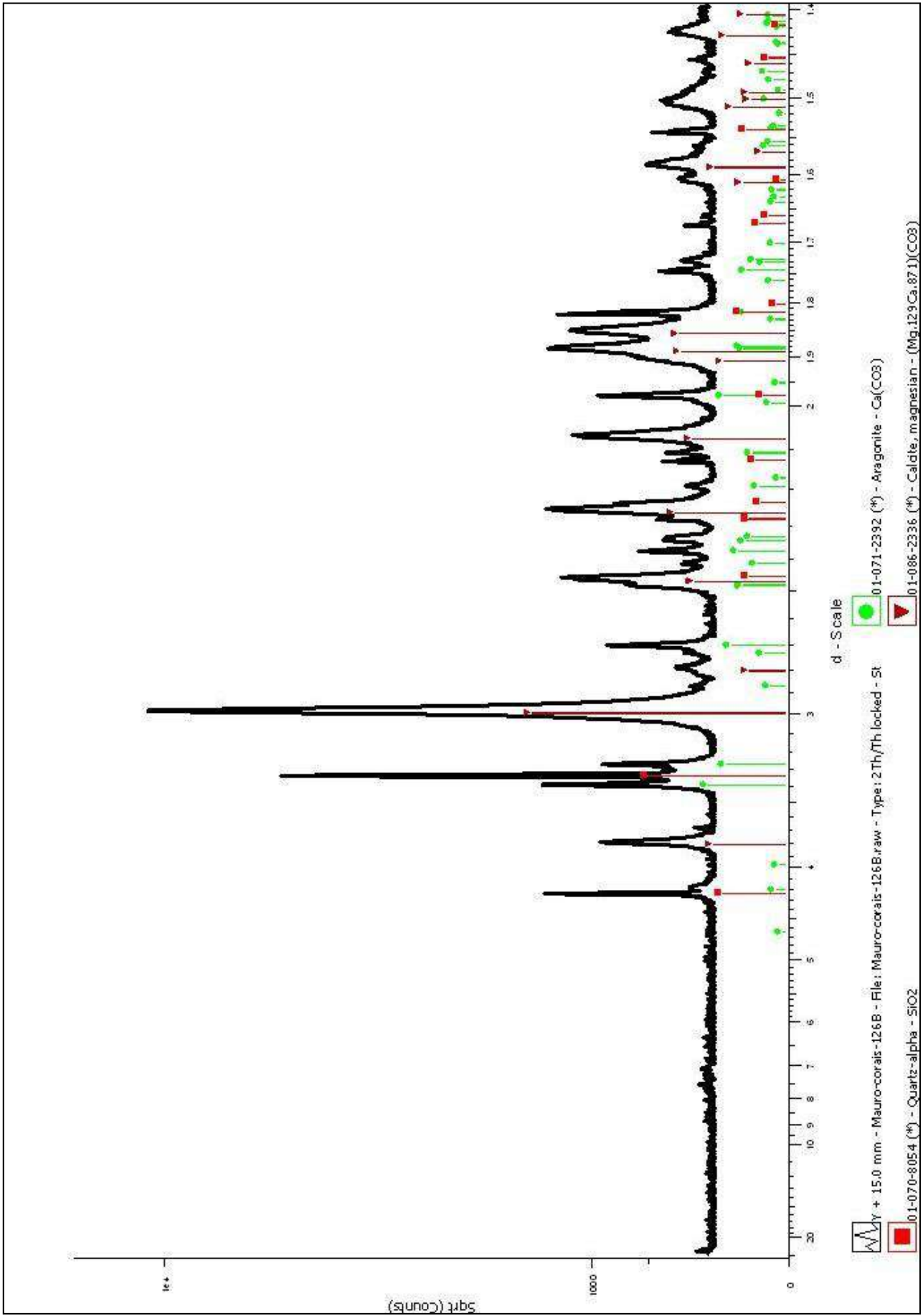


Figura 60: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 126. (Fonte: CETEM)

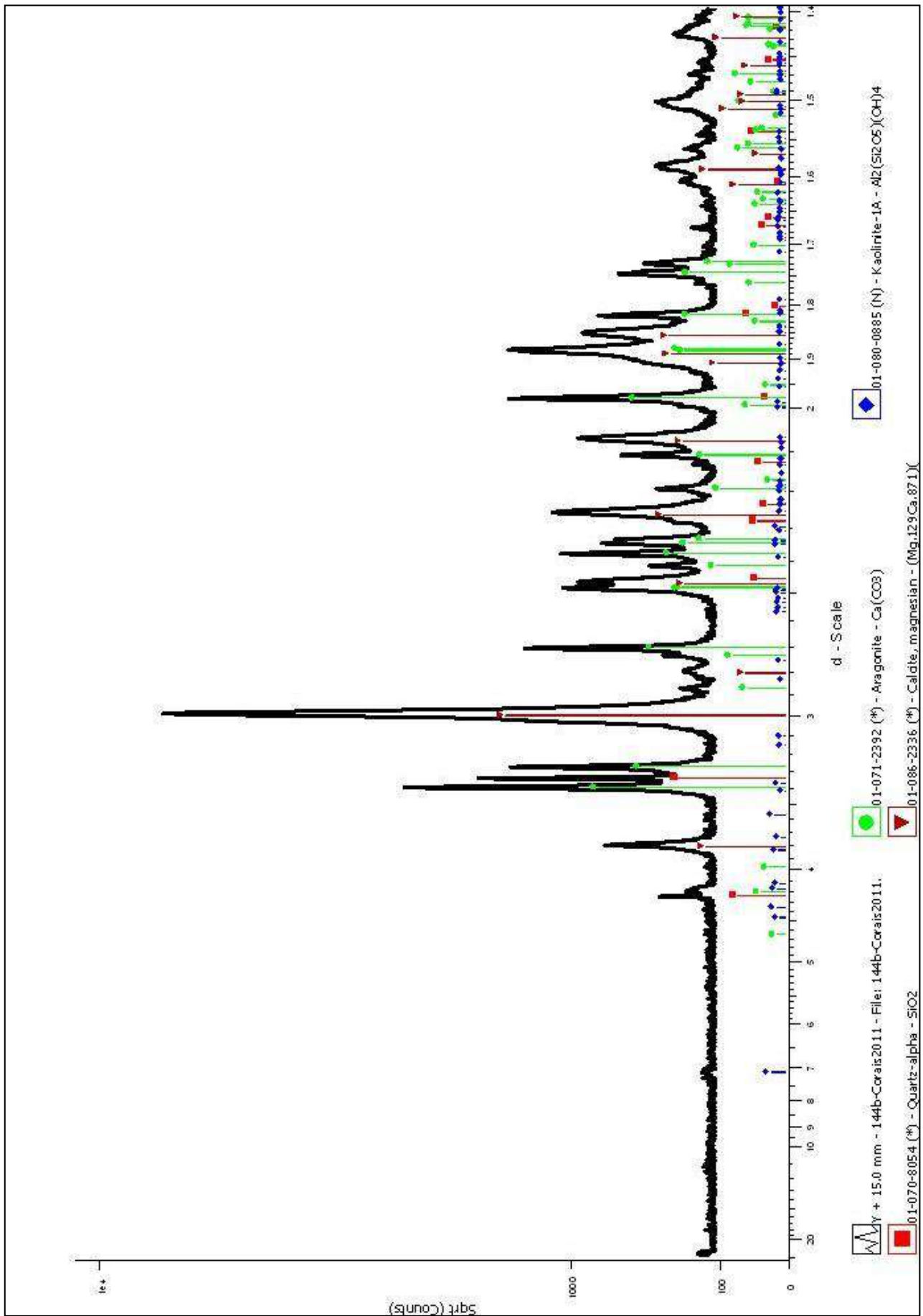


Figura 61: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 144. (Fonte: CETEM)

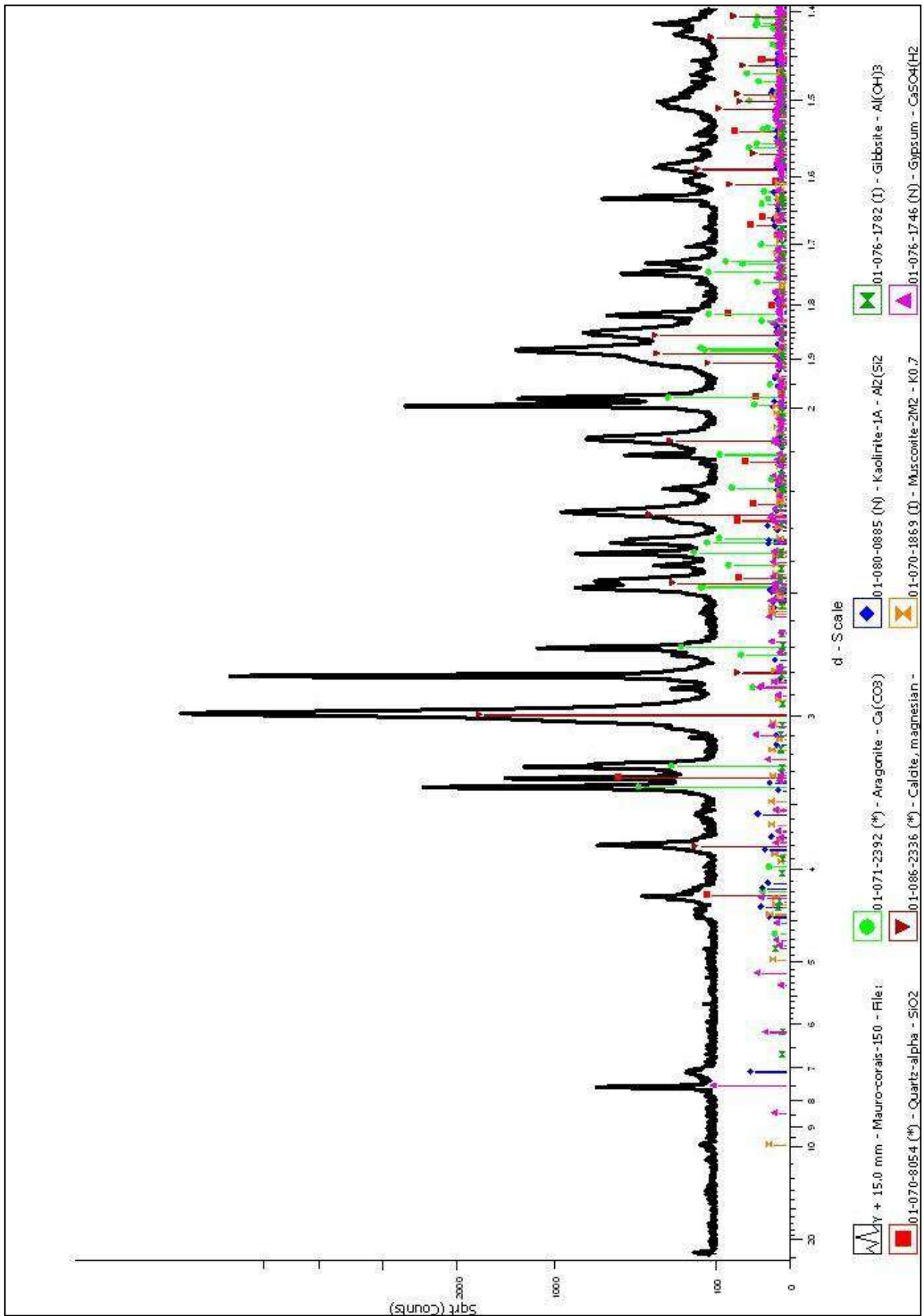


Figura 62: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 150. (Fonte: CETEM)

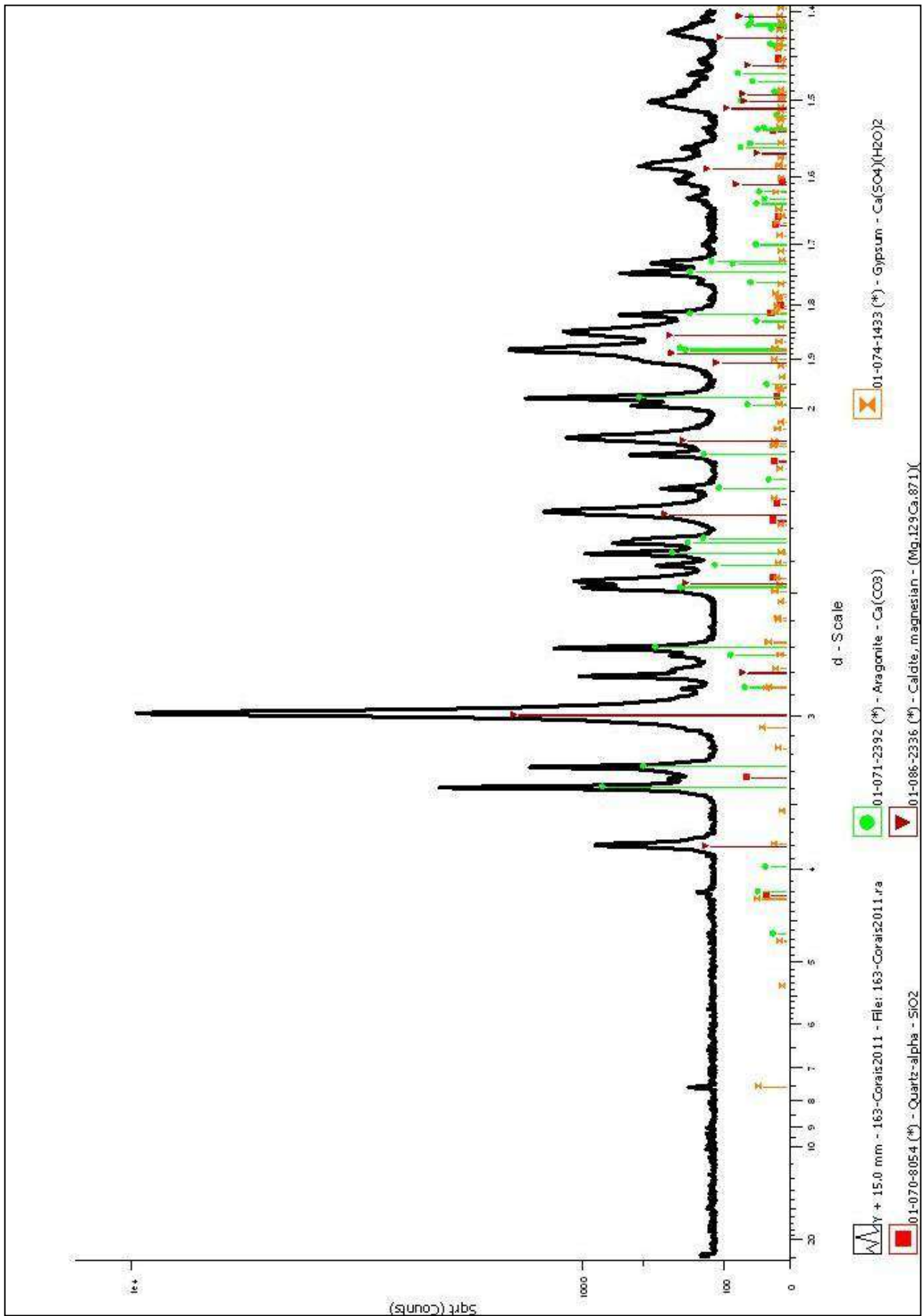


Figura 63: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 163. (Fonte: CETEM)

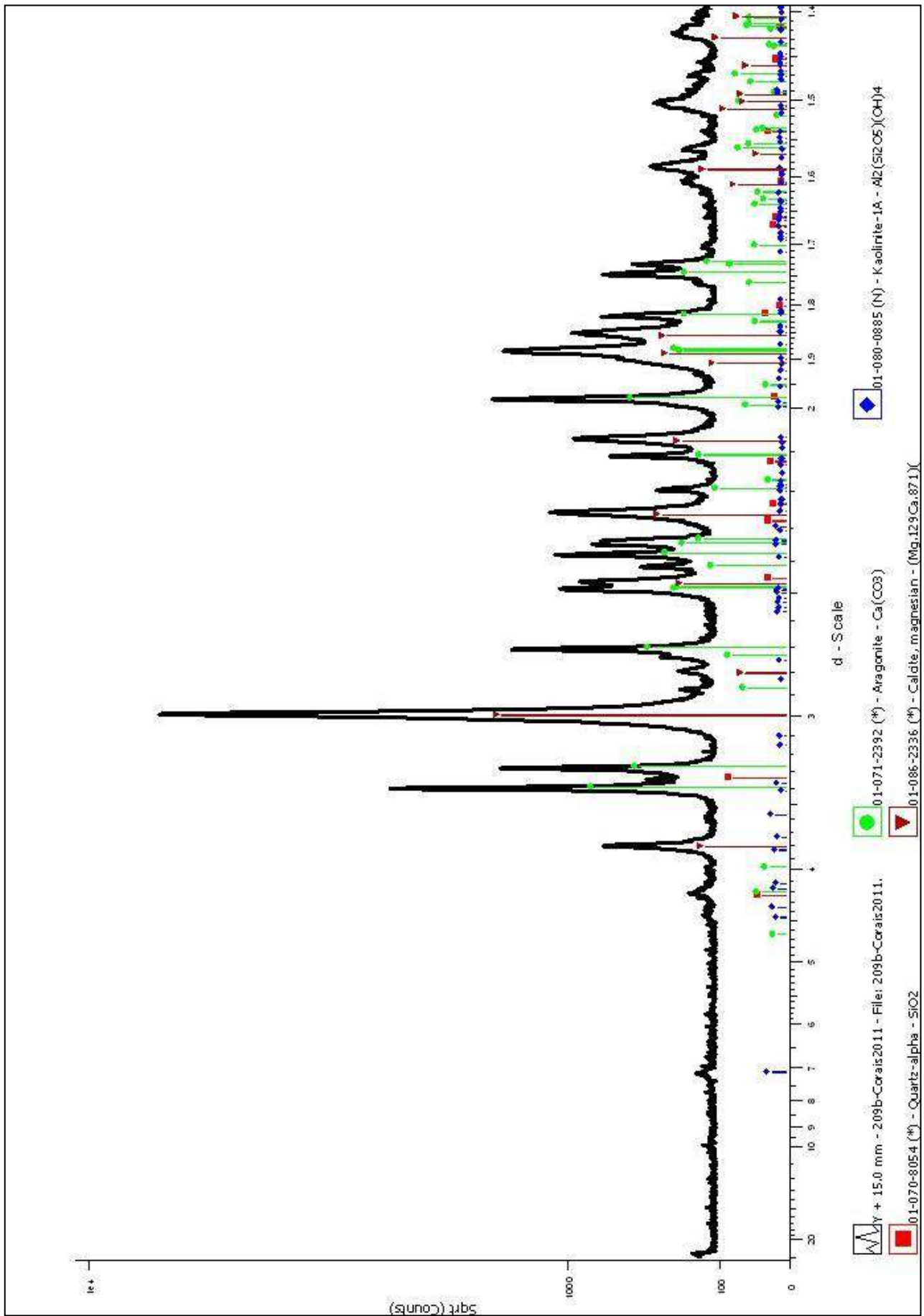


Figura 64: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 209. (Fonte: CETEM)

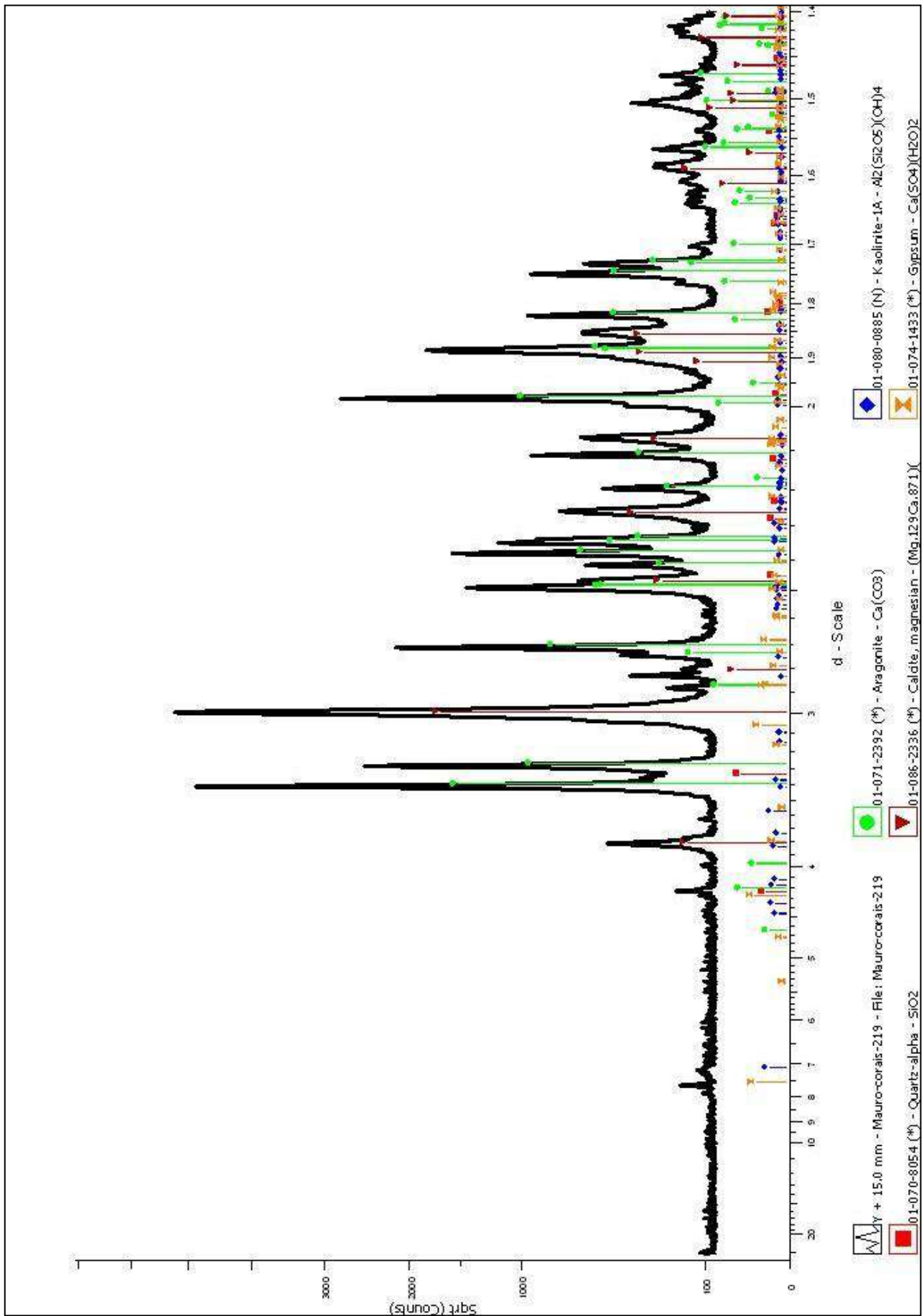


Figura 65: Análise Mineralógica por difração de raios-X – Amostra 219. (Fonte: CETEM)

10. Resultados e discussão

10.1 Composição Mineralógica

Como a análise foi qualitativa, onde o interesse foi apenas identificar a presença dos minerais em cada amostra, não há percentagens de cada mineral. Contudo, foi estipulada uma metodologia a fim de expressar a representatividade de cada mineral presente. Para tal, considerou-se “zero” como mineral ausente, já que ele não aparecia no gráfico. Como mineral presente, mas em quantidade pouco expressiva em relação ao mesmo mineral em outros gráficos, considerou-se “um”. Por fim, para um mineral bem expressivo em relação ao mesmo em outros gráficos, “dois”. Notam-se dados aparentemente quantitativos, mas visam apenas o grau de representatividade de cada mineral entre as 15 amostras, se utilizando de uma comparação relativa. A tabela 02 abaixo ilustra os resultados.

Tabela 02: Análise qualitativa da presença de minerais em cada ponto.

Pontos /Minerais	Quartzo	Aragonita	Calcita	Calcita-Mg	Caolinita	Muscovita	Gibbsita	Gipsita	LATITUDE	LONGITUDE
42	1	1	2	1	2	1	1	0	500800	8187400
44	1	1	2	1	2	1	1	0	500800	8188200
47	1	2	0	2	2	2	2	0	501200	8183400
50	1	2	0	2	2	2	2	2	501200	8184600
71	1	2	0	2	0	0	0	0	501600	8187000
74	2	1	2	1	2	1	1	2	501600	8188200
79	1	2	0	2	1	0	0	0	502000	8184200
85	1	2	0	2	0	0	0	0	502000	8186600
122	1	2	0	2	1	0	0	0	503200	8183400
126	2	2	0	2	0	0	0	0	503200	8185000
144	2	2	0	2	1	0	0	0	503600	8186200
150	2	2	0	2	1	1	1	2	503600	8188600
163	1	2	0	2	0	0	0	1	502276	8185794
209	1	2	0	2	1	0	0	0	501036	8185717
219	1	2	0	2	1	0	0	1	501328	8185372

Legenda:	
Não tem	0
Tem	1
Tem muito	2

A partir dos dados apresentados na tabela, foi utilizado o software de processamento de dados ARCGIS 9.3 para gerar mapas com essa representatividade de minerais de cada ponto. Utilizou-se o Sistema de Coordenadas UTM, DATUM WGS 1984, zona 24 S.

Primeiramente foi gerado um mapa com todos os pontos seguindo o critério da tabela acima e ilustrando na forma gráfica de “pizza” os minerais representativos de cada ponto (Figura 66).

Posteriormente, para cada mineral, foi feito um mapa considerando a ausência, presença, ilustrado por “pouco” e presença expressiva, ilustrado por “muito”. Para isto, foi utilizada a ferramenta “Spatial Analyst”, seguindo o critério da tabela acima e interpolando os pontos amostrados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD). O resultado está representado nos mapas abaixo (Figuras 67 - 74).

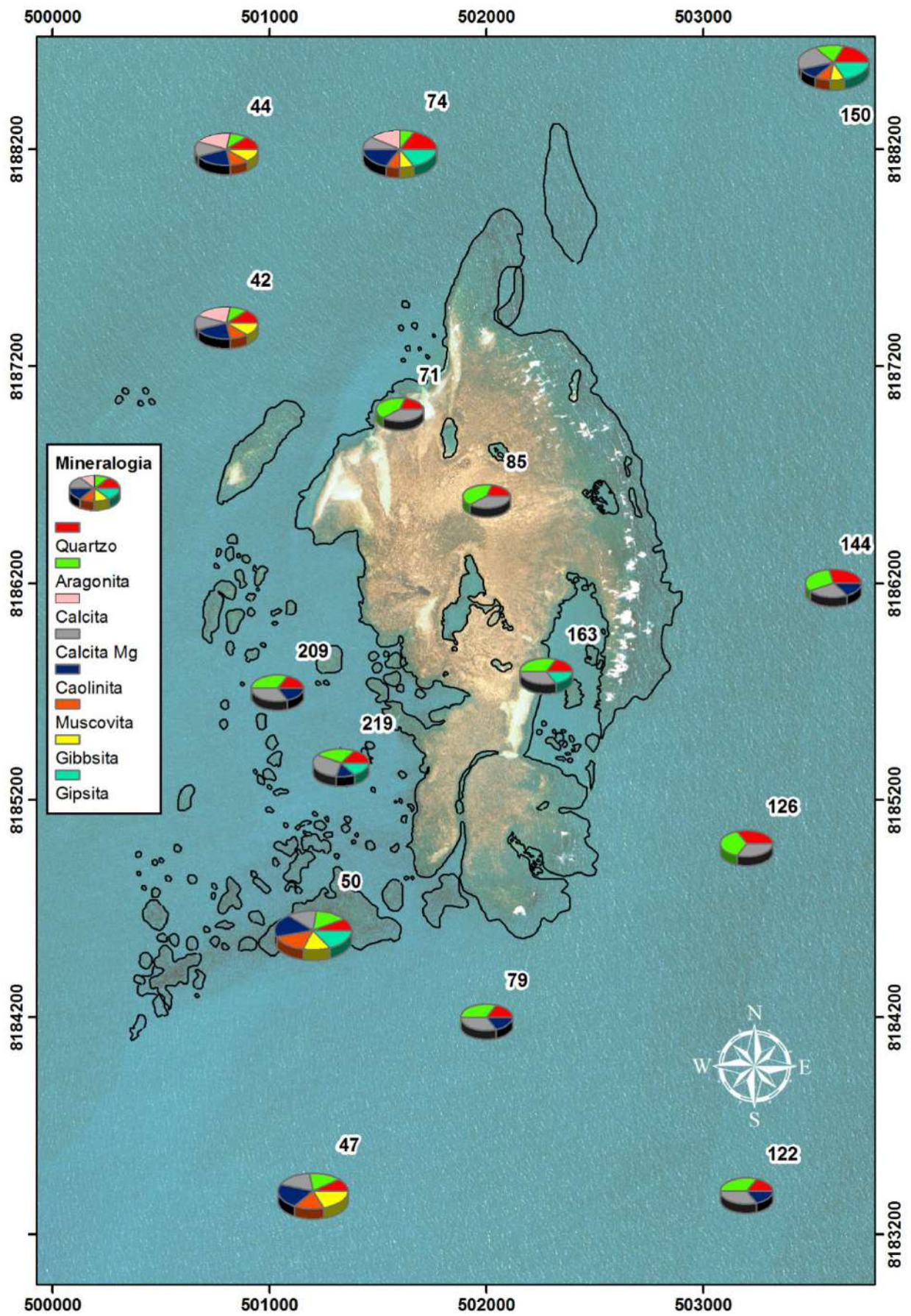


Figura 66: Mapa geral de distribuição mineralógica do Recife de Fora.

O quartzo é um mineral que ocorre em todas as amostras estudadas, bem como aragonita e calcita magnesiana. Ele tem sua abrangência predominantemente nas porções nordeste e leste do recife (Figura 67). Sua origem pode estar associada ao intemperismo das rochas proterozóicas e ao intemperismo e retrabalhamento do Grupo Barreiras, em especial pelo episódio da Última Transgressão Marinha (+ 5,1 k.a.). Esse mineral terrígeno é transportado pelos rios e, quando desembocado no mar, é retransportado e retrabalhado pela deriva litorânea. Devido a maior concentração na região norte/nordeste do Recife de Fora, é provável que a deriva litorânea de N45° (Primavera/Verão) associada a presença dos Rios Jequitinhonha e João Tibá tenham maior influência no transporte do quartzo.

A aragonita, mineral também abrangente em todas as amostras estudadas, ocorre em predominância em praticamente toda a área, exceto por uma porção a noroeste do recife, que esta ocorre em menor quantidade (Figura 68). O mapa de distribuição da aragonita é idêntico ao da calcita magnesiana (Figura 70). Ambos apresentam uma relação inversa com a calcita (pura, Figura 69). Onde a calcita ocorre em maior quantidade, ocorre aragonita e calcita magnesiana em baixa quantidade. Onde não ocorre a calcita, estes predominam em maior quantidade. A aragonita é típica de ambiente de recife de coral vivo, onde os organismos constroem as estruturas biogênicas (recife) a partir do carbonato e dos íons de cálcio dissolvidos na água do mar. Se houver material trazido de fora, certamente a maior parte absoluta é proveniente da frente de onda N90° (bem distribuídas o ano todo).

A calcita tem seu predomínio na porção noroeste da área, ocorrendo na relação inversa citada acima. A calcita somente foi encontrada nas amostras 42, 44 e 74, que delimitam esta área de predomínio. Contudo, não ocorre uma área de menor proporção, mas sim de ausência de calcita no restante do recife. Em geral, a calcita pura presente no litoral brasileiro é proveniente de material transportado de algum recife. Existem alguns recifes ao norte do Recife de Fora, como o Recife de Ponta de Mutá. Deles, possivelmente, origina-se parte desta calcita, que muito provavelmente é transportada pela frente de onda de nordeste N45° (Primavera/Verão).

A calcita magnesiana, que é fixada pelas algas calcárias (Figura 70), como já foi dito, ocorre de forma idêntica a aragonita, a porção noroeste em menor quantidade, e todo o resto do mapa em maior quantidade. As algas calcárias também retiram da água do mar o carbonato, o cálcio e uma baixa quantidade de magnésio que entra na estrutura. Das frentes de onda mais prováveis de auxiliarem no transporte desses íons, certamente a mais influente é a N90° (bem distribuídas o ano todo).

A caolinita apresenta duas áreas de predominância: as porções noroeste e sudoeste (Figura 71). No restante da região do parque municipal, ela ocorre em menor quantidade, estando ausente na área diretamente sobre o recife. Este terrígeno apresenta diversas fontes, em especial os gnaisses e granitóides proterozóicos que foram retrabalhados, juntamente com o Grupo Barreiras, pelas três últimas grandes transgressões do Quaternário. Outra fonte expressiva deste mineral é o Rio Jequitinhonha, que é um rio de

grande porte e corta várias unidades, inclusive as rochas proterozóicas do embasamento. Um pouco menos expressiva que a anteriormente citada, mas também bastante influente fonte da caolinita é o Rio Buranhém. É provável que o Rio Jequitinhonha juntamente com a deriva litorânea de N45° (Primavera/Verão) sejam os responsáveis pelo predomínio de caolinita nesta porção noroeste. E que o Rio Buranhém mais as frentes de onda de N135° e N157° (Outono/Inverno) contribuem para o predomínio deste mineral na porção sudoeste.

A muscovita apresenta apenas duas áreas de abrangência: a porção norte do parque e a porção sudoeste, contendo nesta uma área de predominância (Figura 72). Não ocorre no restante da área. Por ser abrangente apenas em duas porções locais e predominar apenas em uma, é mais provável que a fonte dela seja de material trazido pelo rio. Na porção sudoeste o Rio Buranhém junto às derivas N135° e N157° (Outono/Inverno) é o mais provável responsável pelo predomínio da muscovita. E na parte norte, também fonte de rios, principalmente o Jequitinhonha, que junto à frente de onda de N45° (Primavera/Verão) é mais provável responsável pela ocorrência deste mineral em menor proporção.

A gibbsita (Figura 73) ocorre de forma idêntica a muscovita, áreas de abrangência norte e sudoeste, apresentando nesta última uma predominância. E a explicação seria basicamente a mesma. Tanto o alumínio quanto o íon hidroxila podem vir provenientes de intemperismo e transporte fluvial que ao desembocar no mar é transportado pelas correntes.

A gipsita (Figura 74) não apresentou uma forma regular de distribuição, como esperado. Ela ocorreu em predomínio nas amostras 50, 74 e 150, sendo a primeira a sudoeste e as outras duas a norte e nordeste do recife, respectivamente. As amostras 219 e 163 também continham gipsita, mas em menor quantidade, o que delimitou uma área de ocorrência na porção sul do recife, bem como outra a norte. A água do mar apresenta baixo teor em sulfatos, cerca de sete por cento. Já o cálcio ocorre em abundância. Existe uma possibilidade de que parte desse sulfato seja descarregado pelos rios. Mas certamente, a gipsita se origina a partir da evaporação da fase líquida, exatamente como um evaporito.

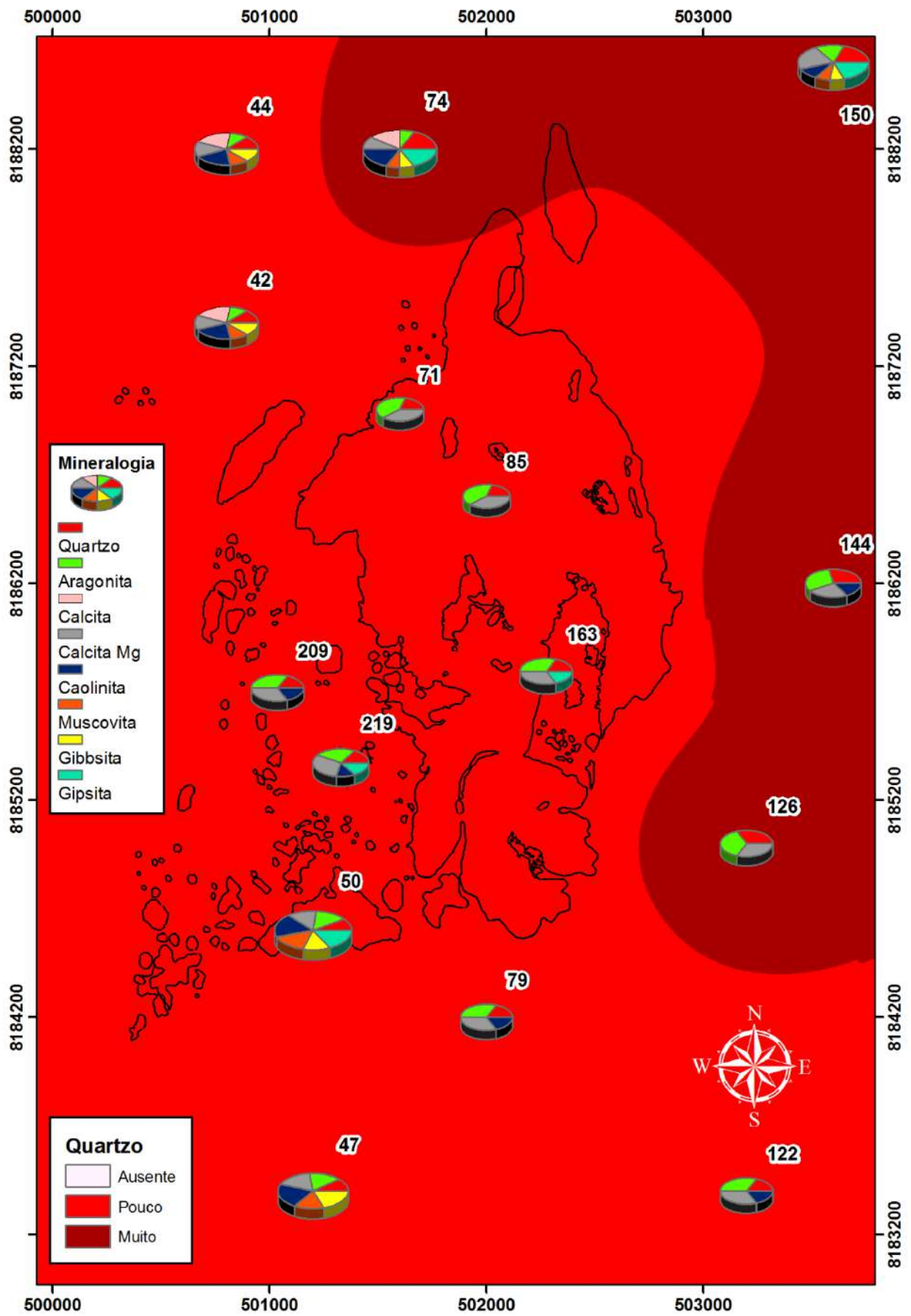


Figura 67: Mapa de distribuição de quartzo do Recife de Fora.

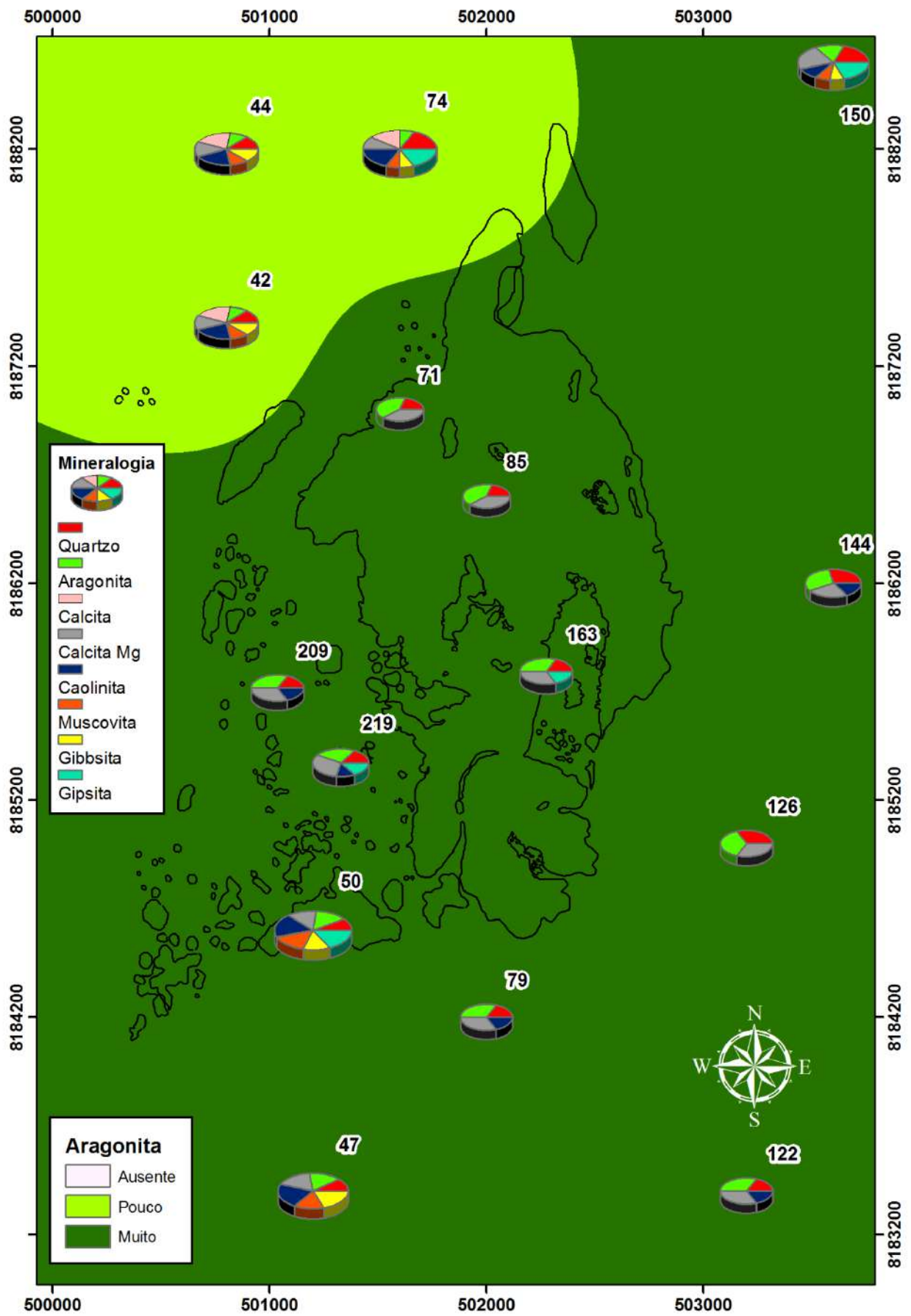


Figura 68: Mapa de distribuição de aragonita do Recife de Fora.

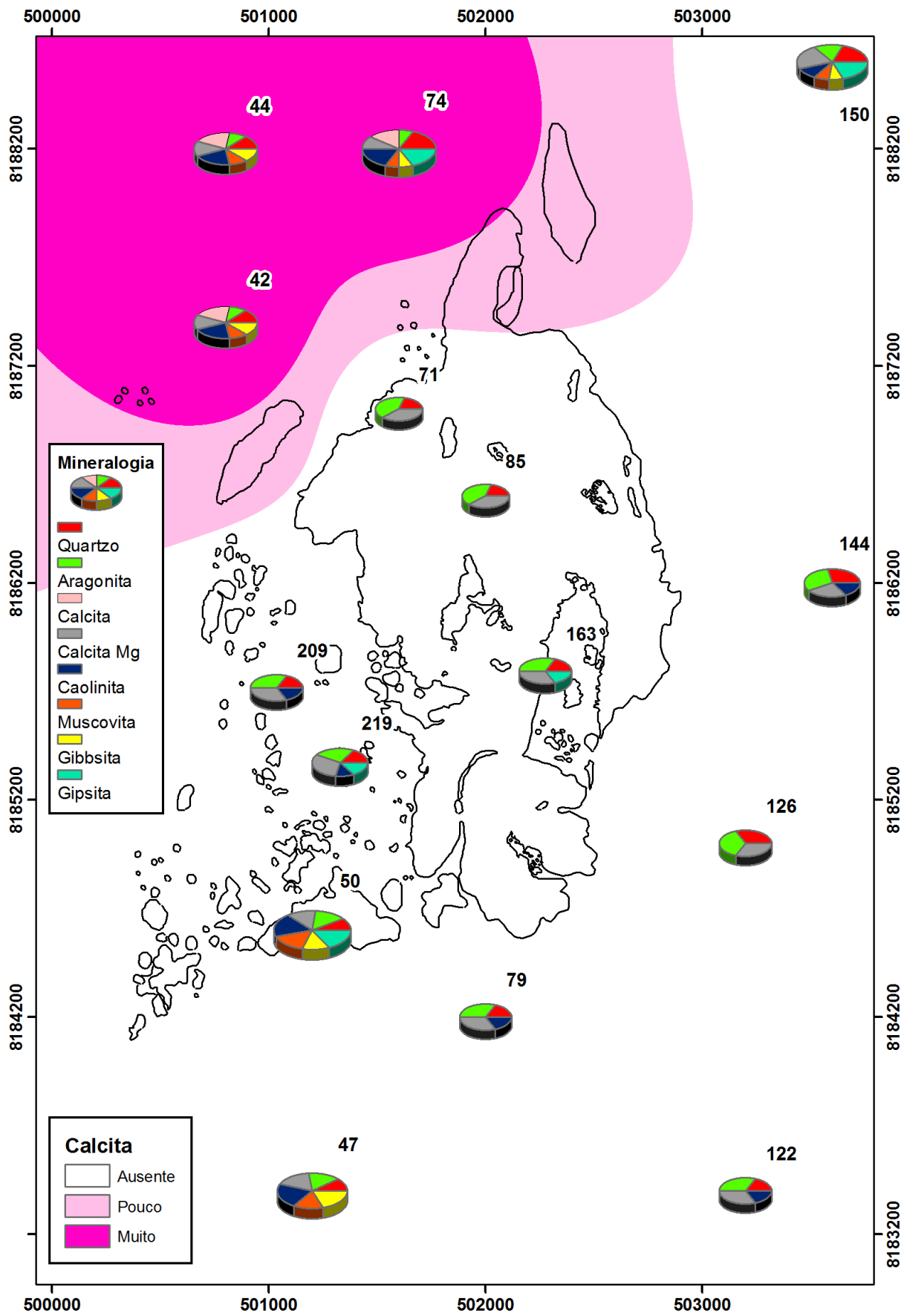


Figura 69: Mapa de distribuição de calcita do Recife de Fora.

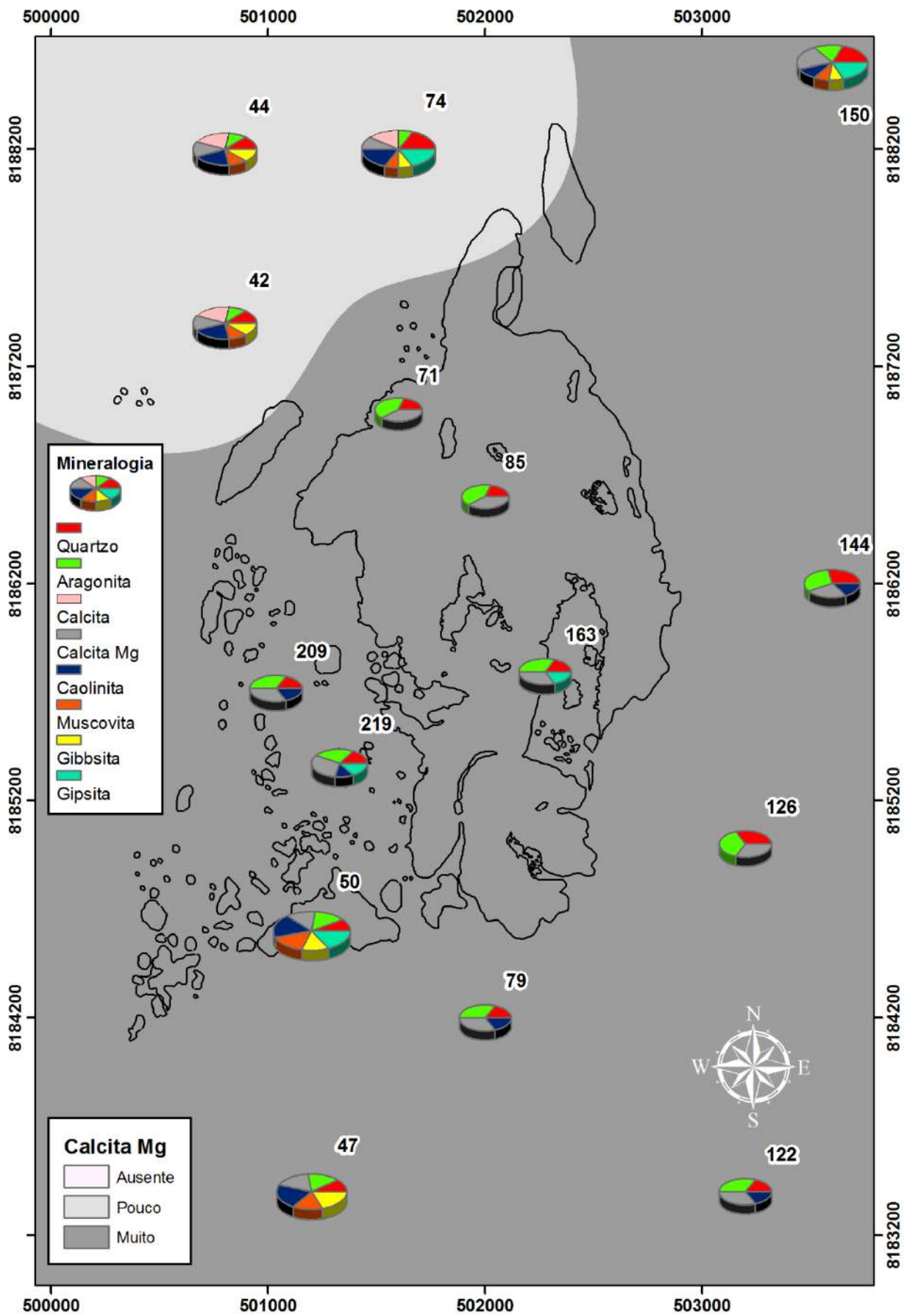


Figura 70: Mapa de distribuição de Calcita Magnésiana do Recife de Fora.

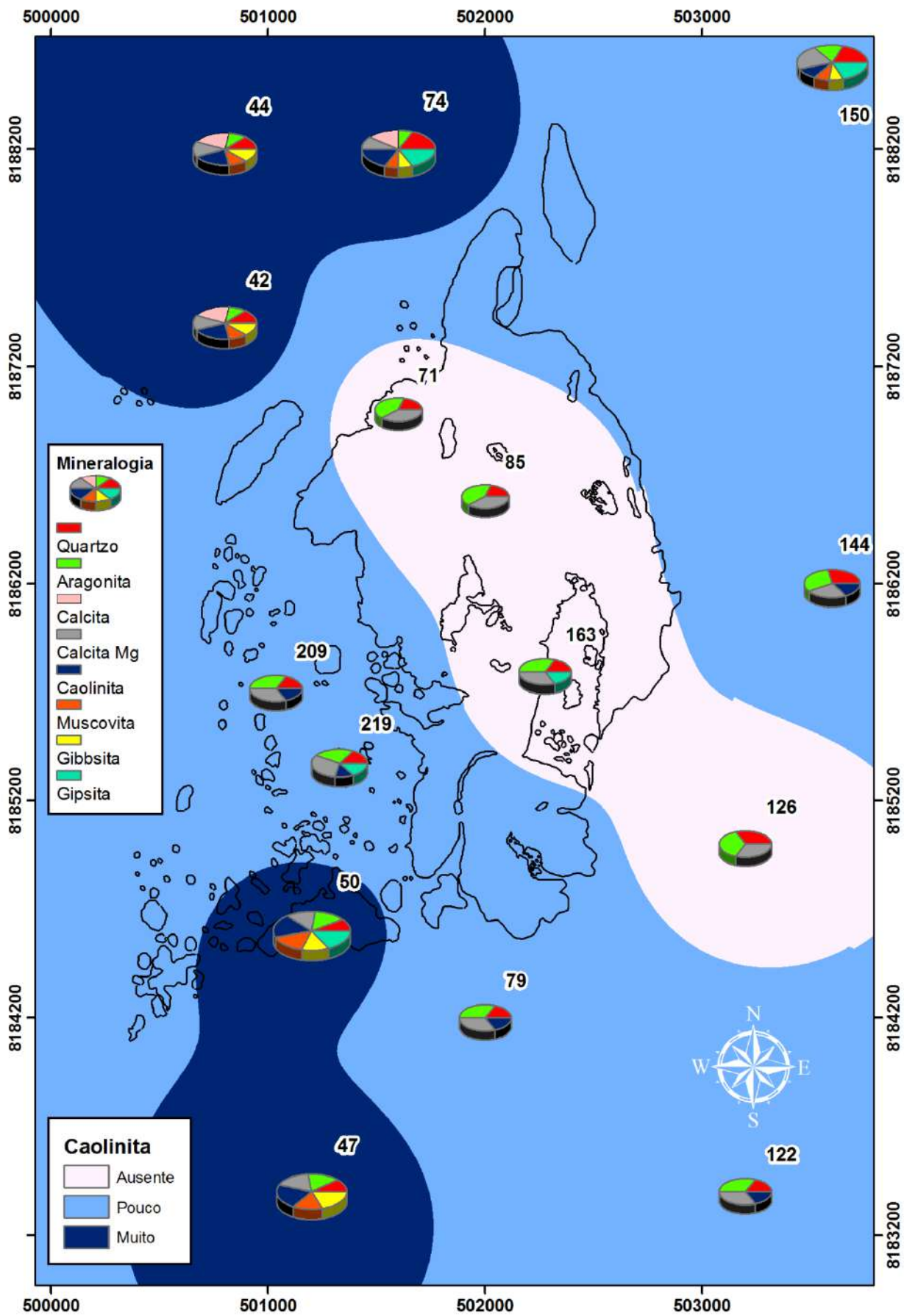


Figura 71: Mapa de distribuição de caolinita do Recife de Fora.

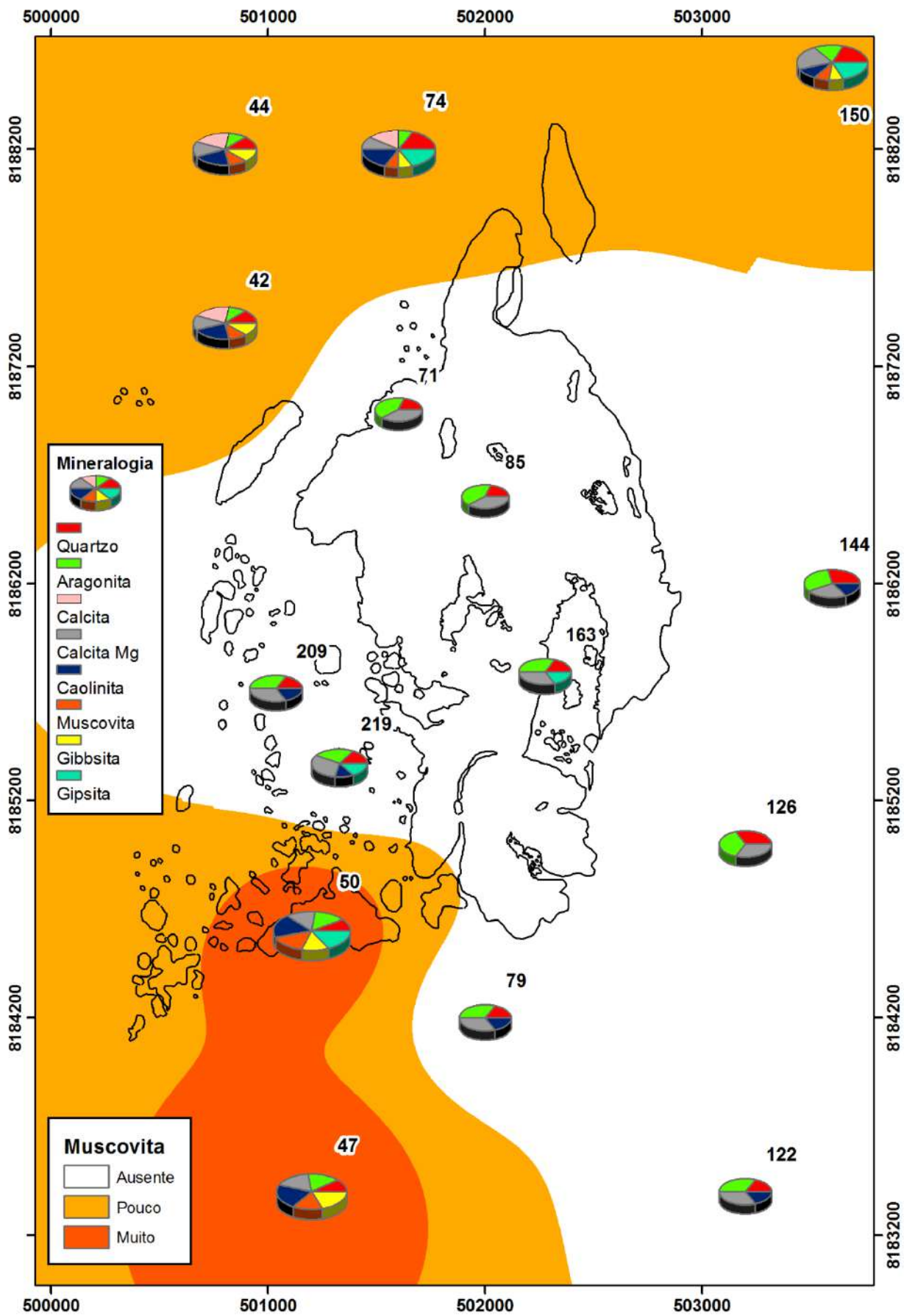


Figura 72: Mapa de distribuição de muscovita do Recife de Fora.

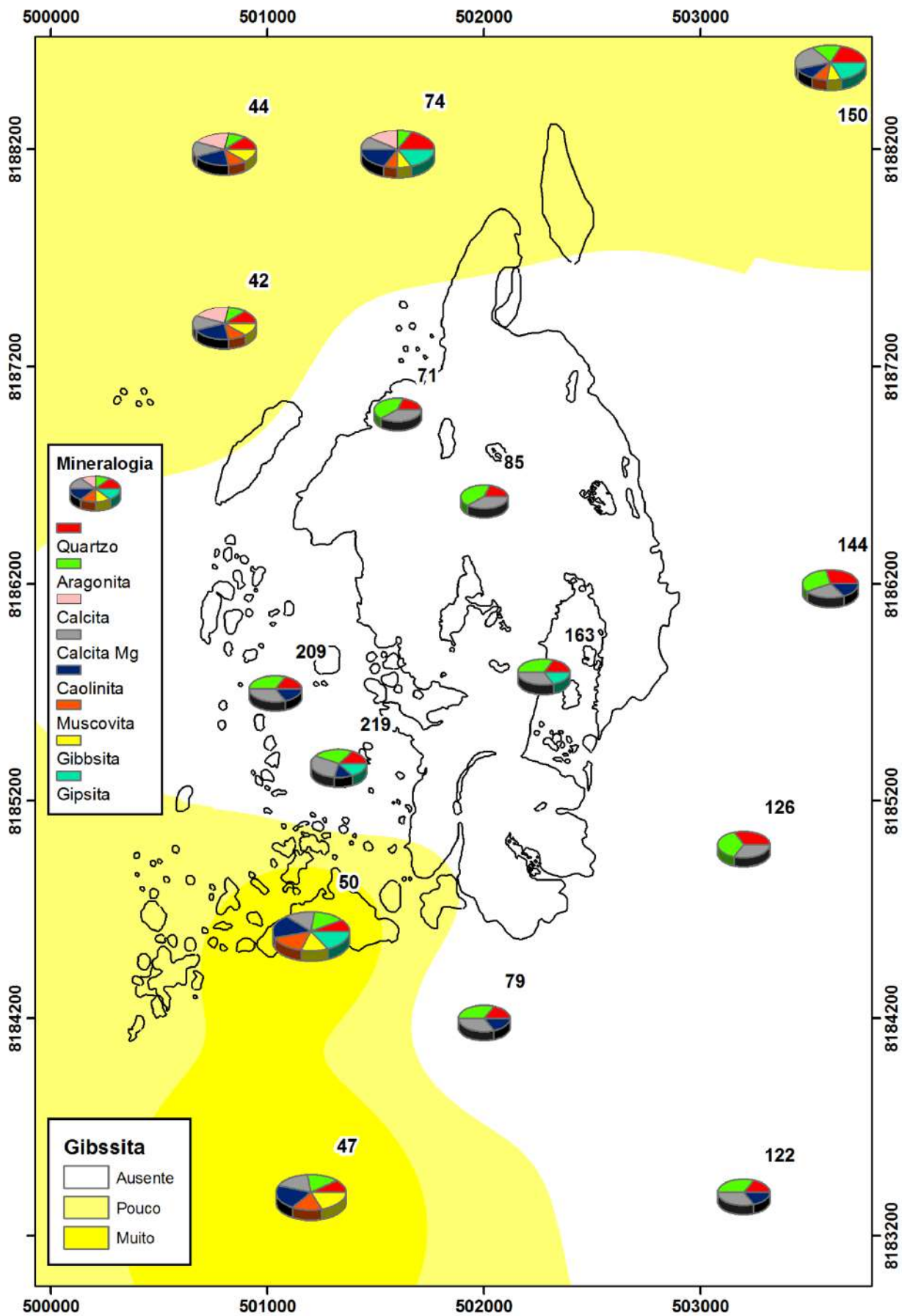


Figura 73: Mapa de distribuição de Gibbsita do Recife de Fora.

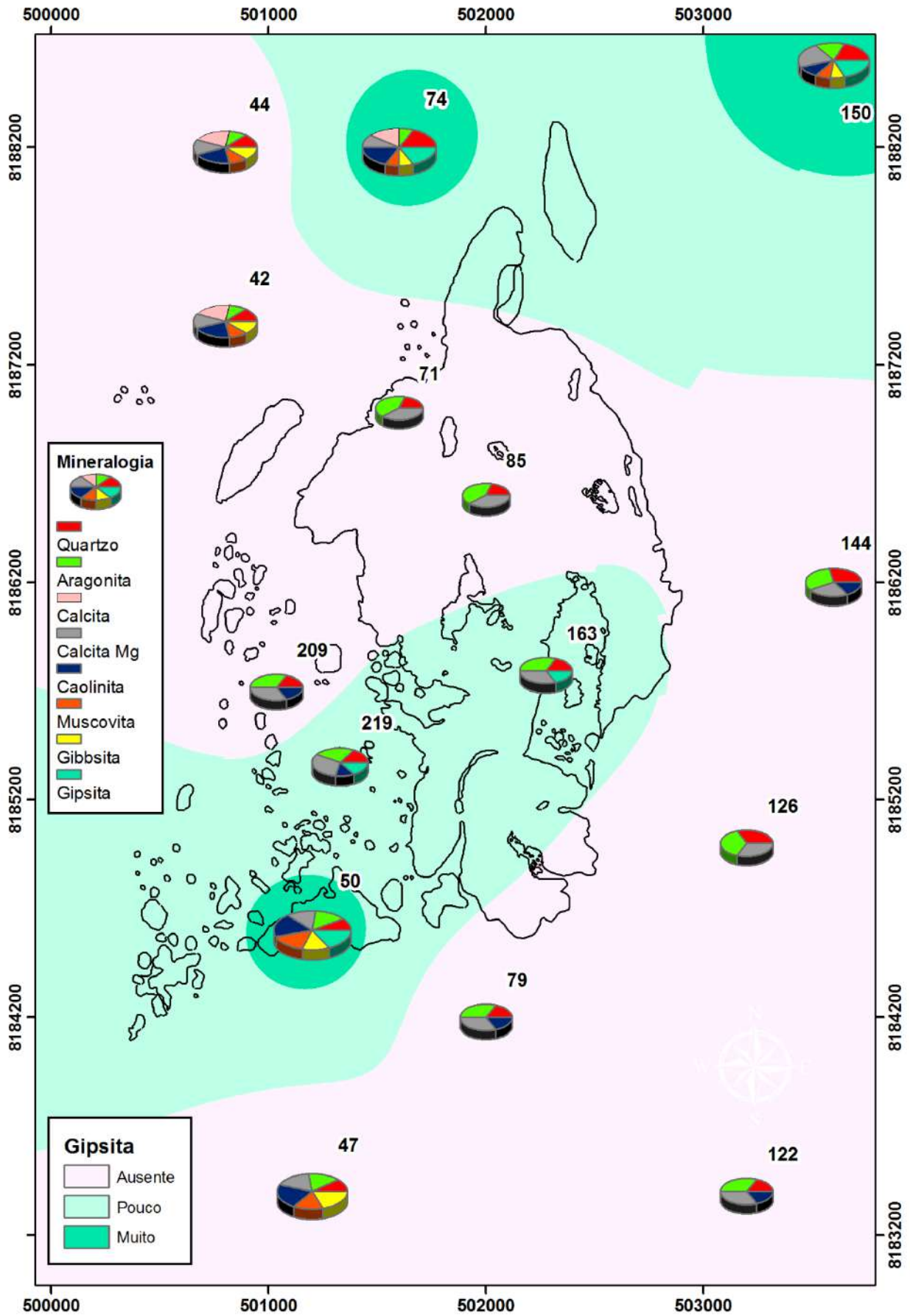


Figura 74: Mapa de distribuição de gipsita do Recife de Fora.

10.2 Comparação com distribuição dos tipos de fundo mapeados

Como pode ser observado na Figura 75, a ocorrência de algas calcárias é uma das mais fáceis de associar com a de quartzo, pois fica evidente que a região de predomínio do quartzo é quase que completamente coincidente com a das algas calcárias, refletindo um ambiente de alta energia. Podemos citar também aragonita e calcita magnesiana, mas vale lembrar que estes não predominam somente nesta área ou na maior parte dela, como é o exemplo do quartzo. Com menor influência, podemos citar ocorrência de gipsita que, das amostras analisadas nesta borda, a 150, a nordeste do parque, é predominante numa pequena porção da área que coincide com a das algas calcárias. Em menor escala de ocorrência temos a caolinita, em grande parte coincidente com a das algas calcárias, e também muscovita e gibbsita, com áreas coincidentes iguais e bem menores em relação à mesma área para a caolinita.

A região de ocorrência do banco de corais é de melhor associação aos mapas de aragonita e calcita magnesiana. Estes minerais estão mais intimamente ligados ao recife de corais e predominam em todo o recife, bem como ao redor dele. Em menor proporção, podemos citar a ocorrência de caolinita, gipsita, gibbsita e muscovita, com pequenas áreas coincidentes com a dos bancos de corais.

Para a ocorrência dos sedimentos, observa-se uma melhor correlação, separando em duas ocorrências: região noroeste e centro-sudoeste. A primeira está bem correlacionada ao predomínio de calcita (pura) e caolinita. E, ao mesmo tempo, em menor escala, para mesma área coincidente, temos aragonita e calcita magnesiana, e temos também muscovita e gibbsita com uma área maior, mas que abrange esta porção noroeste. Para a região centro-sudoeste, ocorre o predomínio de muscovita, caolinita e gibbsita. Em menor proporção temos gipsita e quartzo.

Já para as macroalgas, zoantídeos e gorgônias ocorrem abrangências muito pequenas para uma correlação. Contudo, se fosse feita uma estipulação, os três seriam correlacionados ao predomínio de aragonita e calcita magnesiana, ou seja, o recife propriamente dito.

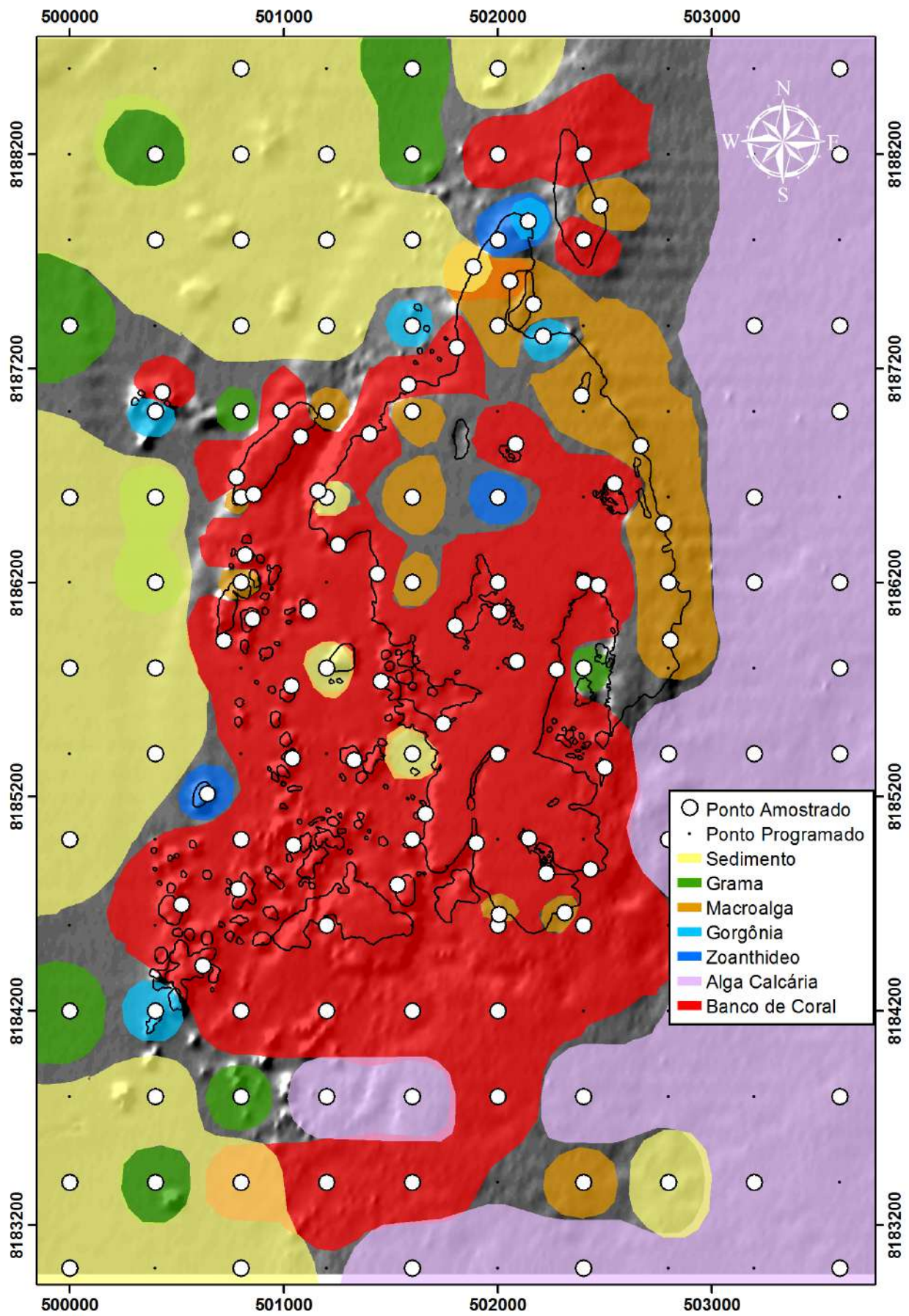


Figura 75: Mapa de distribuição dos tipos de fundo do Recife de Fora.

10.3 Comparação com a percentagem de areia

Neste mapa, novamente a região noroeste e leste apresenta fácil correlação com a mineralogia. Na região noroeste, a ocorrência de areia é baixa, exceto por dois pontos de “depressões batimétricas”, que tem uma profundidade maior. Coincidente a esta baixa ocorrência de areias, nesta região predominam calcita e caolinita, e, em menor escala, aragonita e calcita magnesiana, além de um pouco de quartzo, muscovita e gibbsita.

Na região leste do mapa, observa-se um predomínio de areia. Coincidente a isso, tem-se uma grande área de predomínio do quartzo, refletindo a alta energia desta porção. Podemos citar a predominância de gipsita na porção nordeste da área. E em menor escala, a ocorrência de caolinita, muscovita e gipsita. Todos neste caso, provenientes de sedimentos terrígenos, trazidos pela deriva litorânea.

Na região central, do recife principal, existe um predomínio de areia nas bordas, em especial, na borda leste (área de maior atuação da deriva litorânea) e uma redução brusca de sua ocorrência nas partes mais centrais do recife. Nesta área, temos o predomínio de calcita magnesiana e aragonita coincidindo com a baixa ocorrência de areias. E, menor escala, quartzo, caolinita e gipsita, possivelmente proveniente da ação de ondas ao longo das bordas do recife, em especial, borda leste.

Nas regiões centro-oeste e sudoeste, temos uma baixa quantidade de areia. Exceto por depressões pontuais, praticamente não ocorre esta granulometria nestas áreas. Ao mesmo tempo, predominam muscovita, caolinita e gibbsita, podendo também ser incluída, a gipsita. Em menor escala, pode-se incluir o quartzo.

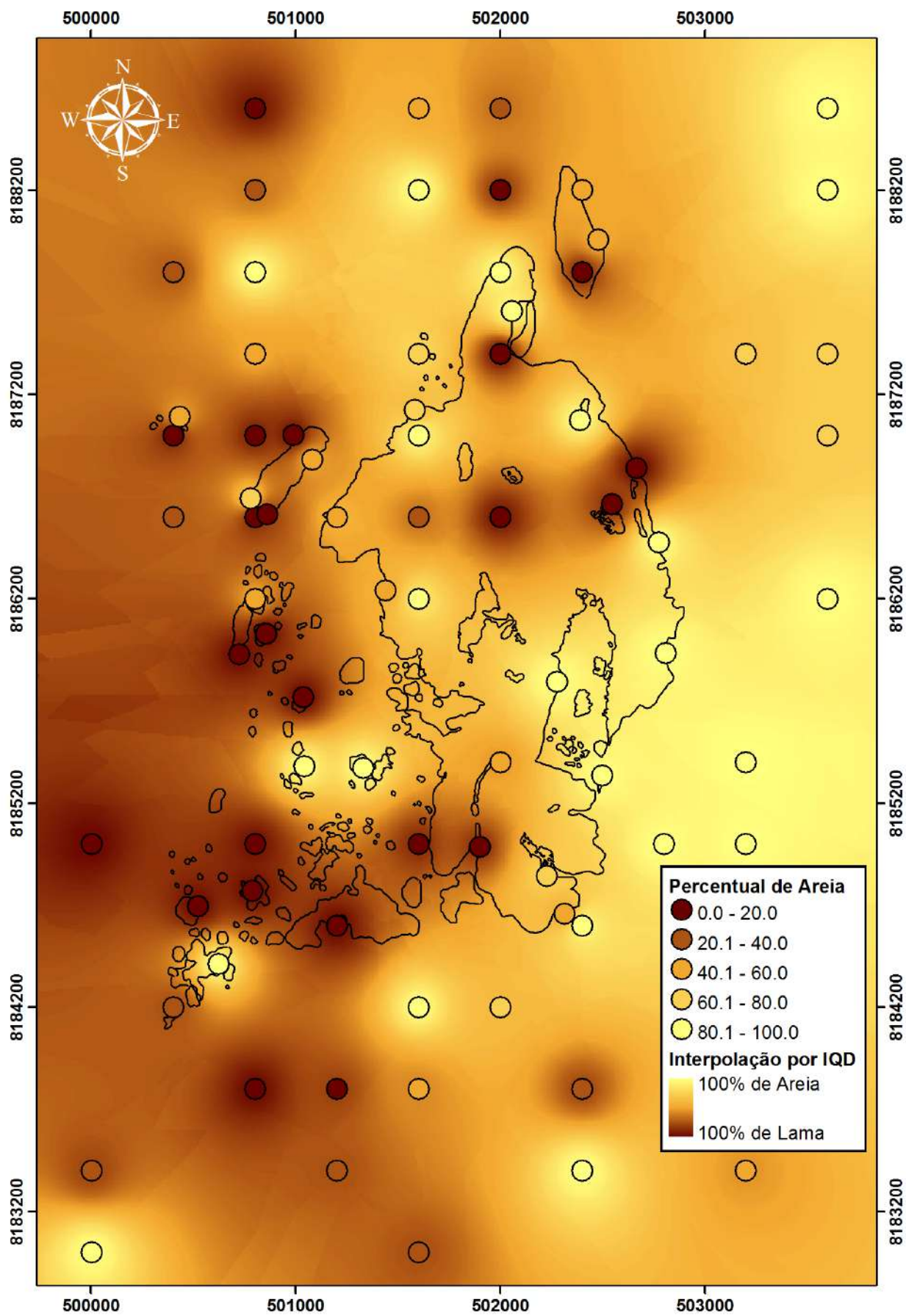


Figura 76: Mapa de percentual de areia do Recife de Fora.

11. Conclusão e recomendações

O mapa de análise granulométrica sobreposto ao sombreamento do modelo batimétrico (“hillshade”, Figura 77) e um mapa de tipo de fundo (Figura 75), baseado na base de dados do Projeto Coral Vivo são comparados aos mapas de distribuição da mineralogia anteriormente citados. Estes são usados por fim para criar dois mapas de síntese: um de predominância mineralógica (Figura 78) e uma nova interpretação dos tipos de fundo (Figura 79), baseados na divisão de cinco áreas, estas feitas acompanhando essencialmente a geomorfologia como mostrada pelas linhas batimétricas. A ferramenta “hillshade” que representa um modelo sombreado da batimetria foi de grande auxílio na interpretação, pois foi possível saber as “cotas” dos locais, podendo diferenciar depressões de elevações batimétricas.

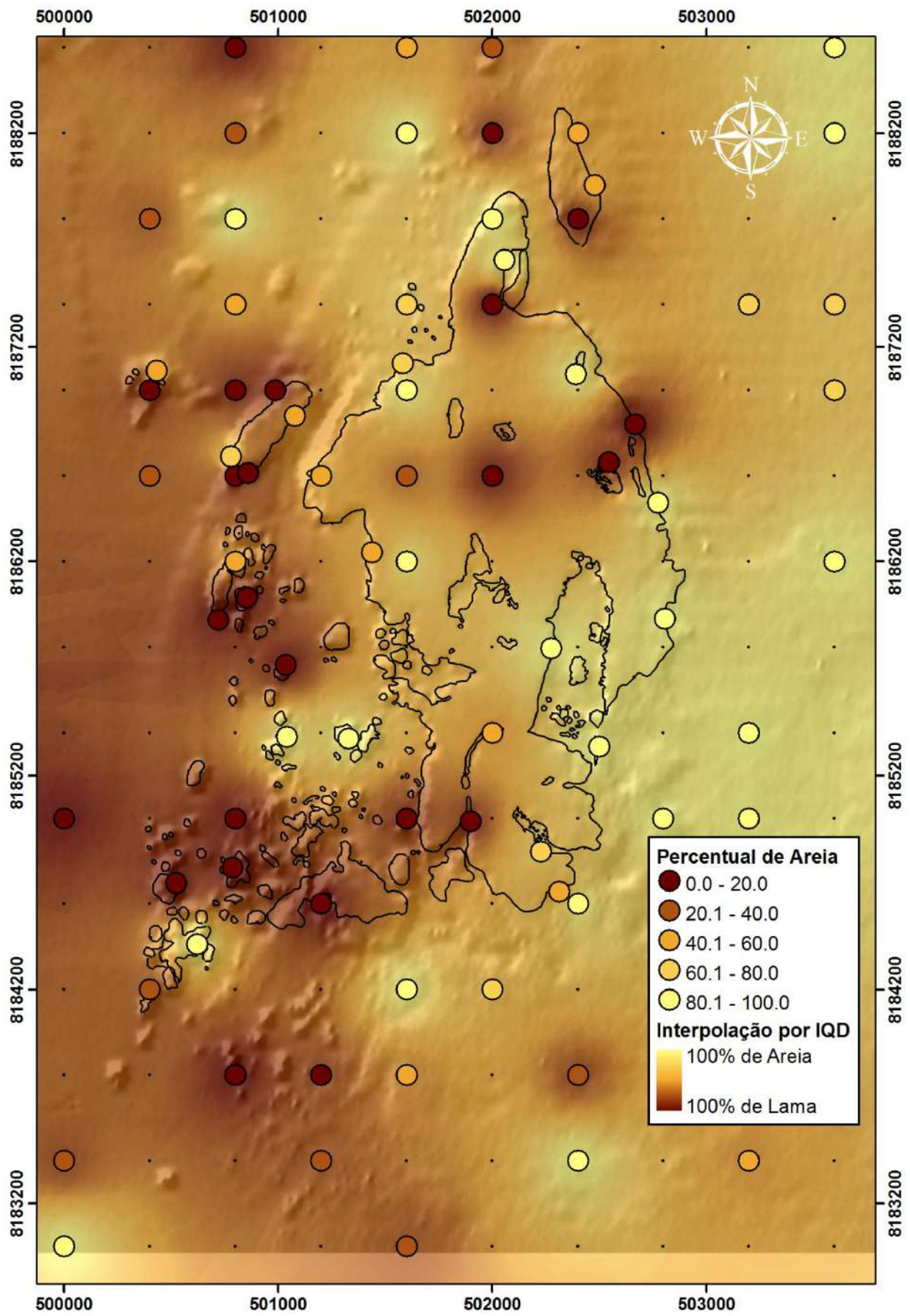


Figura 77: Mapa de percentagem de areia/Hillshade do Recife de Fora.

11.1 Mapa de associação mineralógica

Área NOROESTE

Ocorre o predomínio de calcita e caolinita (Figura 78). As mesmas amostras, 42, 44 e 74 indicam uma predominância destes minerais. Ao mesmo tempo, observa-se uma relação inversa da aragonita e calcita magnesiana, que a partir das mesmas amostras citadas, ocorrem em menor quantidade. Para carbonatos, a relação encontrada é que onde ocorre calcita em maior quantidade, ocorre aragonita e calcita magnesiana em menor. E onde ocorrem estas últimas em maior quantidade, não ocorre calcita. Contudo, se não for considerada apenas os carbonatos, a caolinita está em associação com a calcita nesta relação descrita.

Área CENTRO-OESTE

Devido ao predomínio de minerais que ocorrem em toda área, com exceção da Área NOROESTE, a aragonita e a calcita magnesiana não podem ser considerados indicativos desta área.

Área SUDOESTE

Nesta, muscovita, caolinita e gibssita são os minerais que podem ser considerados indicadores predominantes desta área. A partir das amostras 47 e 60, os três mapas demonstram a mesma forma de ocorrência destes. Junto a eles, predominam também, calcita magnesiana e aragonita.

Área CENTRAL

Neste caso, o predomínio também é de calcita magnesiana e aragonita. Contudo, o mais provável, é que a predominância destes esteja mais relacionada ao recife, onde a presença de aragonita indica recife de corais vivos e a calcita magnesiana, algas calcárias vivas.

Área LESTE

O quartzo é o mineral predominante desta área, em conjunto com aragonita e calcita magnesiana, apesar de se imaginar que estes carbonatos estão mais relacionados à Área CENTRAL.

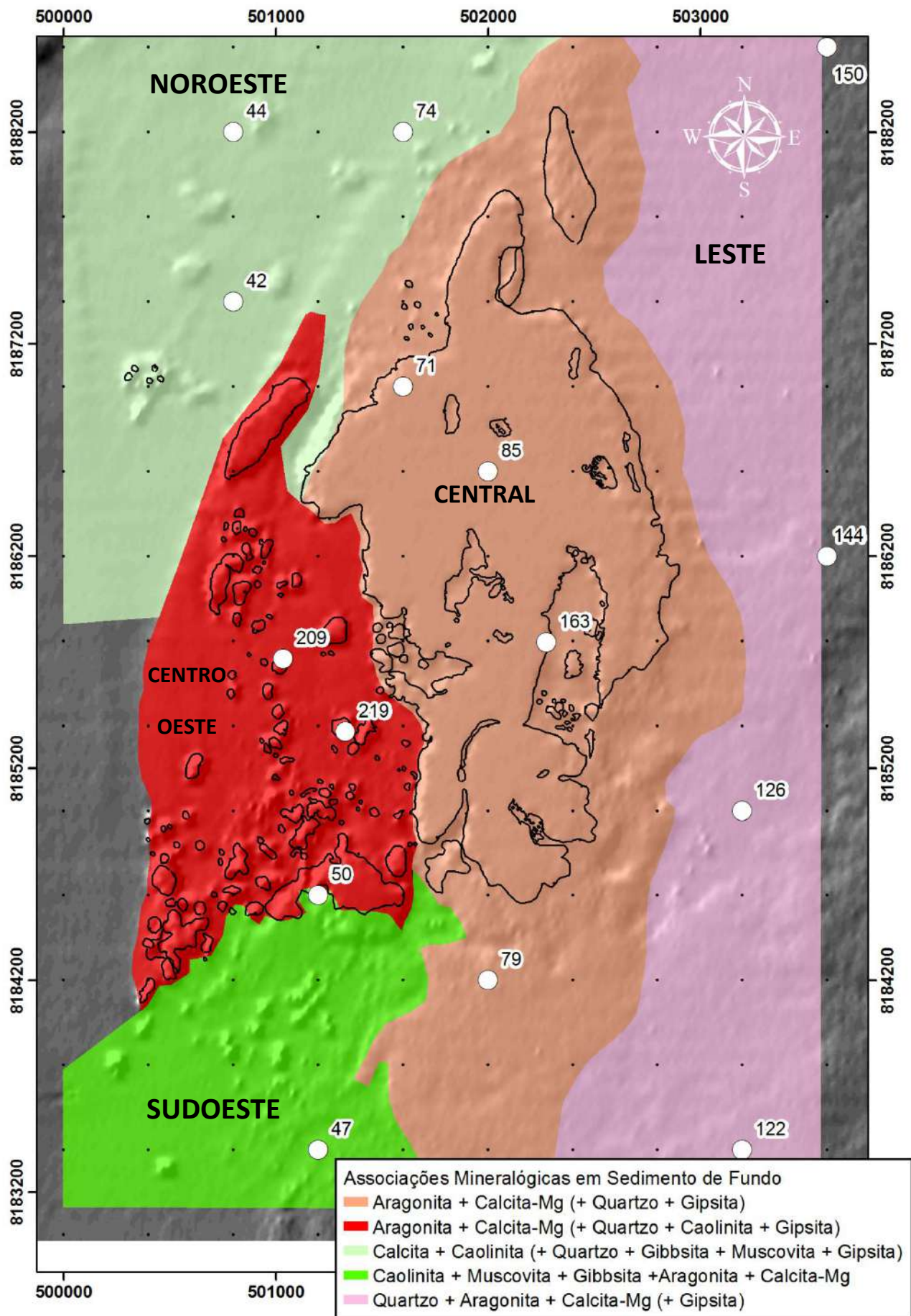


Figura 78: Mapa de associação mineralógica do Recife de Fora.

11.2 Mapa de tipos de fundo

Área NOROESTE

Ocorre o predomínio de sedimento e grama (Figura 79). Ação mais intensa da deriva litorânea vinda de nordeste não contribui para permanência de corais na área. E, no mapa de percentual de areia, podemos observar que a variação granulométrica é enorme nesta área, mostrando uma área de energia moderada a alta. Através do hillshade podemos observar também que praticamente não há elevações para conter a energia da deriva, fazendo desta uma área hostil a preservação de corais.

Área CENTRO-OESTE

Predomínio de corais. Nesta área ocorrem os corais com maior complexidade nas formas e menor resistência, que só ocorrem porque estão numa área de baixa energia, protegida pelas áreas mais elevadas do recife das ondas e da deriva litorânea. Isto é perfeitamente observável no mapa de percentual de areia, da Figura 79, tanto pela baixa quantidade de areia, quanto pelo hillshade.

Área SUDOESTE

Nesta área predominam sedimentos, grama, corais e algas calcárias. A presença de elevações submersas, bem observadas no hillshade, juntamente com a pouca presença de areia na área, indicam uma área de energia relativamente baixa, permitindo, portanto a presença de corais.

Área CENTRAL

Predomínio de corais e macroalgas. Podemos observar pelo mapa da Figura 79, que a quantidade de areia é variada ao redor do recife. Contudo, na porção mais central, ocorre o predomínio de pequenas quantidades de areia, indicando maior quantidade dela nas bordas, onde há ação de ondas e de parte da deriva litorânea. Pode-se de certa forma deduzir que a porção mais central está menos sujeita a ação de ondas, portanto esta é região mais propícia aos recifes. Esta dedução está em parte errada, tendo em vista que o recife fica sujeita a ação do sol na parte da manhã e ação da maré alta na parte da noite.

Área LESTE

Na porção leste o predomínio é de algas calcárias. É uma região, vista pela Figura 79, bastante hostil, sendo observada grande quantidade de areia e nenhuma “barreira topográfica”, permitindo uma ação forte da deriva litorânea.

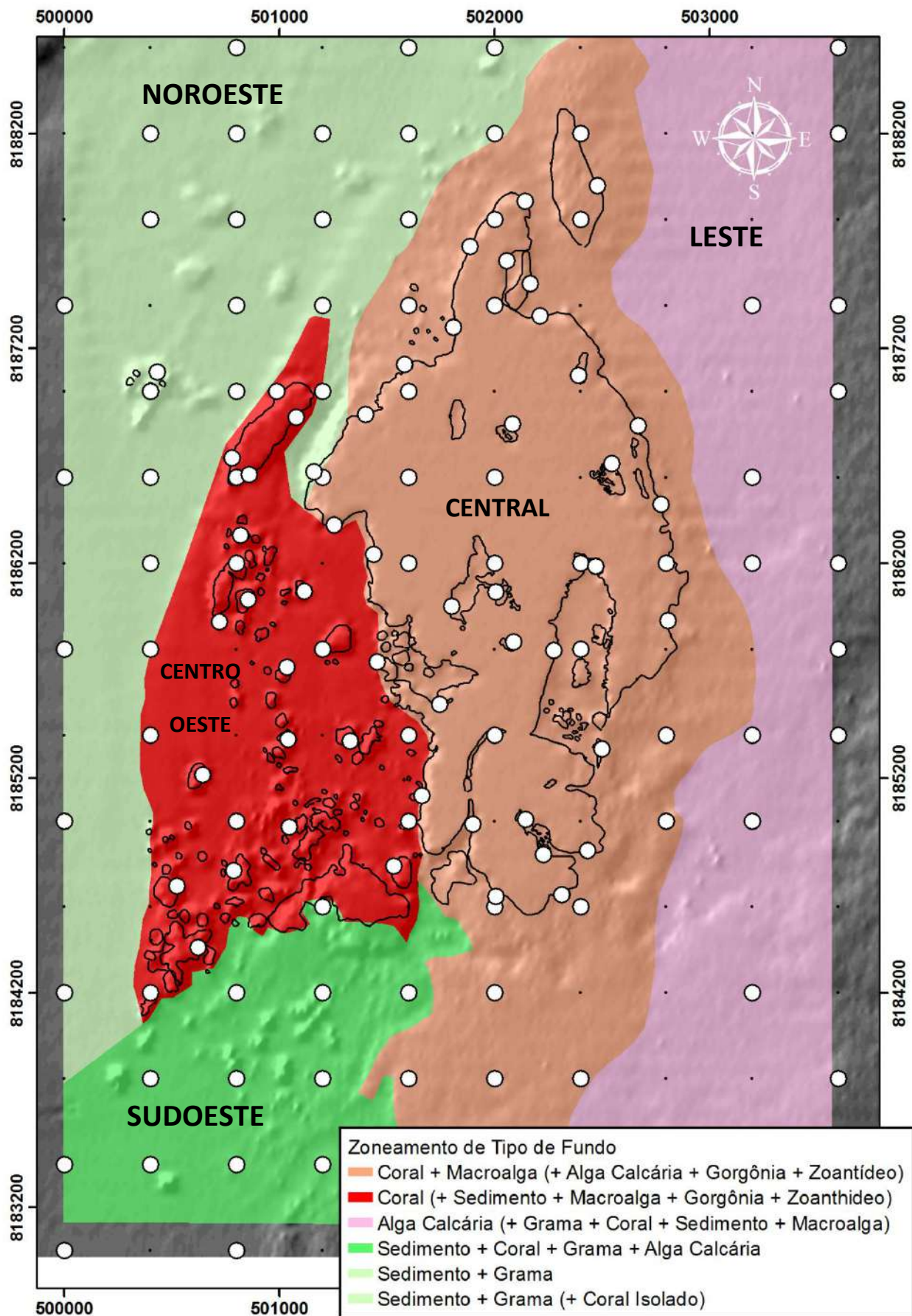


Figura 79: Mapa de tipos de fundo do Recife de Fora.

11.3 Sugestões para continuidade do estudo

Para haver uma evolução na interpretação da mineralogia e tipo de fundo do recife e possíveis associações é necessário ampliar a quantidade de pontos de amostragem. Neste trabalho foram feitas 15 amostras para uma área de 17,5 km², ou seja, pouco menos de 1 amostra/km². Seria mais preciso se houvessem ao menos mais três amostras, para se ter a densidade de amostras citada, onde seria possível colocá-las nas porções centro-sul do recife, aumentando a confiabilidade dos resultados.

Seria ideal, para um estudo de alta precisão uma densidade de pelo menos 2 amostras/km². Isto é, teria que haver mais do que o dobro de amostras aqui estudadas. Contudo, seria possível delimitar de forma mais precisa as áreas de ocorrência de cada mineral e assim, obter maior precisão nas associações entre eles e os tipos de fundo. Para tal, a melhor forma seria distribuir de maneira eficiente essas mais de 30 amostras ao longo de todo o recife.

12. Referências bibliográficas

Bathurst, R.G.C. 1971. Carbonate Sediments and Their Diagenesis. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 620p.

Bruno, R. L. M. ; Araújo, H. A. B. ; Machado, A. J., 2009. Análise das assembléias de foraminíferos no sedimento superficial do Recife de Fora, região sul da Bahia. Revista Brasileira de Geociências, volume 39 (3), 2009 p533 a p541

Buddemeier, R.W., Kleypas, J.A. & Aronson, R.B.,2004. Coral Reefs and Global Climate Change. Potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems. Pew Center on Global Climate Change.

Caio Vinicius G. T. Rangel, Dissertação de Mestrado Estudo Paleoambiental dos carbonatos do Albiano Superior na Bacia de Sergipe – uma abordagem microfaciológica, 2002.

Caldeira, K. & Wickett, M. E., 2005. Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean, J. Geophys. Res., 110 (C09S04): 1-12.

Castro, B. C. 1997 Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Relatório para o Programa Nacional da Diversidade Biológica (PRONABIO), do Ministério do Meio Ambiente (MMA) – Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. 101p

Castro, C.B.; PIRES, D.O. 2001. Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. Bulletin of marine science, v. 69, n. 02.

Costa Júnior, O.S.; Attrill, M.J.; Pedrini, A.G.; De-Paula, F.C. 2001. Benthic macroalgal distribution in coastal and offshore reefs at Porto Seguro Bay, Brazilian Discovery Coast. Proceedings of 9th International Coral Reef Symposium.

Castro *et al*, Mudanças climáticas e recifes de coral, Simpósio de Conservação de Ambientes Costeiros e Marinhos.

Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira (CEPLAC). 1976. *Diagnóstico Socioeconômico da Região Cacaueira*. Ilhéus, Recursos Hídricos v. 5., número de páginas?

Cerqueira W.R.P. 2002. *Associação de Equinodermata no Parque Municipal Marinho do Recife de Fora, Porto Seguro, Bahia, Brasil e suas Relações com o Sedimento*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 60 p.

Depth and water mass zonation and species associations of cold-water octocoral and stony coral communities in the southwestern Atlantic. Arantes, R. C. M.; Castro, C. B., Pires, D. O., Seoane, J. C. S. (Marine Ecology Progress Series), (2009)

Dias, J. A., 2004 A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica) Universidade do Algarve, UALg 84p e-book da versão preliminar. Disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html. Acesso em 19/09/2010

Dominguez, J. M. L; Bittencourt, A. C. S. P; Leão, Z. M. A. N; Azevedo, A. E. G. 1990. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências 20: 208-215.

- Fermino, G.M., 2007. Análise da Granulometria, Mineralogia e Densidade dos sedimentos Carbonáticos em Testemunho do Arquipélago de Abrolhos no Estado da Bahia. Dissertação de graduação- Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. 68p.
- Ferreira, B.P. Maida, M., 2006. Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: Situação atual e perspectivas. Brasília: MMA, 120p.
- Filgueira W. A. J., 2004 ., Difração de Raios-X, Laboratório de Sistemas Biomoleculares, UNESP, São José do Rio Preto – SP (www.biocristalografia.df.ibilce.unesp.br)
- Floeter, S. R.; Gasparini, J. L.; Rocha, L. A.; Ferreira, C. E. L.; Rangel, C. A.; Feitoza, B. M.; Nunan, G. W. Brazilian reef fish fauna: checklist and remarks. BioBase Project. 2001. Disponível em: www.biobase.org.
- SHINN, E.A. 1969. Submarine lithification of holocene carbonate sediments in the Persian Gulf. *Sedimentology*, 12: 109-144.
- Iracema Reimão Silva / *Revista de Gestão Costeira Integrada* 8 (2):47-60 (2008)
- Kahn, H., 2002., Difração de Raios-X, Departamento de engenharia da USP, São Paulo – SP.
- Kikuchi, R. K. P. & Leão, Z. M. A. N. 1997. Rocas (southwestern equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.*, Panama 1:731-736
- Langer, M.R., Silk, M.T. & Lipps, J.H. 1997. Global ocean carbonate and carbon dioxide production: the role of reef Foraminifera. *J. Foram. Res.* 27: 271-277.
- Leão, Z. M. A. N. 1994. The coral reefs of Southern Bahia. Pages 151-159 in B. Hetzel and C. B. Castro. *Corals of Southern Bahia*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro
- Leão, Z.M.A.N. 2002. Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERTBORN, M.L.C. (eds), **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1. ed, v.01, p. 345-359. Disponível em: www.unb.br/ig/sigep/sitio090/sitio090.htm. Acesso em: 11 Nov. 2008.
- Leão, Z.M.A.N., Kikuchi, R.K.P. & Testa, V., 2003. Corals and Coral Reefs of Brazil. *In* Latin America Coral Reefs (J. Cortês ed.). Elsevier Publisher, Amsterdam, p.9-52.
- Leão, Z.M.A.N.; Oliveira, M.D.M.; Kikuchi, R.K.P., 2008. Os recifes de coral da APA Ponta da Baleia, Bahia. *OLAM Ciência e Tecnologia*, v.8, n.1, p.287.
- Martin, L; Flexor, J. M; Vilas Boas, G. S; Bittencourt, A. C. S. P; Guimarães, M. M. M. 1979. Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7,000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador). 1978. *International Symposium On Coastal Evolution in the Quaternary*, São Paulo, Proceedings: 264-274.
- Martin L., Bittencourt A.C.S.P., Vilas Boas G.S. 1980. Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia, escala 1:250.000. COM/SME, Salvador, Bahia, Brasil.
- Martin L, Bittencourt ACSP, Vilas Boas GS and Flexor J-M., 1980. Mapa geológico do quaternário costeiro do Estado da Bahia – Esc. 1:250.000. Salvador-BA, SME/CPM. 60p. (Texto explicativo e mapa).

- Martin, L; Bittencourt, A. C. S. P; Vilas Boas, G. S; Flexor, J. M. 1980a. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia, escala 1:250.000. Governo do Estado da Bahia. Secretario de Minas e Energia, 57p.
- Martin, L; Bittencourt, A. C. S. P; Vilas Boas, G. S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: datação do máximo da Penúltima Transgressão. *Revista Ciências da Terra*, 3: 16-17.
- Martin, L; Suguio, K; Flexor, J. M; Dominguez, J. M. L; Bittencourt, A. C. S. P., 1996. Quaternary sea-level history along the central part of the Brazilian Coast. Variations in coastal dynamics and their consequence on coastal plain construction. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 68: 289-404.
- Martin, L; Suguio, K; Flexor, J. M., 1988. Haut niveaux Marins pleistocene du littoral bresilien. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 68: 231-239.
- Martins, Thiago Schuina, 2010.
- Nunes, F., Fukami, H., Vollmer, S. V., Norris R. D. & Knowlton, N., 2008. Reevaluation of the systematics of the endemic corals of Brazil by molecular data. *Coral Reefs* 27:423–432.
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R. M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R. G., Plattner, G.-K., Rodgers, K. B., Sabine, C. L., Sarmiento, J. L., Schlitzer, R., Slater, R. D., Totterdell, I. J., Weirig, M.-F., Yamanaka, Y. & Yool, A. 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437: 681-686.
- Seoane, J. C. S.; Arantes, R. C. M.; Castro, C. B.; Tedesco, E.; Lopes, L. S., 2008. Atlas do Mapeamento Físico do parque Municipal Marinho do Recife de Fora, Porto Seguro, BA. Projeto Coral Vivo. Rio de Janeiro. 11 p. (Cartas, mapas ou similares).
- Seoane, J. C. S.; Arantes, R. C. M.; Castro, C. B.; Tedesco, E.; Barbosa, C. F.; Pires, D.O. 2010b. A GIS-ready database for coral reef faunal distribution patterns Recife de Fora, Bahia, Brazil água de foz do iguaçu – meeting of the Américas
- Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edit.) 2002. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília 2002; 554pp; ilustr. Parte 3: SÍTIOS SEDIMENTOLÓGICOS A Costa do Descobrimento, BA. *A geologia vista das caravelas*. José Maria Landim Dominguez, Louis Martin & Abílio Carlos da Silva Bettencourt - pg 233
- Suguio, K; Martin, L; Bittencourt, A. C. S. P; Dominguez, J. M. L; Flexor, J. M. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências* 15: 273-286.
- Superintendência dos Recursos Hídricos, 1997. *Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Extremo Sul*. Bahia, 432 p.
- U.S. Navy (1978) - Marine Climatic Atlas of the World. Vol. IV. South Atlantic Ocean. Washington D. C., 325p.