

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE PALINOLÓGICA EM FOLHELHOS DA FORMAÇÃO MORRO DO
CHAVES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA FASE
RIFTE DA BACIA DE SERGIPE - ALAGOAS**

GUSTAVO GONÇALVES GARCIA

Orientador – Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Porto Alegre

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE PALINOLÓGICA EM FOLHELHOS DA FORMAÇÃO MORRO DO
CHAVES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA FASE
RIFTE DA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS**

GUSTAVO GONÇALVES GARCIA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

BANCA EXAMINADORA

Dr. Mitsuru Arai – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus Rio Claro.

Prof. Dr. Rodolfo Dino – Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello
– Petrobrás S.A., Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Profa. Dra. Valesca Brasil Lemos – Instituto de Geociências, Universidade Federal
do Rio Grande do Sul.

Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito parcial para obtenção do Título de Doutor
em Ciências.

Porto Alegre –2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Garcia, Gustavo Gonçalves

Análise palinológica em folhelhos da formação morro do chaves e implicações na evolução paleogeográfica da fase rife da Bacia de Sergipe-Alagoas . / Gustavo Gonçalves Garcia. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.
[113 f.] il.

Dissertação (Mestrado).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es):Paulo Alves de Souza

1. Palinologia 2. Paleogeografia 3. Bacia Sergipe-Alagoas 4. Cretáceo inferior I. Título.

CDU 55

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sibila F. Tengaten Binotto

CRB 10/1743

DEDICATÓRIA

Quando dizem que viemos ao mundo, não querem dizer que viemos para crescer, nos tornarmos especialistas em algo, nos fixarmos em um porto seguro. Quando dizem viemos ao mundo, dizem viemos ao mundo. Dedico meu conhecimento e minha vontade de ir a minha família, que veio ao mundo para ser mundo. Dedico tudo à Felicidade, minha mãe, dedico tudo ao meu orientador, meu pai, dedico tudo as conselheiras, minhas irmãs, dedico tudo a vida, minha esposa Luiza.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Prof. Dr. Antônio Jorge Vasconcellos Garcia por sua orientação paciente, há mais de 27 anos, e por suas indicações, sempre muito a frente da visão comum.

Ao Prof. Dr. Paulo Alves de Souza pela orientação e atenção.

Ao colega Eduardo Premaor pelo apoio.

Ao PROGEOLOGIA por todo o apoio de campo e a formação da equipe que somos hoje.

Ao Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo pela disponibilidade de infraestrutura para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos Rodrigo e Juliano pela convivência e acolhimento.

Ao meu mestre e também grande carbonatólogo Prof. Paulo Tibana.

À comissão examinadora desta monografia.

À bolsa de mestrado PFRH-215 Petrobras.

RESUMO

O processo de fragmentação do Continente Gondwana vem sendo gradativamente mais entendido a partir de estudos realizados nas bacias sedimentares situadas nas margens atlânticas atuais. Nesse contexto a Bacia de Sergipe-Alagoas torna-se relevante em decorrência da completude com que apresenta as sequências estratigráficas deposicionais registradas durante este processo, expostas em afloramento ou em subsuperfície, com importante significado no âmbito das pesquisas sobre rochas geradoras e reservatório de hidrocarbonetos. O presente trabalho tem como objetivo aprofundar a recuperação e o reconhecimento de conteúdos palinológicos em depósitos da Formação Morro do Chaves, Sub-bacia Alagoas, visando contribuir para a ampliação da base de dados micropaleontológicos da unidade e direcionado para o refinamento dos enfoques bioestratigráficos, paleoambientais e paleogeográficos relacionados com a sua origem. Como objetivo consequente busca-se o melhor entendimento sobre a evolução paleo-bio-geográfica da região, hoje ocupada por distintas bacias residuais no interior do nordeste do Brasil, durante os eventos iniciais de invasões marinhas sobre áreas antes continentais localizadas no interior do continente gondwanico, seja através da ruptura da crosta e oceanização propriamente dita, ou pela invasão de águas marinhas através de baixios intra-continentais, durante intervalos de elevação do nível do mar global (Mar de Thetis/Atlântico Central). A análise do material tem sua origem nos afloramentos da Formação Morro do Chaves, pertencente a Pedreira InterCement (ex-Cimpor/Atol), localizada no município de São Miguel dos Campos, Alagoas. Dezesete amostras de folhelhos foram coletadas na cava da pedreira, ao longo de 63 m de uma seção vertical principal para análises palinológicas. Além destas, 28 amostras de folhelhos coletadas em testemunhos de quatro furos (IC-1 a IC-4) perfurados na área da pedreira. Foram selecionadas duas amostras para análise do furo IC-1 (96,14 m de profundidade total), 10 do IC-2 (225,55 m), 14 do IC-3 (212,54 m) e duas do IC-4 (119,98 m). Um total de 11 táxons de palinóforos foram identificados, cinco relativos a esporos, três a grãos de pólen gimnospérmicos, três a angiospermas, quatro de elementos algálicos (?*Dinophyceae*, *Prasinophyceae* e *Clorophyceae*), um ?palinoforaminífero e cinco esporos indeterminados de fungos. Com base na ocorrência da espécie *Dicheiropollisetruscus*, que compreende os andares Rio da Serra até Jiquiá Superior, em conjunto com outros dados paleontológicos e geológicos determina-se a idade Barremiana para o intervalo. A partir da associação palinológica reconhece-se que estes corpos d'água estavam situados em uma planície, com plantas herbáceas, cercada por regiões montanhosas remotas, com vegetação rara de porte arbóreo. Em alguns níveis identificaram-se vesículas de algas pré-classificadas como possíveis algas da classe *Prasinophyceae*, cujo habitat possível é marinho, no entanto também há registros em ambientes de água doce ou salobra. A identificação preliminar dos espécimes de palinoforaminífero e de dinoflagelado corroboram com esta idéia, bem como a presença de organismos como *Scenedesmus* e

Botryococcus, organismos que toleram certa salinidade. Ratifica-se assim a probabilidade de influência marinha e/ou salobra no Cretáceo, no setor norte da Bacia de Sergipe-Alagoas, podendo aproximar a unidade ao modelo paleogeográfico que discute a entrada de águas Thetianas ao norte do continente Sul-Americano.

Palavras-chave: Palinologia, Paleogeografia, Bacia Sergipe-Alagoas, Cretáceo Inferior.

ABSTRACT

The fragmentation process of the Gondwana continent has been increasingly understood as a result of the studies held in the sedimentary basins located on the Atlantic's current margins. Within this context, the Sergipe-Alagoas Basin becomes important as a result of the complementarity with which the depositional stratigraphic sequences recorded during this process are presented. Such sequences, exposed in outcrop or in subsurface, are of great deal for research studies in source-rocks and hydrocarbon reservoirs. The objective of the present work is to get a more detailed knowledge of the palynological content in Morro do Chaves Formation deposits, at Alagoas Sub-basin. It will allow an expansion of the micropaleontological database of the studied unit as well as a refinement of the biostratigraphic, paleoenvironmental and paleogeographic approaches related to its origin. Also, we search for a better understanding of the paleo-biogeographical region evolution, which is nowadays occupied by different residual basins in Brazil northeast interior, during the early events of marine ingressions over previous continental areas located inside the Gondwana continent, either through crust rupture and oceanization itself or due to the invasion of marine waters through intra-continental shallows during intervals of rising of the global sea levels (Tethys Sea / Center Atlantic). The analysis of the material has its origin in outcrops from the Morro do Chaves Formation belonging to the InterCement Quarry (former Cimpor/Atol), located in São Miguel dos Campos, Alagoas State. Seventeen samples were collected from shales in the quarry pit, along 63 m of the main vertical section for pollen analysis. Apart from these, 28 samples of shales were collected from the four drill-cores (IC-1 to IC-4) drilled in the quarry area. Two samples from the IC-1 drill-core (96.14 m total depth), ten from IC-2 (225.55 m), fourteen from IC-3 (212.54 m) and two from IC-4 (119.98 m) were selected for analysis. A total of eleven taxa of palynomorphs have been identified. Five are related to spores, three to gymnosperms pollen grains, three to angiosperms, four to algae elements (?*Dinophyceae*, *Prasinophyceae*, and *Clorophyceae*), one to a ?palinoforaminifera and five unidentified fungal spores. Based on the occurrence of *Dicheiropollis etruscus* species, comprising Rio da Serra to Upper Jiquiá Superior age, together with other paleontological and geological data, it is possible to determine the Barremian age for the studied interval. The pollen association shows that these water bodies were located on a plain, with herbaceous plants, surrounded by remote mountain regions, where arborous vegetation was rare. In some levels were identified algae vesicles pre-classified as possible algae from the *Prasinophyceae* class, most likely from marine environment. However there are also records of this algae class in fresh or brackish water environments. The preliminary identification of specimens of ?palinoforaminifera and dinoflagellate corroborate this idea as well as the presence of organisms such as *Scenedesmus* and *Botryococcus*, organisms that tolerate a certain level of salinity. It is thus recognized the possible influence of marine and/or brackish waters in the Cretaceous, in the northern sector of the Sergipe-Alagoas Basin. Such conclusions

allow an approach of the studied unit to the paleogeographic model that discusses the input of waters from the Tethys Sea at the north of the South American continent.

Keywords: Palinology, Paleogeographic, Sergipe-Alagoas Basin, Lower Cretaceous.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Perfil representativo da relação de palinomorfos e seus ambientes deposicionais (modificado de Seyve, 1990).	17
Figura 2:	Carta estratigráfica da Sub-bacia Alagoas (conforme Campos Neto <i>et al.</i> , 2007).....	20
Figura 3:	Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos “lacustres” da Formação Morro do Chaves (modificado de Azambuja Filho <i>et al.</i> , 1998 <i>in</i> A. Garcia <i>et al.</i> , 2015a). Usa-se aqui uma terminologia de tratos de sistemas marinhos, adaptado ao contexto “supostamente” lacustre, atribuído a unidade pelos autores da figura original.	22
Figura 4:	Localização da Pedreira InterCement, área de estudo (Modificado de A. Garcia <i>et al.</i> 2011).....	27
Figura 5:	Vista geral da Pedreira Atol situada em São Miguel dos Campos, afloramento de maior expressão da Formação Morro do Chaves. Vista geral do flanco leste (A); vista norte da cava da pedreira (B) e vista sul da cava de mineração da pedreira (C).	28
Figura 6:	Localização dos perfis descritos em testemunhos e no afloramento. (GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.5.1557. 2015. São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil. Disponível em: < https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/ >. Acesso em: 12 nov. 2015).	29
Figura 7:	Coleta de amostras com posicionamento das mesmas nos perfis estratigráficos.	31
Figura 8:	Preparação de amostras para confecção de lâmina palinológica. A) Reação com HCl; B) Reação com HF; C) Peneiramento do resíduo processado; D) Secagem do material em chapa quente sobre lamínula; E) Fixação da lamínula na lâmina de vidro; F) Observações do material em microscópio óptico de luz transmitida.	36
Figura 9:	Legenda Padrão de Perfis (padrão utilizado pelo Laboratório PROGEOLOGIA, modificado de A. Garcia <i>et al.</i> 2015c).....	37
Figura 10:	Perfil do poço IC-1 com dados geológicos e de amostragem (modificado De A. Garcia <i>et al.</i> 2015c).....	38
Figura 11:	Perfil do poço IC-2 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia <i>et al.</i> 2015c).	40
Figura 12:	Perfil do poço IC-3 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia <i>et al.</i> 2015c).	42
Figura 13:	Perfil do poço IC-4 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia <i>et al.</i> 2015c).	44

- Figura 14: Levantamento do perfil composto devido a extensão lateral dos pacotes e facilidade de acompanhar a mesma litologia caminhando pelas bancadas. 45
- Figura 15: Perfil estratigráfico simplificado com a localização dos pontos de coletas de folhelhos para preparação palinológica, destacando as litologias: A) camada de coquina da base da pedra; B e C) Folhelho alterado, com destaque para os peixes fósseis; D) camada de carvão; E e F) camada de coquina mais grosseira com pouco retrabalhamento; G) contato do folhelho com o arenito com *ripples*. 46
- Figura 16: Fotomicrografias de palinomorfos selecionados. a. Diporisorites sp. (lâmina MP-P 10666, coordenada England Finder B52-2). b. Esporo de fungo indeterminado (MP-P 8017, Z31-3). c. Cyathidites australis (MP-P 10663, M35-2). d. Cyathidites australis (MP-P 10663, L54-2). e. Cyathidites punctatus (MP-P 8003, Q22-2). f. Pilosporites spp. (MP-P 8017, E22-2). g. Cicatricosisporites spp. (MP-P 10663, E39-3). h. Cicatricosisporites spp. (MP-P 10663, T53-2). i. Cicatricosisporites spp. (MP-P 8003, V45-4). j-k. Klukisporites scaberis (MP-P 10659, B42-3). l. Inaperturopollenites spp. (MP-P 10671, K41-4). m-n. Aequitriradites spp. (MP-P 10659, Q60-1). o. Dicheiropollis etruscus (MP-P 8003, X43-4). Escala gráfica equivalente a 20 µm). 58
- Figura 17: Fotomicrografias de palinomorfos selecionados. a. Classopolis sp. (lâmina MP-P 10662, coordenada England Finder J58-1). b. Equisetosporites subcircularis (MP-P 8004, J48-3). c. Equisetosporites spp. (MP-P 10663, G48-3). d. Gnetaceaepollenites jansonii (MP-P 10671, K42-2). e. Gnetaceaepollenites jansonii (MP-P 10659, U43-4). f. Gnetaceaepollenites spp. (MP-P 10666, N42-2). g. Eucommiidites spp. (MP-P 10668, O35-2). h. Eucommiidites spp. (MP-P 8017, B37-4). i. Stellatopollis sp. (MP-P 10659, D43-4). j. ?Palinoforaminífero (MP-P 10478, K43-4). k. ?Dinoflagellata (MP-P 8028, S44-3). l. Prasinophyceae (MP-P 8028, T42-1). m. Scenedesmus (MP-P 10715, S40-3). n. Botryococcus (MP-P 10666, K52-1). Escala gráfica equivalente a 20 µm). 59
- Figura 18: Gretas de ressecamento na bancada cinco da cava de mineração. 63
- Figura 19: Ocorrências mundiais de *Dicheiropollis etruscus* (amplitude segundo Hengreen *et al.* (1996), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989), Regali *et al.* (1974)). 66
- Figura 20: Modelo paleoambiental proposto para a Formação Morro do Chaves (modificado de G. Garcia, 2015b). 71
- Figura 21: Mapa paleogeográfico proposto neste trabalho, Neocomiano (modificado de Frisch *et al.*, 2011). 74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Conteúdo palinológico sumarizado da Formação Morro do Chaves na Pedreira InterCement (*MP-P: número da lâmina na Palinoteca do Laboratório Marleni Marques Toigo, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Instituto de Geociências, UFRGS). Classificação das lâminas: A) Lâminas sem o processamento com KOH; B) Lâminas processadas com KOH; C e D) Lâminas com concentrações de resíduo elevadas; E, U e G) Lâminas ultraconcentradas; CAR) Lâmina de vitrenio (Critérios de classificação – bom, razoável, ruim, baixa, alta, etc – já considerando que o material apresenta baixa recuperação).....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do Poço IC-1.....	39
Tabela 2: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-2 (PT = Petrografia; PF = Petrofísica; F = Folhelho para Palinologia).....	41
Tabela 3: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-3 (PT = Petrografia; PF = Petrofísica; F = Folhelho para Palinologia).....	43
Tabela 4: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-4 (Folhelho para Palinologia).....	45
Tabela 5: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do perfil MCH na cava de mineração da pedreira (Folhelho para Palinologia).....	47
Tabela 6: Lista de táxons por nível estratigráfico da Pedreira e por furos de sondagem.....	60
Tabela 7: Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira InterCement citados por Antonioliet <i>al.</i> (2004), Antonioliet <i>al.</i> (2009), G. Garcia <i>et al.</i> (2013) e aqueles registrados neste trabalho. Observa-se que 13 novos táxons puderam ser acrescentados a partir de G. Garcia <i>et al.</i> , (2013).....	64

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	4
AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	8
ÍNDICE DAS FIGURAS	10
ÍNDICE DOS QUADROS	12
ÍNDICE DAS TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	18
3 JUSTIFICATIVA	18
4 ESTADO DA ARTE	19
4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO.....	19
4.2 PALEONTOLOGIA.....	23
5 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO	26
6 METODOLOGIA	30
6.1 DESCRIÇÃO DE PERFIS E COLETA DE AMOSTRAS.....	30
6.2 PROCESSAMENTO LABORATORIAL	31
7 RESULTADOS	36
7.1 LEVANTAMENTOS DE PERFIS E POSICIONAMENTO ESTRATIGRÁFICO DAS AMOSTRAS	36
7.1.1 Amostragem e descrição das fácies.....	47
7.1.1.1 Descrição litofaciológica.....	47
7.2 RESULTADOS DA ANÁLISE PALINOLÓGICA	48
7.2.1 Distribuição Estratigráfica.....	60
8 DISCUSSÃO	61
8.1 DISCUSSÃO DA GÊNESE SEDIMENTAR	61
8.2 CORRELAÇÕES TAXONÔMICAS	64
8.3 POSICIONAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO	65
8.4 AMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES.....	67
8.5 DISCUSSÕES PALEOGEOGRÁFICAS.....	72
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS	76
ANEXO A - CARTA DE SUBMISSÃO A REVISTA	83
ANEXO B - ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA	85

1 INTRODUÇÃO

A Bacia de Sergipe-Alagoas apresenta uma das mais completas sucessões estratigráficas aflorantes das bacias costeiras brasileiras, com depósitos de todos os seus estágios evolutivos: sinéclise, pré-rifte, rifte, transicional e drifte (este último indo do Cretáceo Inferior ao Holoceno). Os limites entre esses estágios foram graduais, refletindo modificações no estilo tectônico predominante que afetou cada uma das sequências sedimentares (Schaler, 1969; A. Garcia, 1992). Este “gradualismo”, entretanto, não significa a inexistência de eventos tectônicos importantes, marcados por fortes soerguimentos e afundamentos em partes diferenciadas da bacia, levando a situações de exposição, erosão e não deposição, demarcando assim importantes discordâncias de caráter local ou regional. Para refinar esta evolução, torna-se relevante região de estudos e importante fonte de dados para o entendimento da evolução das bacias costeiras de margens atlânticas brasileiras, apresentando-se assim como uma verdadeira “Bacia Escola”.

A deposição das litologias que constituem o Grupo Coruripe correspondem às fases rifte e transicional da bacia, quando a mesma foi preenchida por sistemas alúvio-flúvio-deltáico, em um contexto considerado inicialmente lacustre e transicionando para marinho restrito, este representado formalmente pelas formações Feliz Deserto, Penedo, Barra de Itiúba, Rio Pitanga, Morro do Chaves, Coqueiro Seco, Poção, Maceió e Muribeca (CAMPOS NETO *et al.*, 2007). Partes destes intervalos encontram-se separados por discordâncias locais ou regionais, em conformidade com a situação da bacia onde ocorria a sedimentação de cada uma das unidades em apreço. Estudos de campo e de sub-superfície envolvendo ferramentas de estratigrafia, sedimentologia, petrografia e geofísica, realizados por A. Garcia (1992) e Borba *et al.* (2011), indicam a continuidade deposicional entre as Formações Serraria e Feliz Deserto e sugerem que a Formação Feliz Deserto deve pertencer ao Grupo Perucaba e não ao Grupo Coruripe, como definido na carta da bacia de 2007 (CAMPOS NETO *et al.*, 2007). Dentre as litologias da Formação Morro do Chaves destacam-se os depósitos carbonáticos (coquinas), nos quais se intercalam as litologias que melhor preservam o conteúdo palinológico, alvo deste estudo, os folhelhos. Estes intervalos são relativamente ricos em fósseis, com ocorrências de coquinas formadas por

conchas de bivalves (p. ex. THOMPSON, 2013), intercaladas por folhelhos orgânicos ricos em ostracodes (p. ex. KINOSHITA, 2007), fragmentos de peixes e tartarugas (p. ex. GALLOET *al.*, 2009a, 2009b, 2009c, 2010; ROMANO *et al.*, 2014) e palinomorfos (p. ex. ANTONIOLI *et al.*, 2004, 2009; G. GARCIA, 2012; G. GARCIA *et al.*, 2013).

Registros micropaleontológicos possuem importante representatividade para correlações estratigráficas de alta resolução entre depósitos sedimentares, sejam eles pertencentes a uma mesma bacia ou a bacias distintas, com histórias contemporâneas. As bacias “vizinhas” da Sub-bacia Alagoas (Bacias do Araripe, Rio do Peixe, Sub-bacia de Sergipe, Recôncavo, entre outras), com seções aflorantes, possuem informações bioestratigráficas e paleoambientais advindas de palinomorfos (ANTUNES; AZEVEDO, 2011 *apud* CARVALHO, 2011) e que poderão ser analisadas posteriormente em estudos de integração, sendo que algumas destas bacias dispõem também de dados palinológicos de subsuperfície (p. ex.: REGALIET *al.*, 1974). Dessa forma, o levantamento de dados e a análise palinológica da Formação Morro do Chaves convertem-se de importância fundamental para tais correlações bioestratigráficas, além de poder permitir interpretações paleoambientais e de seu significado paleogeográfico.

Devido à abundância relativa e à dispersão rápida e eficiente de seus elementos de estudo, a palinologia é uma das ferramentas mais utilizadas em estudos integrados nas bacias sedimentares brasileiras para fins de determinação de idades relativas e paleoambientes deposicionais. Embora outros elementos ofereçam uma maior resolução bioestratigráfica para o Cretáceo, como por exemplo amonóides, foraminíferos e nanofósseis calcários, os elementos palinológicos podem ser mais específicos em determinados intervalos. Consoante a isso se tem o fato de serem observados desde ambientes continentais até ambientes hadais (figura 1).

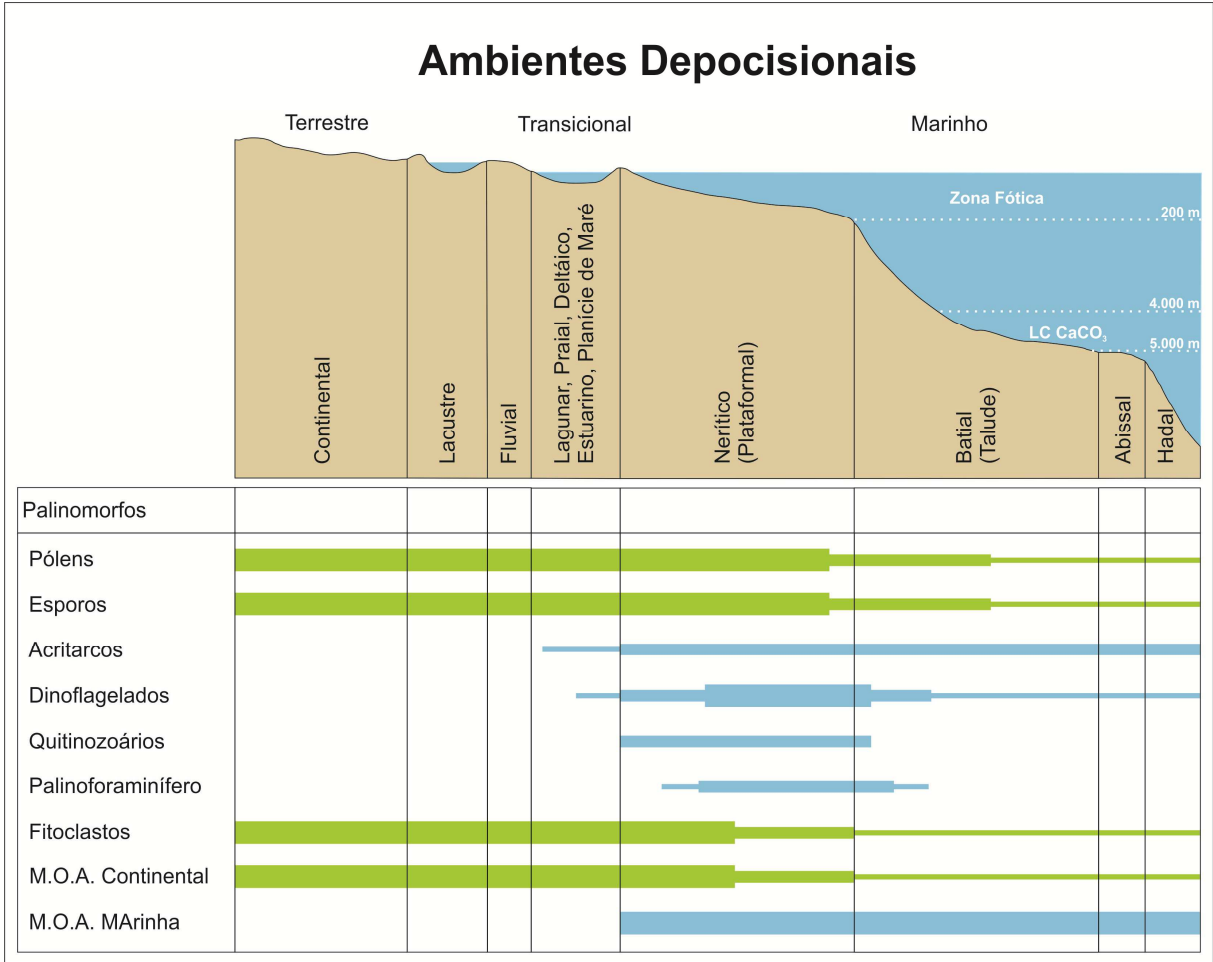


Figura 1: Perfil representativo da relação de palinomorfos e seus ambientes depocisionais (modificado de Seyve, 1990).

2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Este trabalho tem por objetivo realizar a recuperação e o reconhecimento de conteúdos palinológicos, microfósseis de parede orgânica, em depósitos (folhelhos) da Formação Morro do Chaves, Sub-bacia Alagoas, visando contribuir para a ampliação da base de dados micropaleontológicos da unidade e direcionada ao refinamento dos enfoques bioestratigráficos, paleoambientais e paleogeográficos relacionados à sua origem.

Em continuidade, o presente estudo tem como objetivo consequente o melhor entendimento a respeito da evolução paleo-bio-geográfica da região ocupada por distintas bacias residuais no interior do nordeste do Brasil durante os eventos iniciais de invasões marinhas nesta região, seja através da ruptura da crosta e oceanização propriamente dita ou pela simples invasão de águas marinhas através de baixios intracontinentais durante intervalos de elevação do nível do mar. Tais investigações são de significativa importância no reconhecimento de potenciais intervalos geradores de hidrocarbonetos, os quais eventualmente foram deixados preservados nas colunas estratigráficas das bacias residuais atuais e que foram invadidas por tais incursões marinhas precoces com a abertura do Atlântico Sul.

3 JUSTIFICATIVA

O estudo de conteúdos microfósseis é de significativa importância na análise integrada de bacias sedimentares, como já inicialmente comentado, tendo em vista a busca de entendimento sobre as relações espaciais (paleogeografia e paleoambientes deposicionais) e temporais (bioestratigrafia) entre rochas geradoras (p. ex., folhelhos) e reservatórios (p.ex., arenitos). As litologias que compõem o registro sedimentar da Formação Morro do Chaves permitem a integração entre a análise de potenciais reservatórios (“coquinas”) e potenciais geradores ou selos (folhelhos), sendo este trabalho direcionado aos folhelhos intercalados nas “coquinas”. Neste contexto de intercalações, os estudos micropaleontológicos revelam-se significativos para o entendimento detalhado das variações paleoambientais durante a deposição da unidade.

Neste trabalho em nível de mestrado deu-se continuidade ao estudo sobre a Formação Morro do Chaves iniciado pelo autor em seu trabalho de conclusão (G. GARCIA 2012; G. GARCIA *et al.*, 2013), levando-se em consideração o significado da mesma em relação à evolução do Atlântico. A partir da coleta de novas amostras e testemunhos de sondagem da unidade, material menos degradado, foi possível identificar o aparecimento de táxons inéditos para a formação.

Os estudos micropaleontológicos realizados pelo autor nos folhelhos intercalados na Formação Morro do Chaves estão em desenvolvimento desde 2012, sendo esta dissertação mais uma etapa de sua realização. Os espécimes descritos até então podem não ter ainda refinamento bioestratigráfico contundente, porém a quantidade de espécies reconhecidas foi ampliada devido a grande quantidade de material analisado e a novas técnicas aplicadas (p. ex., fluorescência).

As ferramentas da micropaleontologia, aliadas a estudos isotópicos e macro-paleontológicos, entre outros, têm sido utilizadas como estratégia de investigação e coleta de dados, visando à construção de um banco de dados e informações que permitam melhor elucidar a idade, a origem e a proveniência dos depósitos deste importante intervalo estratigráfico da Bacia Sergipe-Alagoas.

4 ESTADO DA ARTE

4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E ESTRATIGRÁFICO

As litologias estudadas da Formação Morro do Chaves correspondem ao estágio rifte final, estando temporal e paleogeograficamente situadas, em termos de ambientes deposicionais, próximas aos primeiros registros da chegada definitiva das águas do Atlântico Sul na Sub-Bacia de Sergipe (figura 2).

De acordo com Azambuja Filho *et al.* (1998), as litologias estudadas da Formação Morro do Chaves representam o estágio rifte final da Bacia de Sergipe-Alagoas, conceitualmente representado por sequências predominantemente continentais, depositadas em meios-grábens limitados por falhas com orientação NS, em contexto tectônico transpressivo, evoluindo para distensivo, resultando na separação das placas sulamericana e africana, simultaneamente enquanto se dava o processo de afinamento crustal no decorrer do Cretáceo Inferior. A sedimentação durante o Andar Jiquiá (~126-123 Ma), intervalo atribuído à deposição da unidade (SCHALLER, 1969), está parcialmente representada pelos calcários da Formação Morro do Chaves, associados com depósitos siliciclásticos de Formação Coqueiro Seco (CAMPOS NETO *et al.*, 2007).

Durante a fase drifte de evolução da bacia é caracterizado o início da influência marinha em caráter permanente, há cerca de 115 milhões de anos, durante o Albiano ao Pleistoceno. A representação desse estágio é marcada pelos calcarenitos bioclásticos e oncolíticos e pelos calcilutitos lagunares e de talude da Formação Riachuelo. Entretanto, a ruptura final que separou o Gondwana em dois continentes ocorreu há cerca de 80 milhões de anos.

Nogueira *et al.* (2003, p. 1), ao discutir brevemente as coquinas na Formação Morro do Chaves sob o ponto de vista de potencial para reservatório de petróleo, chama a atenção para o fato de que “em ‘coquinas’ são *plays* petrolíferos bastante incomuns no registro geológico e de difícil entendimento [...]”. O autor assim justifica a importância de estudar os depósitos encontrados na pedreira InterCement (conhecida anteriormente como Pedreira CIMPOR ou Atol) como análogos de superfície para reservatórios em profundidade, como por exemplo os da Bacia de Campos (Formação Lagoa Feia).

Segundo G. Garcia *et al.* (2010), o modelo deposicional, onde está inserida a Formação Morro do Chaves, é reconhecido como constituído por uma sedimentação lacustre, em contexto rifte, onde leques aluviais terrígenos coalescentes avançam interagindo com a sedimentação lacustre e carbonática. O avanço e recuo da borda lacustre, influenciado pelo tectonismo ou pelo aumento do nível do lago, permitiam em parte o afogamento dos depósitos terrígenos, favorecendo uma maior propagação dos organismos e, conseqüentemente, maior deposição das litofácies carbonáticas, intercaladas nos depósitos arenosos e conglomeráticos descritos na Pedreira InterCement. Novas evidências, entretanto, levam a considerar a forte possibilidade de influência marinha nesta sedimentação, que conceitualmente passaria a ser

considerada como “lagunar”, associada a corpos aquosos localizados junto a um corpo d’água maior com influência marinha (G. GARCIA, 2012; G. GARCIA *et al.*, 2013).

Em termos paleoambientais, Azevedo (2004) e Arai (2009) indicam uma proveniência marinha vinda de norte para os depósitos situados a norte da Bacia Sergipe-Alagoas, região onde afloram os registros mais bem expostos da Formação Morro do Chaves, amostrados para o presente estudo. Nesse contexto, por assim dizer “transicional”, ocorre uma sedimentação mista formada pela intercalação de calcários coquinóides (com folhelhos intercalados) da Formação Morro do Chaves, associados aos depósitos terrígenos (arenitos e folhelhos) da Formação Coqueiro Seco. O modelo assumido para essa deposição é originado a partir de sedimentação lacustre em contexto rifte, onde leques aluviais terrígenos coalescentes avançavam e interagem com a sedimentação lacustre. O avanço e recuo da borda “lacustre”, influenciados pelo tectonismo e/ou variação climática, permitiam ocasionalmente o afogamento dos depósitos terrígenos, favorecendo a propagação dos organismos e, conseqüentemente, a deposição das litofácies carbonáticas, intercaladas nos depósitos arenosos e conglomeráticos (figura 3).

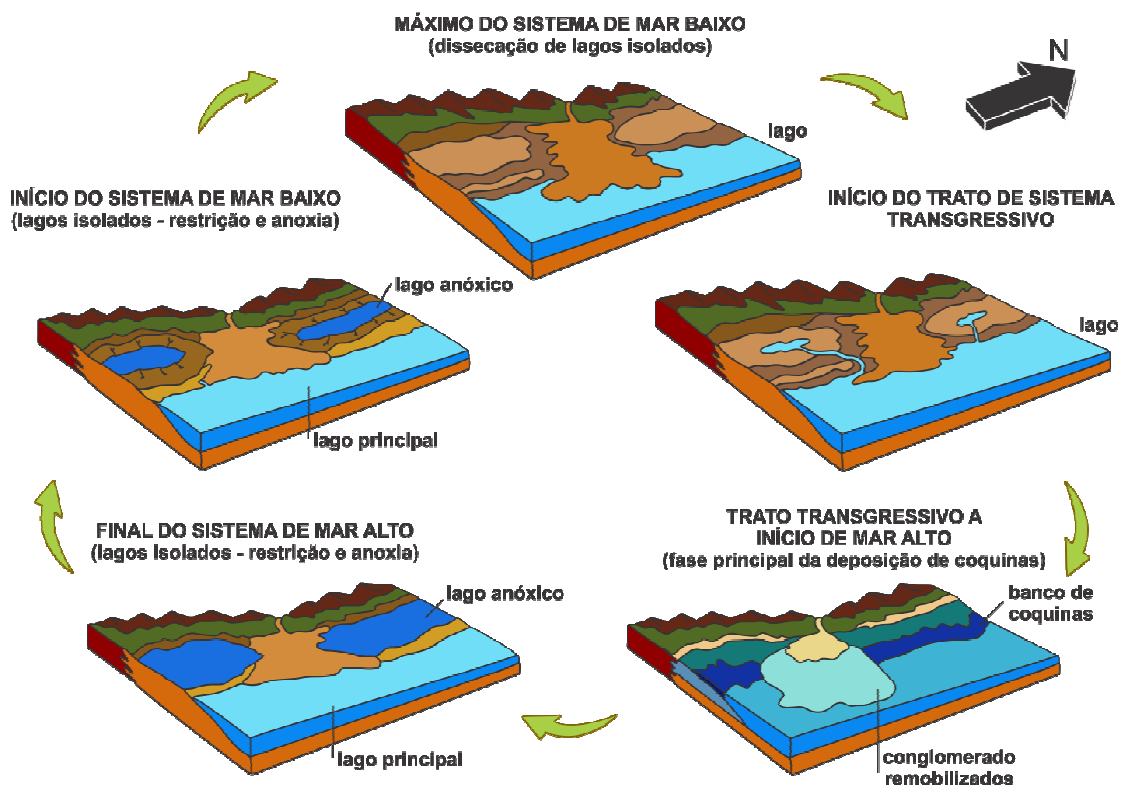


Figura 3: Modelo evolutivo da deposição dos carbonatos “lacustres” da Formação Morro do Chaves (modificado de Azambuja Filho *et al.*, 1998 in A. Garcia *et al.*, 2015a). Usa-se aqui uma terminologia de tratos de sistemas marinhos, adaptado ao contexto “supostamente” lacustre, atribuído a unidade pelos autores da figura original.

Tavares *et. al.* (2015) apresentam considerações sobre “facies e ambientes de sedimentação para as coquinas da Formação Morro do Chaves, [...]”, fundamentando suas conclusões em três aspectos: aspectos tafonômicos (grau de quebramento/retrabalhamento das conchas), critérios composicionais (presença de matriz micrítica e/ou siliciclásticas na coquinas) e consultas bibliográficas sobre o assunto. Estes autores reconhecem o ambiente deposicional da unidade como lacustre, mas mencionam as conclusões de Thompson (2013) ter encontrado bivalves marinhos entre os componentes das coquinas. São registrados os seguintes paleoambientes deposicionais pelos autores: plataforma lacustre de alta energia, relacionada a delta lacustre, e plataforma lacustre de alta energia, relacionada a depósitos do fundo do lago. Os autores mencionam a “complexidade e a heterogeneidade destes depósitos” e consideram “as coquinhas da Formação Morro do Chaves como apresentando uma história diagenética complexa, [...]”. O trabalho se propõe a apresentar um “novo modelo de fácies para os depósitos das coquinas”, mantendo o seu contexto lacustre. Os autores mencionam a existência de “um lago maior” durante períodos de “transgressão” e apontam que durante “períodos de seca” partes do lago ficariam “isolados”, favorecendo a deposição de folhelhos ricos em matéria orgânica.

4.2 PALEONTOLOGIA

Estudos paleontológicos na Formação Morro do Chaves têm sido realizados de forma ocasional e não direcionados a um esclarecimento objetivo de seus contextos paleoambientais e/ou paleoecológicos, principalmente em termos de microfósseis, embora ocorra expressivo conteúdo fossilífero.

Nogueira *et al.* (2003) descreveram as rochas coquinóides formadas por moluscos bivalvos (calcirruditos), as quais constituem o principal pacote sedimentar da seção aflorante na Pedreira Intercement (comumente citada como Pedreira Atol, nome conhecido em trabalhos mais antigos). Thompson (2013) considera que as “coquinas” da Formação Morro do Chaves contém uma diversidade de moluscos reconhecidamente marinhos, relacionados a ambientes de água salobra, o que sugere incursões marinhas periódicas durante o Cretáceo Inferior na área. Azevedo (2004) e Arai (2009) indicam uma origem marinha para os depósitos do norte da

Bacia de Sergipe-Alagoas, onde estão expostos os melhores registros da Formação Morro do Chaves.

Gallo *et al.* (2009b) identificaram a ocorrência de tartarugas na Formação Morro do Chaves, pertencentes à Família Bothremydidae (Ordem Testudines). Novos registros de tartarugas fósseis, classificados como *Atolcheylyslepida*, foram apresentados por Romano *et al.* (2014) e Ferreira e Langer (2013), indicando correlação faunística Tethiana, potencialmente relacionada com a abertura do Oceano Atlântico Central. Gallo *et al.* (2009a, 2009c e 2010) descreveram a ocorrência de Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) e a presença de *Enchodontidae*, assim os autores sugerem influência marinha para Formação Morro do Chaves.

Outros trabalhos paleontológicos descrevem a descoberta de fragmentos de um pterossauro nos depósitos da unidade (MOTTA *et al.*, 2011), enquanto Capalesso e Malabarba (2012) descrevem a ocorrência de um dente identificado como pertencente a um dinossauro Theropoda, provavelmente do grupo de *Miniraptora*.

Estudos palinológicos de Maffizzoni (2000) revelaram apenas registros de matéria orgânica amorfa na Formação Morro do Chaves, não identificando espécies de nenhum grupo palinológico. Antonioli *et al.* (2004, 2009) identificaram uma associação palinológica a partir de amostras de folhelhos negros intercalados com bancos de margas coquinóides e ricos em bivalvos, e arenitos finos a médios com estruturas *hummocky*. Os autores identificaram 15 espécies de esporos, pertencentes a oito gêneros, e 20 espécies de grãos de pólen que compreendem 12 gêneros. A palinoflora encontrada é formada pelos grãos de pólen atribuídos a gimnospermas (*Classopollis*, *Equisetosporites*, *Araucariacites*, *Eucommiidites*, *Gnetaceaepollenites*, *Inaperturopollenites*, *Dicheiropollis*) em associação com os esporos triletos (*Apiculatisporis*, *Aequitriradites*, *Cicatricosisporites*, *Verrucosisporites*, *Deltoidospora*, *Leptolepidites*, *Concavisporites*). Em proporções menores são encontrados os gêneros *Stelatopollis* e *Transitoripollis* de grãos de pólen afins às angiospermas. Tendo como base a associação encontrada na seção investigada da Formação Morro do Chaves, a unidade foi posicionada no andar Jiquiá inferior (Barremiano superior) e devido à grande quantidade de esporos e grãos de pólen, foi indicado um ambiente deposicional predominantemente continental para a Formação Morro do Chaves. Ainda, devido ao fato de terem

sido representados apenas em forma de resumo em eventos, esses trabalhos que definem o andar Jiquiá para a Sub-bacia de Alagoas se apresentam carentes em figuras e discussão, não apresentando assim maiores esclarecimentos sobre a localização das coletas de amostras e técnicas empregadas na preparação palinológica.

Em seu estudo, G. Garcia (2012) trabalhou com 17 níveis de folhelho na cava da pedreira, destes oito se mostraram estéreis e nove apresentaram conteúdo palinológico, dentre os quais somente seis foram considerados para a análise bioestratigráfica. As considerações paleoambientais foram realizadas com base no conteúdo palinológico e nas informações paleontológicas e geológicas disponíveis. O pacote sedimentar estudado corresponde a parte carbonática da Formação Morro do Chaves, que possui aproximadamente 70,0 m de espessura na localidade da Pedreira InterCement. Foram recuperadas associações palinoflorísticas entre 5,0 m a 70,0 m do perfil, onde identificou-se a presença de 9 gêneros de esporos e 8 gêneros de grãos de pólen. Dentre os esporos se pode observar os gêneros *Biretisporites*, *Deltoidospora*, *Cyathidites*, *Verrucosisporites*, *Pilososporites*, *Cicatricosporites*, *Appendicisporites*, *Densoisporites*, *Aequitriradites*. Já dentre os grãos de pólen se pode identificar os gêneros *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites*, *Eucommiidites*, *Retimonocolpites*, *Monocolpopollenites*, *Inaperturopollenites*, *Circulina* e *Dicheiropollis*, além de dois espécimes de fungos. Em decorrência do grau de preservação do material, a idade foi estabelecida pela presença da ocorrência da espécie *Dicheiropollis etruscus*. Assim caracterizou-se a palinozona *Dicheiropollis etruscus* P-180, que compreende os andares Rio da Serra até Jiquiá Superior, contudo, com base em outros dados paleontológicos e geológicos, determinou-se a idade Barremiana para o intervalo. Em observações microscópicas sob luz fluorescente foram identificadas algumas vesículas algálicas indeterminadas, classificadas como prováveis ficomas de algas da classe *Prasinophyceae*, assim estabelecendo uma possível origem marinha para os depósitos devido a classe de estas algas ser predominantemente de ambientes marinhos, contudo também há registros em ambientes de água doce ou salobra. A matéria orgânica amorfa presente no material analisado mostrou um alto grau de fluorescência em alguns níveis. Através do material analisado neste trabalho foi possível posicionar a Formação Morro do Chaves em um ambiente aquático (grande lago/ laguna) situado em uma zona costeira sujeita à condições de clima quente com

pouca disponibilidade de água doce e potencialmente sofrendo esporádicas incursões marinhas.

A correlação de estratos sedimentares com os andares da escala cronoestratigráfica padrão constitui uma das principais dificuldades dos pesquisadores do mundo inteiro. Isso resulta do fato de a grande maioria das unidades pertencentes à escala geocronológica padrão serem fixadas com base em estratos marinhos, fósseis que possuem ampla distribuição paleogeográfica.

5 LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO

A área de estudo da Formação Morro do Chaves está situada nas proximidades da cidade de São Miguel dos Campos, 5,0 Km a oeste da BR-101, Estado de Alagoas, ligada pela estrada secundária pavimentada que leva à Fazenda São Sebastião (figura 4), que fica aproximadamente a 220 Km da cidade de Aracaju, em Sergipe. Os depósitos aflorantes da Formação Morro do Chaves são objeto de exploração do Grupo InterCement (ex-CIMPOR), conhecido em trabalhos mais antigos como Pedreira Atol (Figura 5) ou apenas citados como Mina IV. Todas as amostras analisadas neste trabalho são de um perfil-composto descrito na cava da mina e de testemunhos de sondagens localizados dentro e fora da área de mineração (Figura 6).

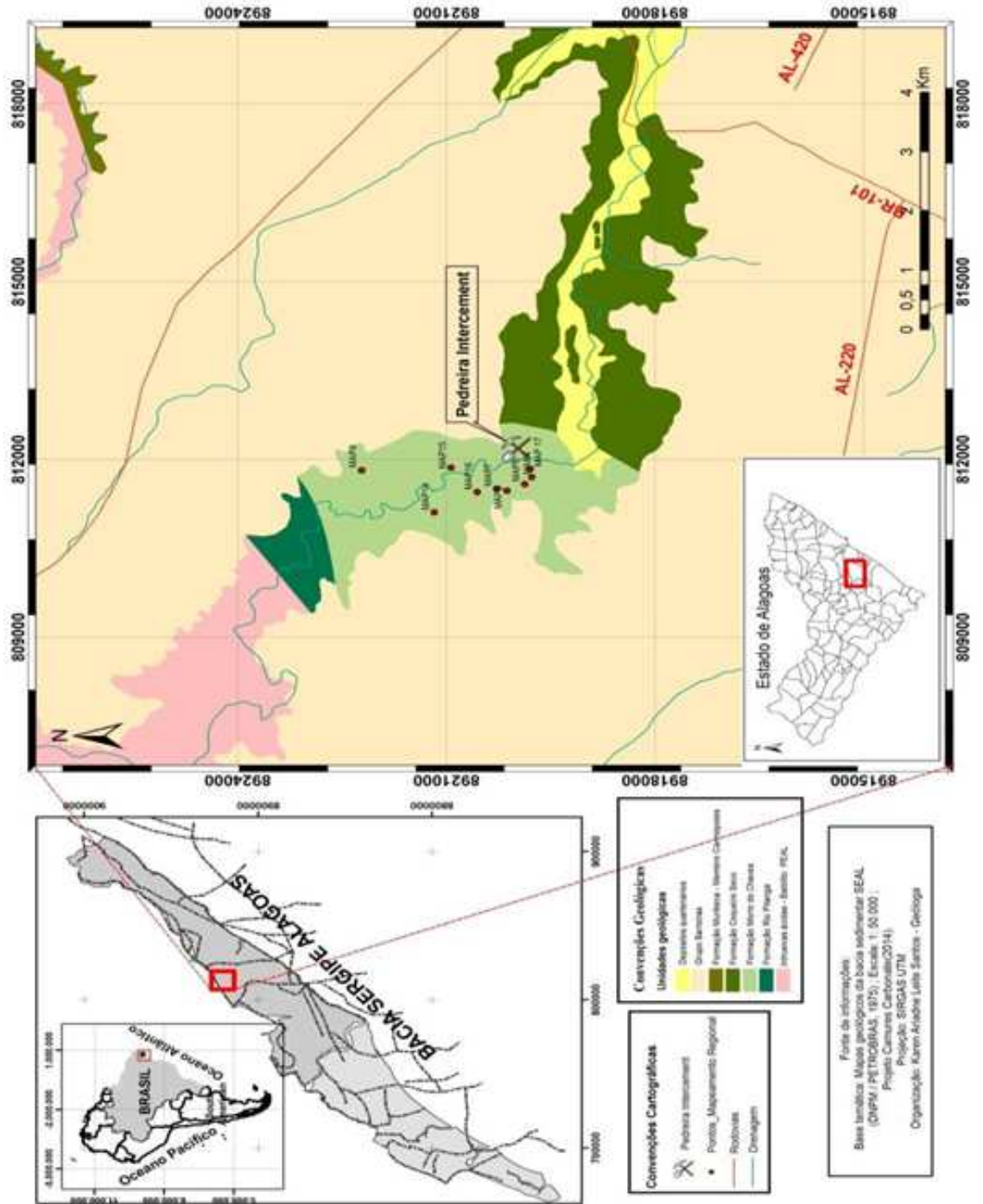


Figura 4: Localização da Pedreira InterCement, área de estudo (Modificado de A. Garcia et al. 2011).



Figura 5: Vista geral da Pedreira Atol situada em São Miguel dos Campos, afloramento de maior expressão da Formação Morro do Chaves. Vista geral do flanco leste (A); vista norte da cava da pedreira (B) e vista sul da cava de mineração da pedreira (C).

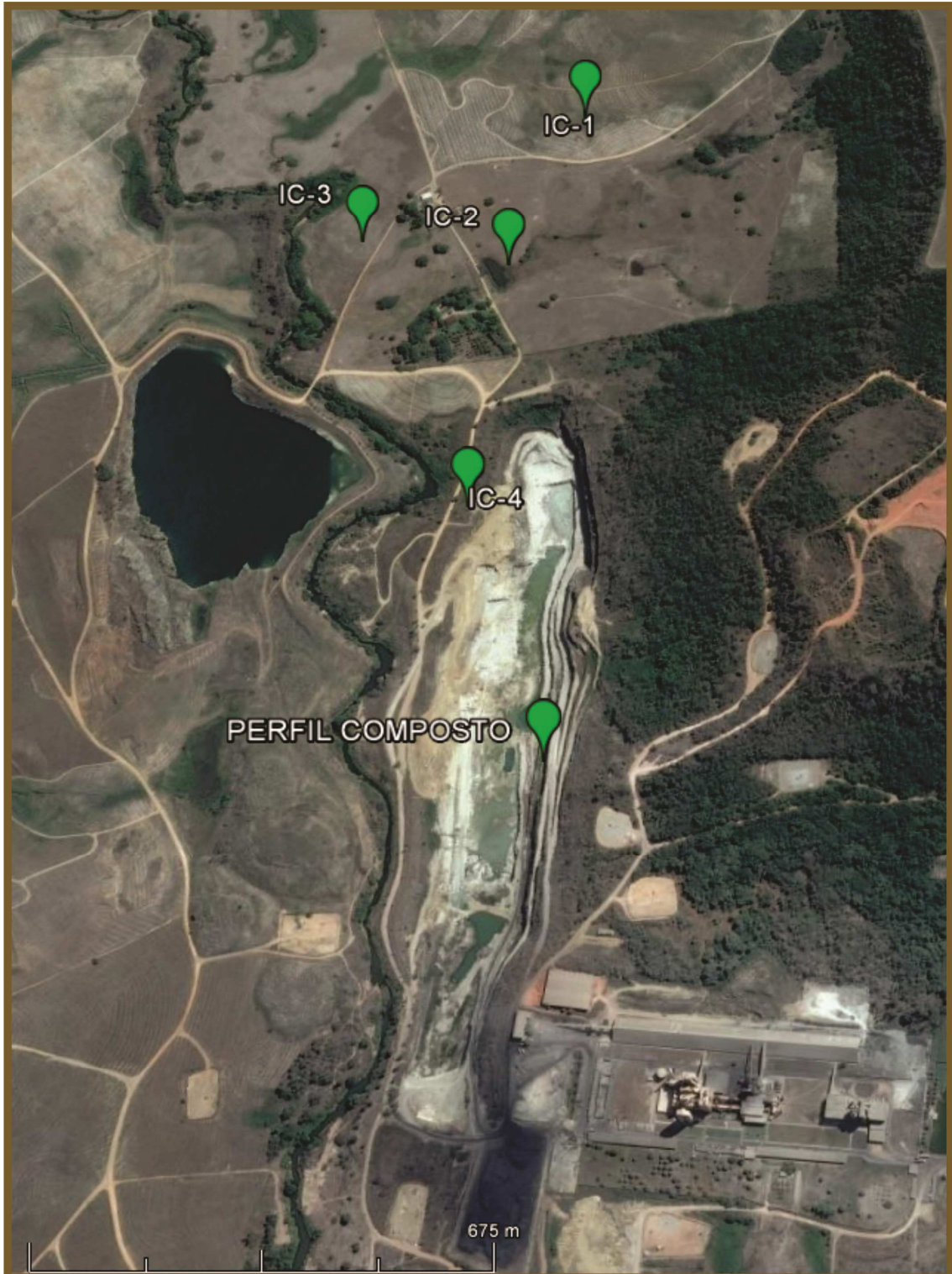


Figura 6: Localização dos perfis descritos em testemunhos e no afloramento. (GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.5.1557. 2015. São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 12 nov. 2015).

6 METODOLOGIA

6.1 DESCRIÇÃO DE PERFIS E COLETA DE AMOSTRAS

Os procedimentos de campo consistiram da descrição de perfis, correlações estratigráficas e amostragem na cava da lavra de calcário e em testemunhos de furos de sondagens, em conformidade com a Metodologia CAMURES (Caracterização Multiescalar de Reservatórios), de caráter multidisciplinar, que vem sendo desenvolvida pelo Laboratório PROGEOLOGIA/NUPEG/UFS, visando à compreensão, em diferentes escalas, dos intervalos carbonáticos e siliciclásticos da Bacia Sergipe-Alagoas (A. GARCIA *et al.*, 2015b). Camadas calcárias foram descritas com base em Folk (1959) e Dunham (1962). As microfácies identificadas foram caracterizadas com base em seus aspectos sedimentares e diagenéticos, a fim de analisar os aspectos deposicionais e evolutivos das rochas carbonáticas. Os folhelhos foram caracterizados em macro escala com base no grau de alteração/oxidação e no seu caráter orgânico.

Os perfis litofaciológicos foram construídos com base nos trabalhos de A. Garcia e Eastwood (1981) e Tucker (1991), que tratam da descrição de afloramentos com um significativo detalhamento, e também em um trabalho que apresenta uma aplicação direta para afloramentos carbonáticos (AIGNER, 1995). Busca a integração de métodos de descrição de rochas siliciclásticas que possam ocorrer em afloramento e de rochas carbonáticas.

Neste trabalho buscou-se amostrar as litologias que melhor preservam os constituintes orgânicos de granulometria mais fina, neste caso os folhelhos. Desse modo foram amostradas camadas com menor grau de alteração dentro dos folhelhos escuros (por apresentarem uma melhor resolução para técnica de preparação, tendo sofrido menos lixiviação e oxidação), sendo necessário, por vezes, realizar uma escavação mais profunda para a obtenção de uma amostra de confiança, menos intemperizada de afloramentos (figura 7). Os testemunhos de sondagem nessas observações constituem um dos melhores meios de obtenção de amostras mais aproximadas dessas condições. Dessa forma, nas amostragens de testemunhos, a certeza de recuperação torna-se maior.

Dezessete amostras de folhelhos foram coletadas na cava da pedreira, ao longo de 63 m de uma seção vertical principal. Além destas, 28 amostras de

folhelhos foram coletadas em testemunhos de quatro furos (IC-1 a IC-4) perfurados na área da pedreira. Foram selecionadas duas amostras para análise palinológica do furo IC-1 (96,14 m de profundidade total), 10 do IC-2 (225,55 m), 14 do IC-3 (212,54 m) e duas do IC-4 (119,98 m).



Figura 7: Coleta de amostras com posicionamento das mesmas nos perfis estratigráficos.

6.2 PROCESSAMENTO LABORATORIAL

Os procedimentos de preparação palinológica correspondem ao método que recupera microfósseis de natureza orgânica, não mineralizados, constituídos de esporopolenina (de fórmula química bastante complexa do tipo $C_{90}H_{110}$ até $158O_{10}$ até 44) ou de substâncias quitinóides. Devido a essa natureza química, são necessárias técnicas de extração e concentração de matéria orgânica da rocha específica para este fim. Essa matéria orgânica é composta de palinomorfos (microfósseis de origem

marinha, continental, animal ou vegetal), fitoclastos (restos vegetais) e matéria orgânica amorfa.

Para a extração e concentração desse material são empregadas técnicas de dissolução específicas por reagentes químicos, utilizando-se equipamentos de proteção adequados e tendo os cuidados necessários durante o manuseio dos ácidos. Para este tipo de estudo é utilizada a técnica padrão proposta por Wood *et al.* (1996), que consiste na aplicação de ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF) para eliminar ao máximo os constituintes minerais da rocha, para que reste apenas um resíduo composto por palinóforos.

Para começar a preparação do material a ser processado é necessário fragmentar as amostras para que se tenha uma quantidade homogênea de rocha, com fragmentos menores para que a reação com os ácidos seja mais eficiente. As amostras maiores são primeiramente fragmentadas com a utilização do martelo. Nesse procedimento se deve tomar o cuidado de embrulhar a amostra em saco plástico e papéis/jornais para que não haja a perda de material. As amostras menores e as maiores que já foram fragmentadas com o martelo são fragmentadas a um tamanho menor com o almofariz (grau) e pistilo, tendo-se o cuidado de não pulverizar as amostras, pois isso pode quebrar o material de interesse.

Após a fragmentação, o material é peneirado em malha de dois mm para que fragmentos menores que dois mm sejam descartados. Após o peneiramento, o material é pesado até se alcançar a quantidade definida (aproximadamente 20 g). Depois de todas as etapas da desagregação física o material já está pronto para a dissolução química, sendo colocado em béqueres plásticos de 1000 ml devidamente identificados.

Realizada a identificação de todos os béqueres (com a numeração de campo dada para as amostras), os mesmos são levados à capela para o teste de verificação da presença de material carbonático nas amostras. Com a capela ligada (seguindo todos os procedimentos de segurança devido à volatilidade dos ácidos), é retirada uma pequena fração de cada amostra e colocada em um béquer de vidro contendo ácido clorídrico (HCl a 37%) e verificado se há reação nas amostras. Se a reação é efervescente, a amostra é separada para o processamento com HCl; se não, é passa direto para a etapa de dissolução com HF.

O ácido clorídrico é adicionado aos béqueres até cobrir totalmente as amostras e, após uma hora, tempo necessário para a reação cessar, sempre se

trabalhando dentro da capela, o recipiente é preenchido com água destilada até dois cm da borda. Importante observar que o ácido deve ser neutralizado para seu descarte. Considerando que o material de interesse são elementos orgânicos, os quais apresentam-se muito finos, esperam-se, no mínimo, oito horas para que o mesmo se deposite no fundo do recipiente. O tempo de espera se faz necessário para que, no momento do descarte da água destilada, não se perca o material do fundo.

Para uma neutralização eficaz dos ácidos, são realizadas, no mínimo, três trocas de água destilada (utiliza-se água destilada para não contaminar a amostra com material palinológico recente). Ressalta-se o cuidado que deve ser tomando com o descarte da água destilada, como a primeira água a ser retirada ainda possui alto teor de HCl, esta é descartada em galões de plástico para ser tratada antes do descarte final. Nas outras trocas a água pode ser descartada diretamente no esgotamento pluvial. O ácido clorídrico, em especial, os reagentes e os íons de cálcio devem ser removidos, pois, quando permanecem na amostra, tendem a reagir com a adição do ácido fluorídrico da próxima etapa, precipitando em pequenos cristais de fluoreto de cálcio, que é de difícil remoção (UESUGUI, 1979).

Após a realização da dissolução da fração carbonática, é adicionado o ácido fluorídrico (HF 48%) para dissolver os minerais silicatados. O ácido fluorídrico deve ser adicionado da mesma forma como o ácido clorídrico, ou seja, é adicionado nas amostras até que as mesmas sejam cobertas por completo. Deve-se tomar o cuidado de adicionar o ácido fluorídrico vagorosamente, pois esta reação pode ser mais violenta e exotérmica. Para garantir uma dissolução mais eficiente dos minerais silicatados, as amostras são submetidas ao HF por 24 h, procedimento que deve ser realizado com a capela ligada devido ao ácido ser muito volátil.

Após 24 h é realizada a neutralização através de trocas de água, com água destilada. Com os resíduos já neutralizados, é adicionado ácido clorídrico até atingir o dobro do volume do resíduo. Novamente é realizada a troca de água para a neutralização do ácido. O resíduo que resta, após o término das etapas de desagregação química, ainda não é o resíduo final, que deve passar por peneiras para a eliminação das partículas com tamanho superior a 25 mm/ μ m e inferior a 250 mm/ μ m.

Com o resíduo já neutralizado, é feita a concentração do mesmo com a utilização em conjunto de duas peneiras. A peneira que vai receber primeiro o

resíduo possui uma malha de 500 mesh (0,025 mm = 25 μ m), e a segunda peneira possui uma malha de 60 mesh (0,250 mm = 250 μ m), o que ficar retido entre essas peneiras é o resíduo propriamente dito. O procedimento de peneiramento deve ser realizado individualmente para cada amostra em uma pia, lembrando-se de tomar o cuidado de lavar a peneira com água e sabão e depois com água destilada, entre a preparação de cada amostra, para evitar possíveis contaminações. A técnica de manuseio da peneira constitui de movimentos verticais e horizontais com a adição de água destilada, além de batidas suaves na pia para a eliminação do material menor que 60 mesh, que normalmente é a matéria orgânica amorfa indesejável que envolve os palinomorfos e dificulta a visualização e a identificação taxonômica dos mesmos ao microscópio. Cada amostra deve ser guardada em um potinho plástico com a devida numeração para posterior preparação das lâminas palinológicas.

A fim de uma recuperação mais eficiente de palinomorfos, foram utilizadas outras duas peneiras: uma de malha de 200 mesh (0,01 mm = 10 μ m), de onde foi retirada uma parte do resíduo para a confecção de lâminas de material nesta granulometria, e o restante foi passado em uma peneira com malha de 500 mesh (0,025 mm = 25 μ m), o qual foi separado em outro recipiente para fabricação de lâminas nesta outra granulometria. Assim se tem materiais em dois tamanhos de refinamento para observações em diferentes escalas.

Para a confecção das lâminas palinológicas, utilizou-se lamínulas (24 x 32 mm) e lâminas de vidro (24 x 76 mm). Foram identificadas todas as lâminas com a numeração estabelecida de MP-P (Museu de Paleontologia-Palinologia), que após a realização dos estudos aqui propostos serão depositadas na Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A confecção das lâminas é realizada em uma chapa quente esquentada a temperatura aproximada de 60°C. Primeiramente, após o aquecimento da chapa, é colocada uma gota de água destilada para fixação da lamínula na chapa para melhor manuseio; assim que a lamínula está bem fixada é adicionada água destilada sobre a lamínula para que o resíduo se disperse mais sob toda a extensão da mesma. Para que o resíduo tenha maior aderência, e também para impedir a proliferação de fungos na lâmina, é adicionada uma gota de cellosize. Depois de feitas estas etapas são adicionados os resíduos, sendo que a retirada das amostras dos potinhos plásticos onde foram armazenadas e realizada com o auxílio de

canudos descartáveis. A quantidade de resíduo posto na lâmina depende da concentração que se deseja obter, mas normalmente vai de uma a três gotas. Para melhor aproveitamento da área da lamínula utiliza-se um palito para misturar e espalhar o resíduo. Aguarda-se a água destilada evaporar para não formar bolhas durante a colagem da lamínula à lâmina. Depois de seca, a lamínula é retirada da chapa e colocada dentro da capela para a colagem com o composto *Entelan* (devido ao cheiro forte do produto utilizado para a colagem este procedimento é realizado dentro da capela com o exaustor ligado), onde são adicionadas três gotas do composto na lâmina e colada a lamínula sobre à lâmina.

Em algumas amostras processadas foi observado que no resíduo final havia uma grande quantidade de matéria orgânica amorfa (que dificulta a observação dos palinomorfos). Assim sendo, utilizou-se de KOH a 20%, conforme técnica recomendada por Brenner (1996, 1998), que auxilia na fragmentação da matéria orgânica amorfa. As amostras submetidas a mais este processo passaram novamente pelas peneiras tendo assim um novo resíduo final.

Além da adição de KOH para fragmentar a matéria orgânica amorfa, foi utilizado detergente neutro para clarear a mesma, a fim de facilitar a visualização e posterior classificação do material esporopolínico (OLIVEIRA *et al.*, 2003; OLIVEIRA; MENDONÇA FILHO, 2004).

Para obter uma visualização dos palinomorfos com boa resolução é necessária a utilização de um microscópio ótico de qualidade, que possibilite estudos com mais detalhe. Para esses estudos faz-se imprescindível que o mesmo esteja equipado com mais de uma ocular/objetiva, tais como a de 10x, 20x, 40x e a de 100x (lente de imersão). Tal equipamento permite varreduras nas lâminas amplas, resultando em ganho de tempo na pesquisa e na observação mais detalhada, quando necessário, com aumentos de até 1000 vezes. Neste trabalho o equipamento utilizado para o estudo dos palinomorfos foi o microscópio binocular de luz branca Olympus CX31 e o microscópio binocular de luz branca e luz fluorescente Olympus BX51. Além disso, as fotografias apresentadas neste estudo foram tiradas com a máquina fotográfica Olympus Evolt E330. As lâminas estão depositadas na coleção do Museu Paleontológico do LPMMT/UFRGS sob os códigos MP-P 7994 a 8030, 10471 a 10486 e 10658 a 10717, totalizando 93 lâminas. O resumo das principais etapas do processamento palinológico encontra-se ilustrado a seguir (figura 8):

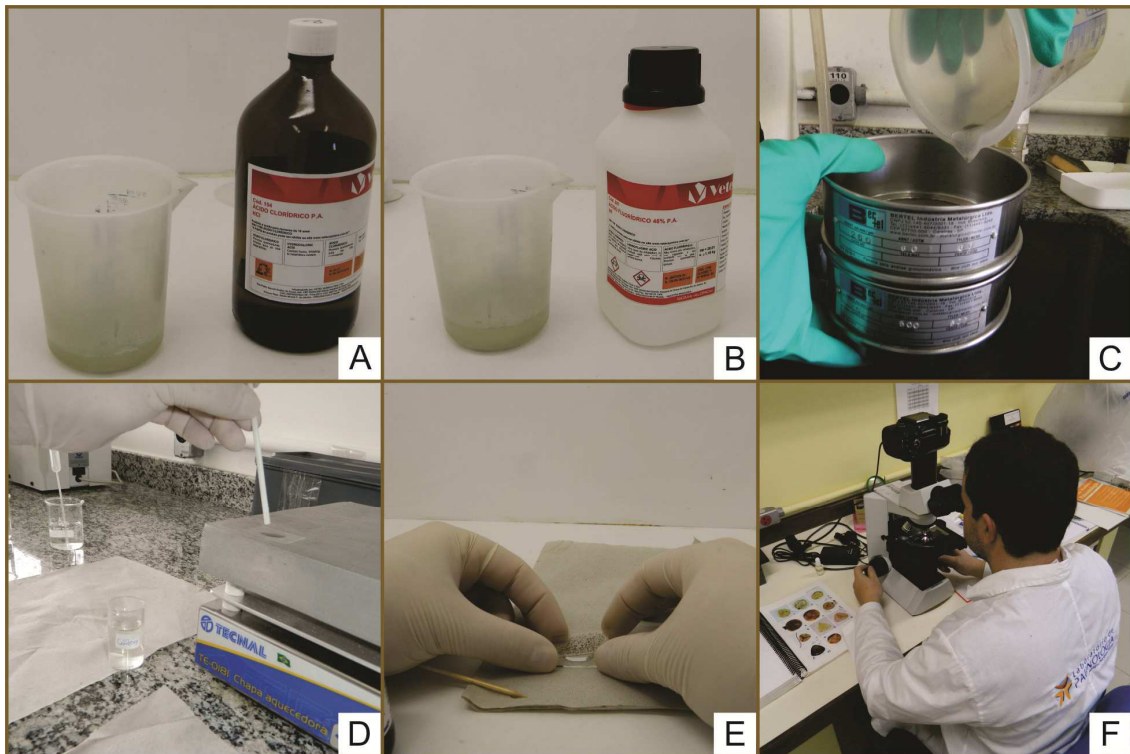


Figura 8: Preparação de amostras para confecção de lâmina palinológica. A) Reação com HCl; B) Reação com HF; C) Peneiramento do resíduo processado; D) Secagem do material em chapa quente sobre lamínula; E) Fixação da lamínula na lâmina de vidro; F) Observações do material em microscópio óptico de luz transmitida.

7 RESULTADOS

7.1 LEVANTAMENTOS DE PERFIS E POSICIONAMENTO ESTRATIGRÁFICO DAS AMOSTRAS

Os furos realizados na pedreira foram nomeados de IC-1, IC-2, IC-3 e IC-4, e o perfil composto levantado na cava da pedreira foi denominado MCH-COMPOSTO. Os perfis ilustrados a seguir têm a legenda padrão apresentada na figura 9. Importante compreender que os estudos palinológicos realizados estão integrados a estudos mais completos sobre a unidade e por esta razão é apresentado nas listagens a seguir seus posicionamentos em relação a outros encaminhamentos de investigação sobre material amostrado nos mesmos perfis.



Figura 9: Legenda Padrão de Perfis (padrão utilizado pelo Laboratório PROGEOLOGIA, modificado de A. Garcia *et al.* 2015c).

O furo IC-1 possui 96,14 m de profundidade (figura10), onde foram coletadas duas amostras de folhelho para palinologia, três amostras de coquinas para petrografia (estudos tafonômicos) e três amostras de coquinas para petrofísica (estudos de porosidade, permeabilidade e simulação de fluxo) (tabela 1).

Poço IC-1

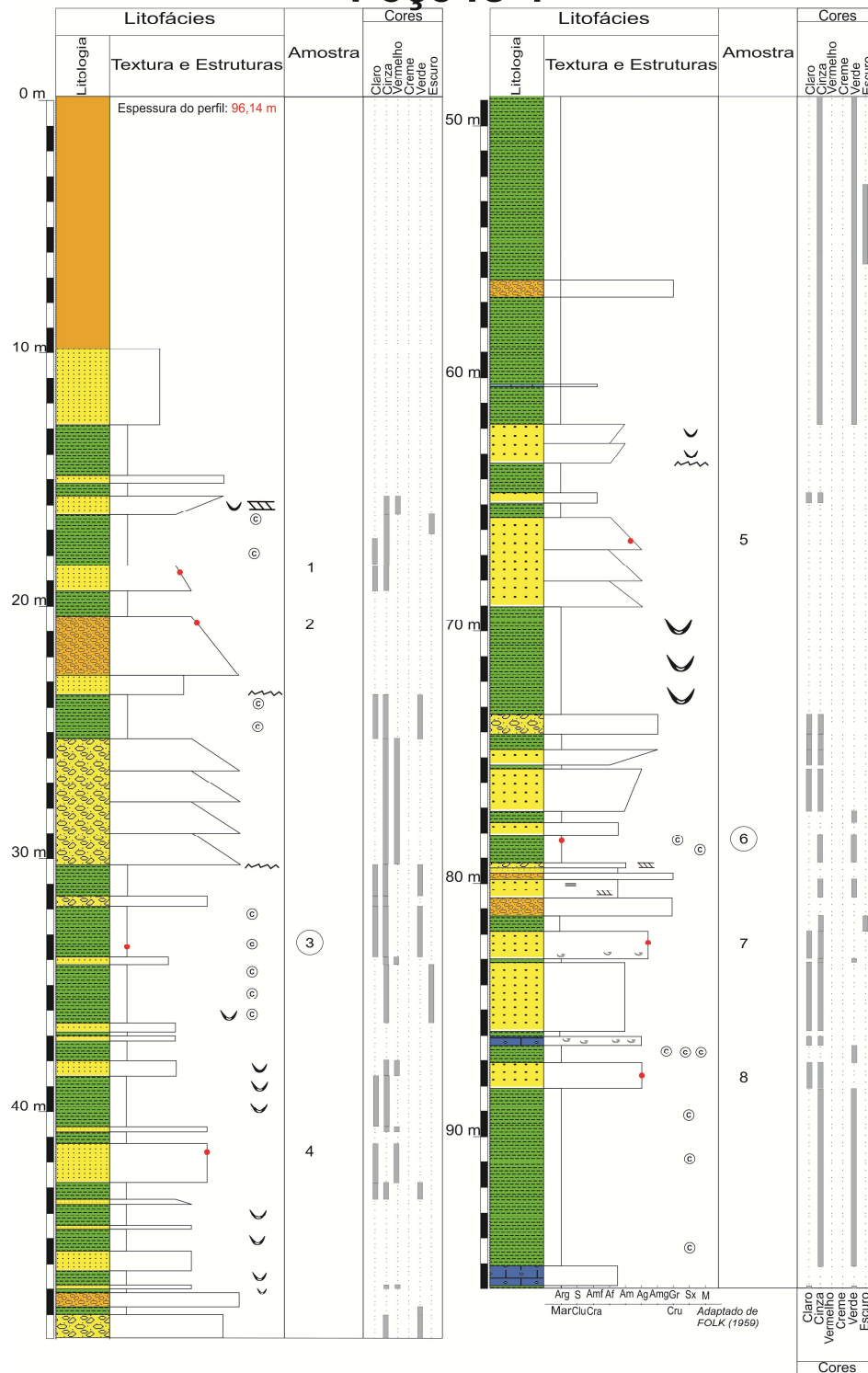


Figura 10: Perfil do poço IC-1 com dados geológicos e de amostragem (modificado De A. Garcia *et al.* 2015c).

Tabela 1: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do Poço IC-1.

Poço IC-1		
Método	Amostra	Prof. (m)
Petrografia	1	19,50
Petrofísica	2	21,81
Palinologia	3	34,50
Petrografia	4	42,65
Petrofísica	5	67,60
Palinologia	6	79,82
Petrografia	7	83,30
Petrofísica	8	88,15

O furo IC-2 possui 225,55 m de profundidade (figura 11), onde foram coletadas dez amostras de folhelho para palinologia, 52 amostras de coquinas para petrografia (estudos tafonômicos) e três amostras de coquinas para petrofísica (estudos de porosidade, permeabilidade e simulação de fluxo) (tabela 2).

Poço IC-2

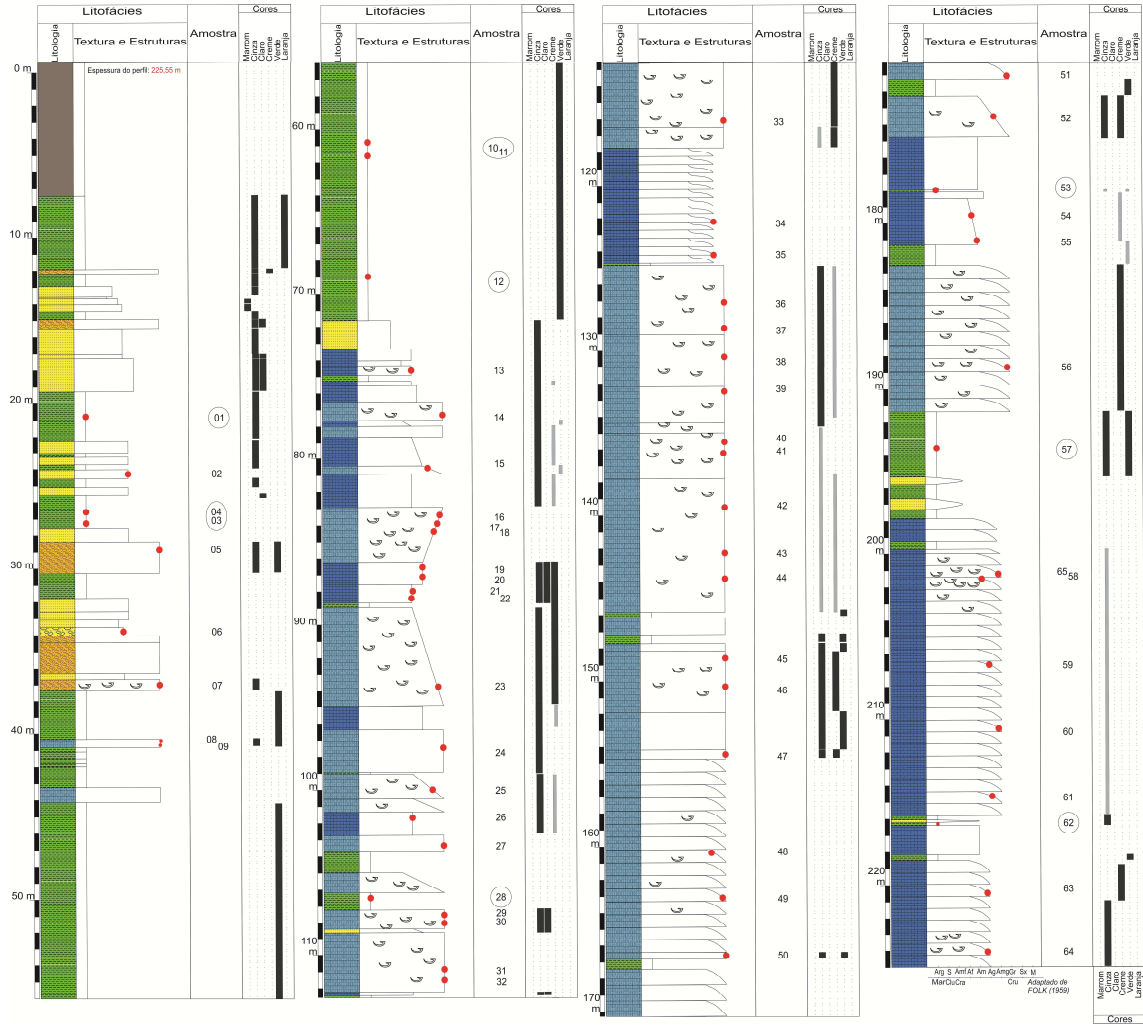


Figura 11: Perfil do poço IC-2 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia *et al.* 2015c).

Tabela 2: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-2 (PT = Petrografia; PF = Petrofísica; F = Folhelho para Palinologia).

Poço IC-2			Poço IC-2		
Método	Amostra	Prof. (m)	Método	Amostra	Prof. (m)
Palinologia	1	22,56	Petrografia	34	122,85
Petrofísica	2	24,9	Petrografia	35	124,7
Palinologia	3	28,08	Petrografia	36	127,61
Palinologia	4	27,57	Petrografia	37	129,32
Petrografia	5	30,64	Petrografia	38	131,1
Petrografia	6	34,3	Petrografia	39	132,8
Petrofísica	7	37,78	Petrografia	40	135,72
Petrografia	8	41	Petrografia	41	136,59
Petrofísica	9	41,25	Petrografia	42	139,9
Palinologia	10	61,64	Petrografia	43	142,7
Palinologia	11	61,89	Petrografia	44	144,25
Palinologia	12	69,9	Petrografia	45	149,12
Petrografia	13	75,2	Petrografia	46	151
Petrografia	14	77,92	Petrografia	47	155,05
Petrografia	15	80,8	Petrografia	48	160,85
Petrografia	16	84,1	Petrografia	49	163,6
Petrografia	17	84,7	Petrografia	50	167,05
Petrografia	18	85	Petrografia	51	171,85
Petrografia	19	87,3	Petrografia	52	174,15
Petrografia	20	87,71	Palinologia	53	175,15
Petrografia	21	88,6	Petrografia	54	180
Petrografia	22	89,05	Petrografia	55	181,67
Petrografia	23	94,34	Petrografia	56	189,16
Petrografia	24	98,33	Palinologia	57	194,2
Petrografia	25	100,5	Petrografia	58	201,8
Petrografia	26	102,15	Petrografia	59	207,23
Petrografia	27	103,8	Petrografia	60	211,25
Palinologia	28	106,95	Petrografia	61	215,21
Petrografia	29	107,85	Palinologia	62	216,78
Petrografia	30	108,6	Petrografia	63	220,86
Petrografia	31	111,5	Petrografia	64	224,57
Petrografia	32	112,25	Petrografia	65	201,55
Petrografia	33	116,96			

O furo IC-3 possui 212,54 m de profundidade (figura 12), onde foram coletadas 14 amostras de folhelho para palinologia, 78 amostras de coquinas para petrografia (estudos tafonômicos) e cinco amostras de coquinas para petrofísica (estudos de porosidade, permeabilidade e simulação de fluxo) (tabela 3).

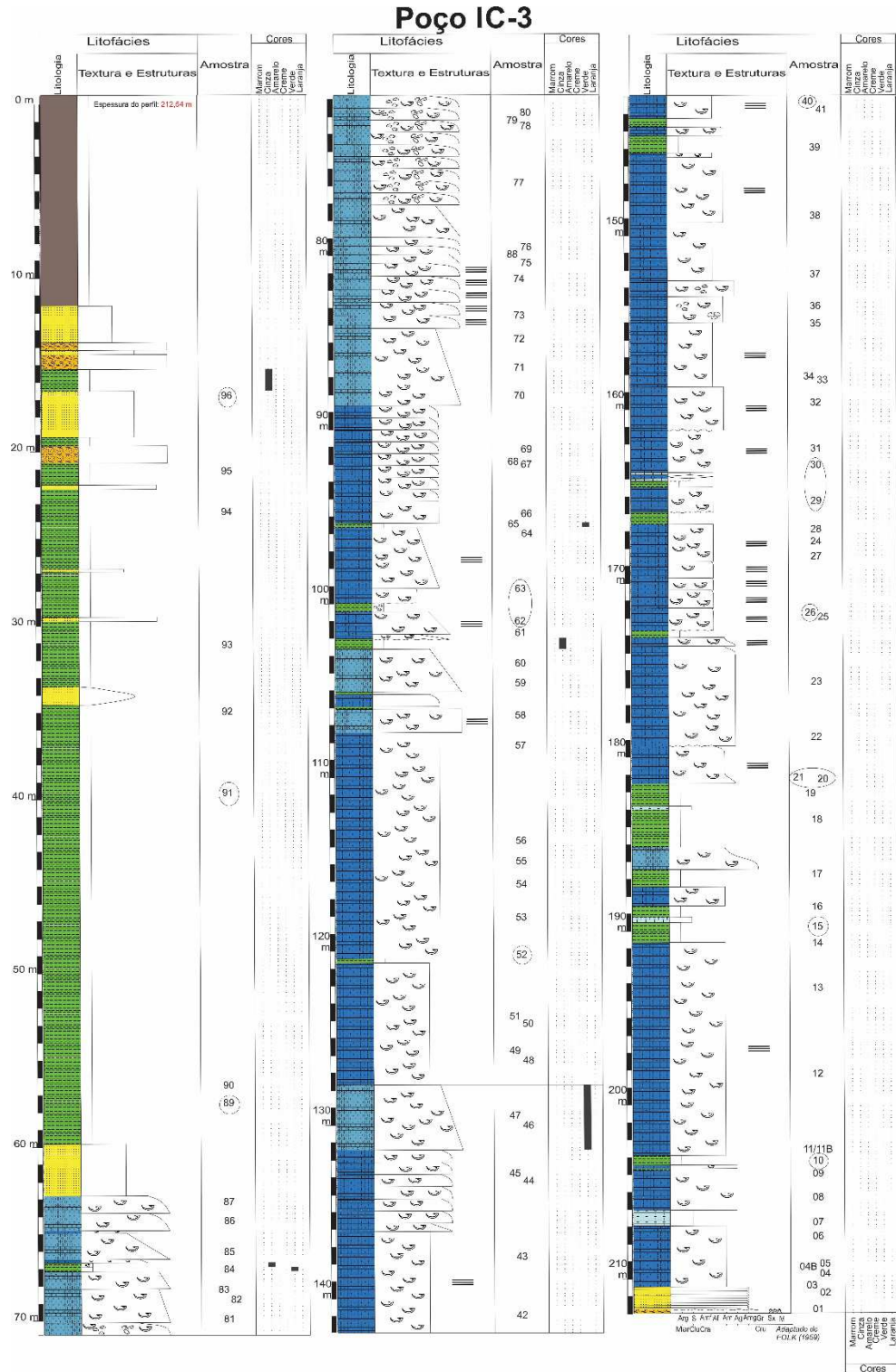


Figura 12: Perfil do poço IC-3 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia *et al.* 2015c).

Tabela 3: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-3 (PT = Petrografia; PF = Petrofísica; F = Folhelho para Palinologia).

Poço IC-3			Poço IC-3			Poço IC-3		
Método	Amostra	Prof. (m)	Método	Amostra	Prof. (m)	Método	Amostra	Prof. (m)
Petrografia	1	211	Petrografia	33	157,46	Petrografia	65	94,57
Petrografia	2	209,9	Petrografia	34	157,1	Petrografia	66	93,87
Petrografia	3	209,43	Petrografia	35	154,1	Petrografia	67	91,15
Petrografia	4	208,7	Petrografia	36	153,1	Petrografia	68	90,92
Petrografia	4B	208,4	Petrografia	37	151,35	Petrografia	69	90,26
Petrografia	5	208,22	Petrografia	38	147,93	Petrografia	70	87,15
Petrografia	6	206,6	Petrografia	39	144	Petrografia	71	85,53
Petrografia	7	205,8	Palinologia	40	141,43	Petrografia	72	83,76
Petrografia	8	204,4	Petrografia	41	141,88	Petrofísica	73	82,57
Petrografia	9	203	Petrografia	42	140	Petrografia	74	80,46
Palinologia	10	202,3	Petrografia	43	136,55	Petrografia	75	79,49
Petrografia	11/11B	201,6	Petrografia	44	132,22	Petrografia	76	78,58
Petrografia	12	197,25	Petrografia	45	131,82	Petrografia	77	74,9
Petrografia	13	192,35	Petrografia	46	129,1	Petrografia	78	71,68
Petrografia	14	189,7	Petrografia	47	128,59	Petrografia	79	71,35
Palinologia	15	188,8	Petrografia	48	125,37	Petrografia	80	70,89
Petrografia	16	187,6	Petrografia	49	124,78	Petrografia	81	68,97
Petrografia	17	185,8	Petrografia	50	123,28	Petrografia	82	67,78
Petrografia	18	182,6	Petrografia	51	122,8	Petrografia	83	67,25
Petrografia	19	180,6	Palinologia	52	119,35	Petrografia	84	66,05
Palinologia	20	180,3	Petrografia	53	117,1	Petrografia	85	65,03
Palinologia	21	180,2	Petrografia	54	115,25	Petrografia	86	63,34
Petrografia	22	177,9	Petrografia	55	113,95	Petrografia	87	62,34
Petrografia	23	174,7	Petrografia	56	112,65	Petrografia	88	60,41
Petrografia	24	166,67	Petrografia	57	107,22	Palinologia	89	56,54
Petrografia	25	171	Petrografia	58	105,53	Petrofísica	90	55,57
Palinologia	26	170,75	Petrografia	59	103,6	Palinologia	91	38,7
Petrografia	27	167,56	Petrografia	60	102,42	Petrofísica	92	34
Petrografia	28	165,99	Petrografia	61	100,98	Petrofísica	93	30,26
Palinologia	29	164,3	Palinologia	62	100,07	Petrofísica	94	22,5
Palinologia	30	162,28	Palinologia	63	98,27	Petrografia	95	20,35
Petrografia	31	161,35	Petrografia	64	95,02	Palinologia	96	15,77
Petrografia	32	158,68						

O furo IC-4 possui 118,98 m de profundidade (figura 13), onde foram coletadas duas amostras de folhelho para palinologia, dez amostras de coquinas para petrografia (estudos tafonômicos) e sete amostras de coquinas para petrofísica (estudos de porosidade, permeabilidade e simulação de fluxo) (tabela 4).

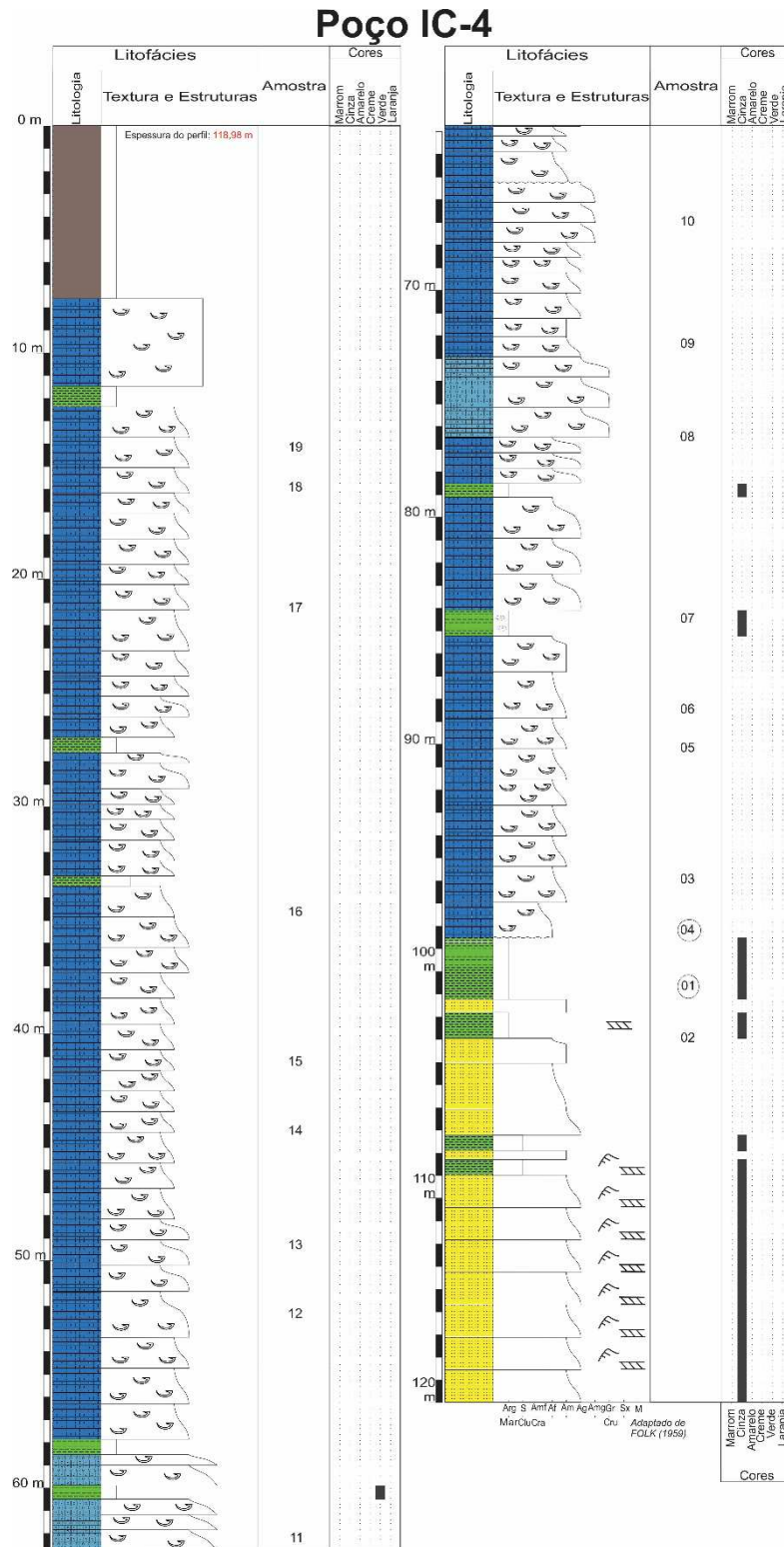


Figura 13: Perfil do poço IC-4 com dados geológicos e de amostragem (modificado de A. Garcia *et al.* 2015c).

Tabela 4: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do furo IC-4 (Folhelho para Palinologia).

Método	Poço IC-4	
	Amostra	Profundidade (m)
Palinologia	1	101,64
Palinologia	4	99,17

O levantamento do perfil da cava da pedreira ocorreu na forma de perfil composto devido a dificuldade de se realizar o trabalho utilizando-se a técnica de rapel para descrever um perfil vertical, e ao fato das camadas no flanco leste da pedreira se encontrar sub-horizontalizadas, facilitando o empilhamento das camadas pela continuidade lateral das mesmas (figura 14). O perfil estratigráfico MCH levantado na cava da pedreira possui 67,80 m de altura (figura 15).



Figura 14: Levantamento do perfil composto devido a extensão lateral dos pacotes e facilidade de acompanhar a mesma litologia caminhando pelas bancadas.

Coletou-se no perfil MCH-composto, 16 amostras de folhelho e uma amostra de carvão para palinologia, bem como 17 amostras de coquinas para petrografia (estudos tafonômicos) (tabela 5).

Tabela 5: Dados quantitativos de amostragem e encaminhamentos para análise do perfil MCH na cava de mineração da pedreira (Folhelho para Palinologia).

Amostras encaminhadas	Poço IC-4 Amostra
Palinologia	MCH - 2
Palinologia	MCH - 4
Palinologia	MCH - 6
Palinologia	MCH - 8
Palinologia	MCH - 10
Palinologia	MCH - 12
Palinologia	MCH - 14
Palinologia	MCH - 16
Palinologia	MCH - 18
Palinologia	MCH - 20
Palinologia	MCH - 22
Palinologia	MCH - 24
Palinologia	MCH - 26
Palinologia	MCH - 28
Palinologia	MCH - 30
Palinologia	MCH - 32
Palinologia	MCH - 34

7.1.1 Amostragem e descrição das fácies

7.1.1.1 Descrição litofaciológica

As características deposicionais das litologias reconhecidas na pedreira InterCement foram obtidas através das descrições macroscópicas de amostras coletadas nos perfis levantados e das análises microscópicas. Resultou destas descrições o reconhecimento de sete litologias: calcirruditos bioclásticos (coquinas), calcarenitos, calcilitos, folhelhos, arenitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos, estes últimos comumente contendo constituintes bioclásticos retrabalhados.

O registro estratigráfico da Formação Morro do Chaves na área estudada apresenta depósitos com extensa continuidade lateral, ocorrendo pequenas variações na espessura tendo em vista a geometria externa lenticular de camadas amalgamadas. As camadas de "coquinas" tendem a diminuir de espessura na parte superior do intervalo, com espessuras de cerca de 10 a 12 m na porção inferior e 1 m na porção superior do pacote. Em contrapartida, as espessuras das camadas de folhelhos tendem a aumentar em direção ao topo do afloramento, variando de 15 cm na base até 5 a 6 m no topo. Os pacotes de "coquinas" possuem geometria externa tabular quando observados em macro escala, mostrando-se por vezes lenticulares quando vistos em proximidade e internamente são observadas estruturas cruzadas sigmoidais e estratificações cruzadas acanaladas, entre as quais as truncadas por ondas (*hummocky*). Os perfis estratigráficos colunares descritos dos poços IC-1 a IC-4 foram correlacionados ao perfil composto levantado na cava da pedreira (MCH-COMPOSTO).

A análise integrada dos perfis estratigráficos de afloramento na pedreira e dos poços resulta em uma seção estratigráfica composta, na qual os atributos litofaciológicos identificados são analisados em associação aos princípios da estratigrafia de sequência. A análise faciológica das continuidades laterais das camadas no flanco leste da pedreira permitiu também compreender a distribuição lateral dos processos sedimentares envolvendo distintos ambientes deposicionais. Doze ciclos de sedimentação foram reconhecidos, enquanto cinco litofácies principais foram caracterizadas: calcirruditos bioclásticos (coquinas), calcarenitos, calcilitos, folhelhos, arenitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos (A. GARCIA, *et al.*, 2015c).

7.2 RESULTADOS DA ANÁLISE PALINOLÓGICA

As análises descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, no Instituto de Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Dentre as 45 amostras coletadas de distintos níveis estratigráficos, 21 apresentaram espécimes de palinomorfos passíveis de identificação taxonômicas, pouco representativas em termos de diversidade e abundância, sendo que todos os níveis processados mostraram resultados em termos de presença de matéria

orgânica particulada e em alguns ainda fitoclastos. O grau de preservação em geral é baixo, por vezes restando partículas orgânicas representadas por espécimes semi-destruídos e/ou semi-degradados. Fitoclastos e matéria orgânica amorfa (MOA) ocorrem de forma dominante em todas as lâminas estudadas.

Com base na grande quantidade de matéria orgânica amorfa em alguns níveis e a esterilidade de outros, foi determinada a necessidade de confecção de mais ou menos lâminas de cada nível. Assim sendo, para níveis com altas concentrações de matéria orgânica amorfa foram realizadas maiores quantidades de lâminas com diferentes graus de concentração de resíduo por lâmina, já nos casos onde não foram identificados constituintes orgânicos, não foi realizada a confecção de mais de duas lâminas.

Fitoclastos e matéria orgânica amorfa ocorrem na maioria das amostras, além de outros palinomorfos indeterminados (vesículas algáticas? e ficomas) visíveis somente em observação sob luz fluorescente. O quadro 1 apresenta o conteúdo palinológico de cada nível é sumarizado.

Quadro 1: Conteúdo palinológico sumarizado da Formação Morro do Chaves na Pedreira InterCement (*MP-P: número da lâmina na Palinoteca do Laboratório Marleni Marques Toigo, Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Instituto de Geociências, UFRGS). Classificação das lâminas: A) Lâminas sem o processamento com KOH; B) Lâminas processadas com KOH; C e D) Lâminas com concentrações de resíduo elevadas; E, U e G) Lâminas ultraconcentradas; CAR) Lâmina de vitrenio (Critérios de classificação – bom, razoável, ruim, baixa, alta, etc – já considerando que o material apresenta baixa recuperação).

Poço	Amostra(Prof.)	Quantidade de lâminas	Código da lâmina (MP-P)	Resultados palinológicos	Resultados da observação em fluorescência
IC-1	IC-1(3) / 34,50m	2	10483	MOA bege, dissipada, com alto grau de degradação. Pouquíssimos fitoclastos de coloração âmbar, translúcidos e subangulares.	Sem identificações em luz fluorescente
			10484		
	IC-1(6) / 79,82m	2	10485	MOA bege muito clara, poucos fitoclastos e pouquíssimos palinomorfos.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.
			10486		
IC-2	IC-2(A01) / 22,56m	2	10662	MOA marrom âmbar com muitos agregados de pirita. Fitoclastos opacos e translúcidos. Recuperação razoável de palinomorfos	Sem identificações em luz fluorescente
			10663		
	IC-2(3) / 28,08m	2	10664	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente
			10665		
	IC-2(4) / 27,57m	2	10666	MOA de coloração âmbar claro, bastante dissipada e com muita pirita. Poucos fitoclastos. Boa recuperação de planomorfos.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.
			10667		
	IC-2(10) / 61,64m	2	10668	Pouca recuperação palinológica.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.
			10669		
	IC-2(11) / 61,89m	2	10479	Pouquíssimos fitoclastos, praticamente sem recuperação.	Sem identificações em luz fluorescente
			10480		
	IC-2(12) / 71,60m	2	10670	MOA de coloração caramelo muito claro, dissimulada. Poucos fitoclastos. Baixa recuperação de palinomorfos.	Sem identificações em luz fluorescente
			10671		
	IC-2(28) / 106,05m	2	10672	MOA com coloração laranja. Pouca recuperação de palinomorfos.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.
			10673		
IC-2(53) / 175,15m	2	10674	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10675			
IC-2(57) / 194,20m	2	10676	Pouca recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10677			
IC-2(62) / 216,78m	2	10481	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10482			

(Continua)

(Continuação)

Poço	Amostra(Prof.)	Quantidade de lâminas	Código da lâmina (MP-P)	Resultados palinológicos	Resultados da observação em fluorescência
IC-3	IC-3(96) / 15,77m	2	10716	MOA cinza escuro alaranjado. Baixa recuperação de palinomorfos.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.
			10717		
	IC-3(91) / 38,70m	2	10714	MOA amarela muito claro, com muitos agregados de pirita. Pouca recuperação de palinomorfos.	Baixa fluorescência MOA e restos orgânicos indeterminados, Scenedesmus.
			10715		
	IC-3(89) / 56,54m	2	10477	Muita MOA marrom escuro, e presença de elementos indeterminados, pré-classificados como palinoforaminíferos	Sem identificações em luz fluorescente
			10478		
	IC-3(63) / 98,27m	2	10712	MOA laranja, pirita em aglomerados. Baixíssima recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente
			10713		
	IC-3(62) / 100,07m	2	10710	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente
			10711		
	IC-3(52) / 119,35m	2	10708	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente
			10709		
	IC-3(40) / 141,46m	2	10706	Sem recuperação palinológica (restou após a preparação muitos minerais).	Sem identificações em luz fluorescente
			10707		
	IC-3(30) / 162,28m	2	10475	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente
			10476		
IC-3(29) / 164,30m	2	10704	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10705			
IC-3(26) / 170,70m	2	10702	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10703			
IC-3(21) / 181,05m	2	10700	Sem recuperação palinológica (restou após a preparação muitos minerais).	Sem identificações em luz fluorescente	
		10701			
IC-3(20) / 181,10m	2	10698	Sem recuperação palinológica.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.	
		10699			
IC-315) / 188,80m	2	10696	Sem recuperação palinológica.	Alta fluorescência da MOA e presença de Botriococcus.	
		10697			
IC-3(10) / 202,30m	2	10473	Sem recuperação palinológica.	Sem identificações em luz fluorescente	
		10474			
IC-4	IC-4(1) / 101,64m	2	10658	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica amorfa abundante, fitoclastos (melhor nível de recuperação).	Sem identificações em luz fluorescente
			10659		
	IC-4(2) / 99,17m	2	10660	Sem recuperação palinológica (restou após a preparação muitos minerais).	Sem identificações em luz fluorescente
			10661		

(Continua)

(Continuação)

Poço	Amostra(Prof.)	Quantidade de lâminas	Código da lâmina (MP-P)	Resultados palinológicos	Resultados da observação em fluorescência
MCH - composto	MCH-02 / 5,20m - 5,70m	1	7994 (A)	Sem recuperação palinológica	MOA sem fluorescência e estruturas indeterminadas
	MCH-04	6	7995 (A)	Esporomorfos indeterminados	Alta fluorescência MOA e restos orgânicos indeterminados
			7996 (B)		
			7997 (C)		
			7998 (D)		
			7999 (E)		
			8000 (G)		
	MCH-06 / 10,10m - 10,30m	4	8001 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica amorfa abundante	Alta fluorescência MOA e restos orgânicos indeterminados
			8002 (B)		
			8003 (U)		
			8004 (G)		
	MCH-08 / 13,10m - 13,60m	1	8005 (A)	Pouca recuperação palinológica	MOA com baixa fluorescência
	MCH-10 / 17,60m - 18,00m	2	8006 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	MOA com fluorescência mediana
			8007 (B)		
	MCH-12 / 20,00m - 20,40m	2	8008 (A)	Sem recuperação palinológica	Pirita e MOA sem fluorescência
			8009 (B)		
	MCH-14 / 23,40m - 23,50m	3	8010 (A)	Pouca recuperação palinológica	Fitoclastos e estruturas indeterminadas
			8011 (B)		
			8012 (B)		
	MCH-16 / 27,00m - 27,10m	1	MP-P 8013 (A)	Pouca recuperação palinológica	Nenhuma identificação
MCH-18 / 32,10m - 33,10m	1	8014 (A)	Pouca recuperação palinológica	Estruturas indeterminadas	
MCH-20 / 34,60m - 34,75m	3	8015 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	MOA com fluorescência mediana	
		8016 (B)			
		8017 (G)			
MCH-22 / 38,75m - 38,85m	1	8018 (A)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos, restos orgânicos indeterminados e baixa fluorescência da MOA	
MCH-24 / 41,85m - 42,45m	2	8019 (A)	Sem recuperação palinológica	Nenhuma identificação	
		8020 (B)			
MCH-26 / 52,45m - 52,95m	1	8021 (A)	Pouca recuperação palinológica	Restos orgânicos indeterminados e vesículas indeterminadas	
MCH-28 / 55,00m - 60,00m	2	8022 (A)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos e MOA com baixa fluorescência	
		8023 (B)			

(Continua)

(Continuação).

Poço	Amostra(Prof.)	Quantidade de lâminas	Código da lâmina (MP-P)	Resultados palinológicos	Resultados da observação em fluorescência
MCH - composto	MCH-30 / 61,50m - 65,50m	5	8024 (A)	Esporos e grãos de pólen, matéria orgânica abundante	Vesículas indeterminadas, restos orgânicos indeterminados e alta fluorescência da MOA
			8025 (B)		
			8026 (U)		
MCH - composto	MCH-34/ 66,30m- 67,80m	1	8027 (C)	Sem recuperação palinológica	Fitoclastos e formas indeterminadas arredondadas spp.
			8028 (G)		
	Carvão bancada2/ 18,00m	1	8029 (A)	Pouca recuperação palinológica	Elemento do grupo da Inertinita (Fusinita ?), fitoclastos e baixa fluorescência da MOA
			8030 (CAR)		

O furo IC-1 apresenta dois níveis onde foram realizadas identificações taxonômicas, o nível 10483-10484 (34,50m) e o nível 10485-10486 (79,82m). O IC-2 furo apresenta a melhor recuperação do ponto de vista estratigráfico, apresentando espécimes recuperados em sete níveis, a saber: 10662-10663 (22,56m), 10666-10667 (27,57m), 10664-10665 (28,08m) 10668-10.669 (61,64m), 10670-10671 (71,60m), 10672-10673 (106,05m) e 10676-10677 (194,20m). O furo IC-3 mostra recuperação apenas no nível 10714-10715 (38,70m) com a identificação de apenas uma alga verde. O poço IC-4 apresenta uma boa variedade de táxons, encontrados em um único nível, 10658 10659 (99,17m).

Um total de 11 táxons de palinomorfos foram identificados, cinco relativos a esporos, três a grãos de pólen gimnospérmicos e três a angiospermas, além da identificação de quatro possíveis elementos algálicos (?*Dinophyceae*, *Prasinophyceae* e *Clorophyceae*), um ?palinoforâmífero e cinco esporos indeterminados de fungos. Comparativamente, esporos do gênero *Cicatricosisporites* são particularmente mais bem representados, seguidos por espécimes de grãos de pólen dos gêneros *Equisetosporites* e *Gnetaceapollenites*. Os demais componentes esporopolínicos são escassos e/ou representados por únicos espécimes, apresentados na lista taxonômica a seguir.

FUNGOS

Fungi Carlos Linneo 1753

DIVISÃO **BASIDIOMYCOTA**CLASSE **BASIDIOMYCETES**Gênero *DIPORISPORITES* VAN DER HAMMEN, 1954***Diporisorites* sp. (Figura 16, imagem A).****Esporos de fungo indeterminados (Figura 16, imagem B).**

SPORITES H. POTONIÉ, 1893.

Anteturma PROXIGERMINANTES R. POTONIÉ 1975.

Turma TRILETES AZONALES (REINSCH, 1881) POTONÉ & KREMP, 1954

Subturma AZONOTRILETES (LUBER, 1935) DETTMANN, 1963

Infraturma LAEVIGATI, QUASILAEVIGATI (BENNIE & KIDSTON, 1886) POTONIÉ, 1956

Gênero *CYATHIDITES* COUPER, 1953***Cyathidites australis* in COUPER, 1953. (Figura 16, imagens CeD).*****Cyathidites punctatus* in Delcourt & Sprumont, 1963 (Figura 16, imagem E).**Infraturma APICULATI BENNIE & KIDSTON, 1886 *emend.* POTONÉ, 1956

Subinfraturma NODATI DYBOWA & JACHOWICZ, 1957

Gênero *PILOSISPORITES* Delcourt & Sprumont, 1955***Pilosisorites* sp. (Figura 16, imagem F).**

Infraturma MURORNATI POTONIÉ & KREMP, 1954

Gênero *CICATRICOSISPORITES* POTONIÉ & GELLETICH, 1933.***Cicatricosisporites* spp. (Figura 16, imagens G, H e I).**Gênero *KLUKISPORITES* COUPER, 1958.***Klukisorites scaberis* in (Cookson & Dettmann) Dettmann, 1963. (Figura 16, imagens J e K).**

Subturma ZONOTRILETES WALTZ, 1935

Infraturma ZONATI POTONIÉ & KREMP, 1954.

Gênero *AEQUITRIRADITES* DELCOURT & SPRUMONT, 1955 *emend.*

DETTMANN, 1963

***Aequitriradites* spp. (Figura 16, imagens M e N).**

POLLENITES

Anteturma VARIEGERMINANTES R. POTONIÉ, 1975

Turma ALETES, KRIPTAINAPERTURATES Ibrahim, 1933

Subturma AZONALETES (Luber, 1935) Potonié & Kremp, 1954

Infraturma PSILONAPITI Erdtman, 1947

Gênero *INAPERTUROPOLLENITES* (Pflug, 1952 ex Thomson & Pflug, 1953,
Potonié, 1958) Potonié, 1966

***Inaperturopollenites* spp. (Figura 16, imagem L).**

Infraturma GRANULONAPITI COOKSON, 1947.

Gênero DICHEIROPOLLIS TREVISAN, 1971

***Dicheiropollis etruscusin* TREVISAN 1971 (Figura 16, imagem O).**

Infraturma CIRCUMPOLLINI Klaus, 1960.

Gênero *CLASSOPOLLIS* PFLUG, 1960.

***Classopollis* spp. (Figura 17, imagem A).**

Turma PLICATES (NAUMOVA, 1937, 1939) POTONÉ, 1960

Subturma COSTATES POTONÉ, 1970

Infraturma COSTATI, POTONIÉ, 1970

Gênero *EQUISETOSPORITES* (DAUGHERTY, 1941) *emend.* SINGH, 1964.

***Equisetosporites subcircularisin* LIMA, 1980 (Figura 17, imagem B).**

***Equisetosporites* spp. (Figura 17, imagem C).**

Gênero *GNETACEAPOLLENITES* THIEGART, 1938

***Gnetaceapollenites jansoni in* (pocock) Lima, 1978.(Figura 16I, imagens D e E).**

***Gnetaceapollenites*spp. (Figura 17, imagem F).**

Subturma PRAECOLPATES POTONIÉ & KREMP, 1954

Gênero *EUCOMMIIDITES* (ERDTMAN, 1948) HUGUES, 1961

***Eucommiidites* spp.(Figura 17, imagens G e H).**

Subturma MONOCOLPATES (MONOSULCITES) e ZONOCOLPATES POTONIÉ, 1970.

Infraturma SCULPATI POTONIÉ, 1970.

Gênero *STELLATOPOLLIS* DOYLE, VAN CAMPO & LUGARDON, 1975.

***Stellatopollis* sp. (Figura 17, imagem I).**

Com a observação das lâminas sob luz fluorescente foi possível a identificação de elementos ora translúcidos em luz natural, ora com as características morfológicas melhor apresentadas sob esta técnica. Os elementos aqui descritos foram classificados apenas em seus grupos taxonômicos, devido à baixa recuperação de tais elementos e à dificuldade de observações mais detalhadas de cada elemento.

Dentre os elementos observados, se pode identificar diversos exemplares de algas verdes. A utilização da terminologia alga é desprovida de valor taxonômico, pois designa organismos bastante distintos entre si quanto a sua origem (CORRÊA, 2013). Os exemplares aqui descritos são apenas do subgrupo das microalgas (algas de dimensões microscópicas).

Em alguns níveis processados dos testemunhos da Formação Morro do Chaves, com profundidades de até 80 m, foi identificado elementos sob luz fluorescente, pertencentes ao grupo das algas verdes, classificados preliminarmente como *Botryococcus* (figura 17, imagem n). Esses exemplares apresentam boa estrutura (ornamentação), mostrando qualidade de preservação superior a outros materiais de mesma época. Os espécimes descritos apresentam coloração marrom âmbar a castanho claro, apresentam agregados de pirita no seu interior.

No nível mais raso do furo IC-3 (MP-P 10715) foi observada uma coloração bastante clara da matéria orgânica amorfa e, juntamente com essa grande quantidade de matéria orgânica, foram identificados inúmeros elementos aparentemente pluricelulares, com alto grau de fluorescência. Com base em visualizações comparativas foi possível estabelecê-los dentro do grupo de algas verdes, classificados preliminarmente como pertencentes ao grupo de microalga *Scenedesmus* sp. (figura 17, imagem m).

A *Scenedesmus* sp. é uma microalga aquática que está predominantemente em lagos de água doce e rios (KIM, PARK *et al.*, 2007). São classificadas como pertencentes ao grupo das algas verde do domínio *eukarya*, *Chlorophyta* da classe *Euhlorophyceae*, ordem *Chlorococcales* da família *Scenedesmaceae* (RAMOS, SILVA *et al.*, 2007). Esta microalga é encontrada desde o Cretáceo Inferior até o Recente (OTTONE, 1996).

Não é pretendido discutir aqui se esse aparecimento seria o primeiro registro de *Scenedesmus* nas bacias de margem atlântica do Brasil, entretanto se desconhece outros trabalhos em que o mesmo tenha sido registrado, permanecendo em aberto esta possibilidade de primeiro achado neste trabalho.

Identificou-se, sob luz fluorescente, em alguns níveis, vesículas algálicas indeterminadas (figura 17, imagem l), classificadas em Garcia G. (2012). Estas constituem possíveis ficomas de algas que foram classificados como pertencentes à classe *Prasinophyceae*. Essas vesículas algálicas foram identificadas no nível MCH 30, o qual corresponde a um intervalo de folhelho intercalado com arenitos da Formação Coqueiro Seco.

As observações em luz fluorescente identificaram elementos indeterminados dentro do material analisado. Dentre as formas vistas, destaca-se o espécime ilustrado na figura 17 (imagem k), o mesmo apresenta características morfológicas aparentes que permitem ousar classificá-lo. Pode ser observado que o exemplar apresenta um corpo central aparentemente octogonal onde são encontrados processos prolongados que aparentam terminar em uma pseudoteca. Por conseguinte, esse elemento foi pré-classificado como pertencente ao grupo dos dinoflagelados, considerando esta classificação ainda em estágio muito inicial.

No contexto da importância das identificações destes organismos, porém observado apenas em luz natural, encontra-se o elemento ilustrado na figura 17 (imagem j). O exemplar único encontrado trata-se de uma sequência de aparentes tecas em posição semi-espiralada, de coloração castanha alaranjada. O elemento difere de todos os palinomorfos anteriormente descritos, não apresenta abertura, nem marca trilete, difere em relação ao grupo dos fungos pela cor e tamanho maior. Por conseguinte foi levantado o questionamento de o mesmo pertencer ao grupo dos palinoforaminífero com preservação pouco evidente, também considerando sua classificação ainda aberta.

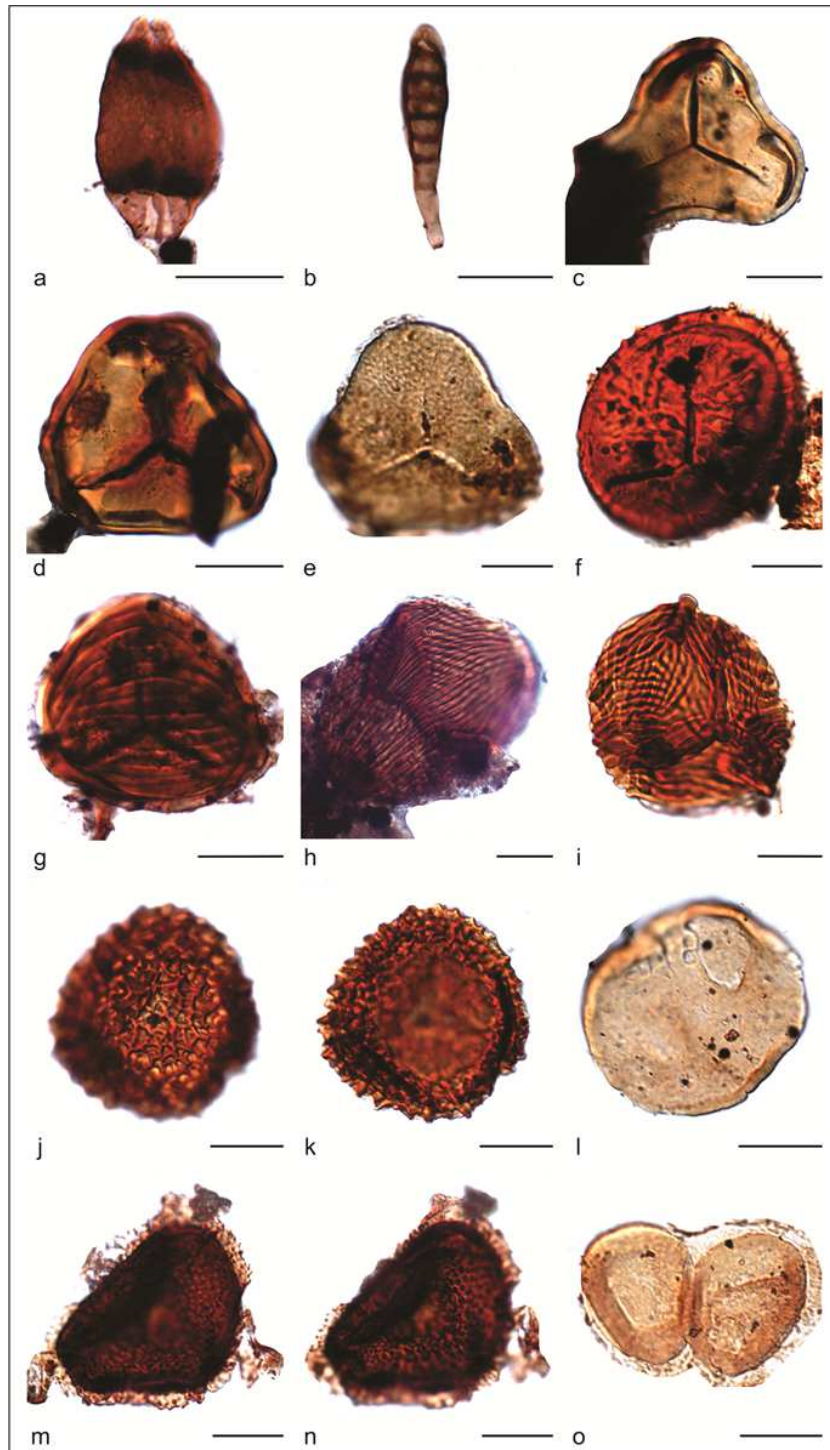


Figura 16: Fotomicrografias de palinormos seleccionados. a. *Diporisporites* sp. (lámina MP-P 10666, coordinada England Finder B52-2). b. Esporo de fungo indeterminado (MP-P 8017, Z31-3). c. *Cyathidites australis* (MP-P 10663, M35-2). d. *Cyathidites australis* (MP-P 10663, L54-2). e. *Cyathidites punctatus* (MP-P 8003, Q22-2). f. *Pilosporites* spp. (MP-P 8017, E22-2). g. *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 10663, E39-3). h. *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 10663, T53-2). i. *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 8003, V45-4). j-k. *Klukisporites scaberis* (MP-P 10659, B42-3). l. *Inaperturopollenites* spp. (MP-P 10671, K41-4). m-n. *Aequitriradites* spp. (MP-P 10659, Q60-1). o. *Dicheiropollis etruscus* (MP-P 8003, X43-4). Escala gráfica equivalente a 20 μm).

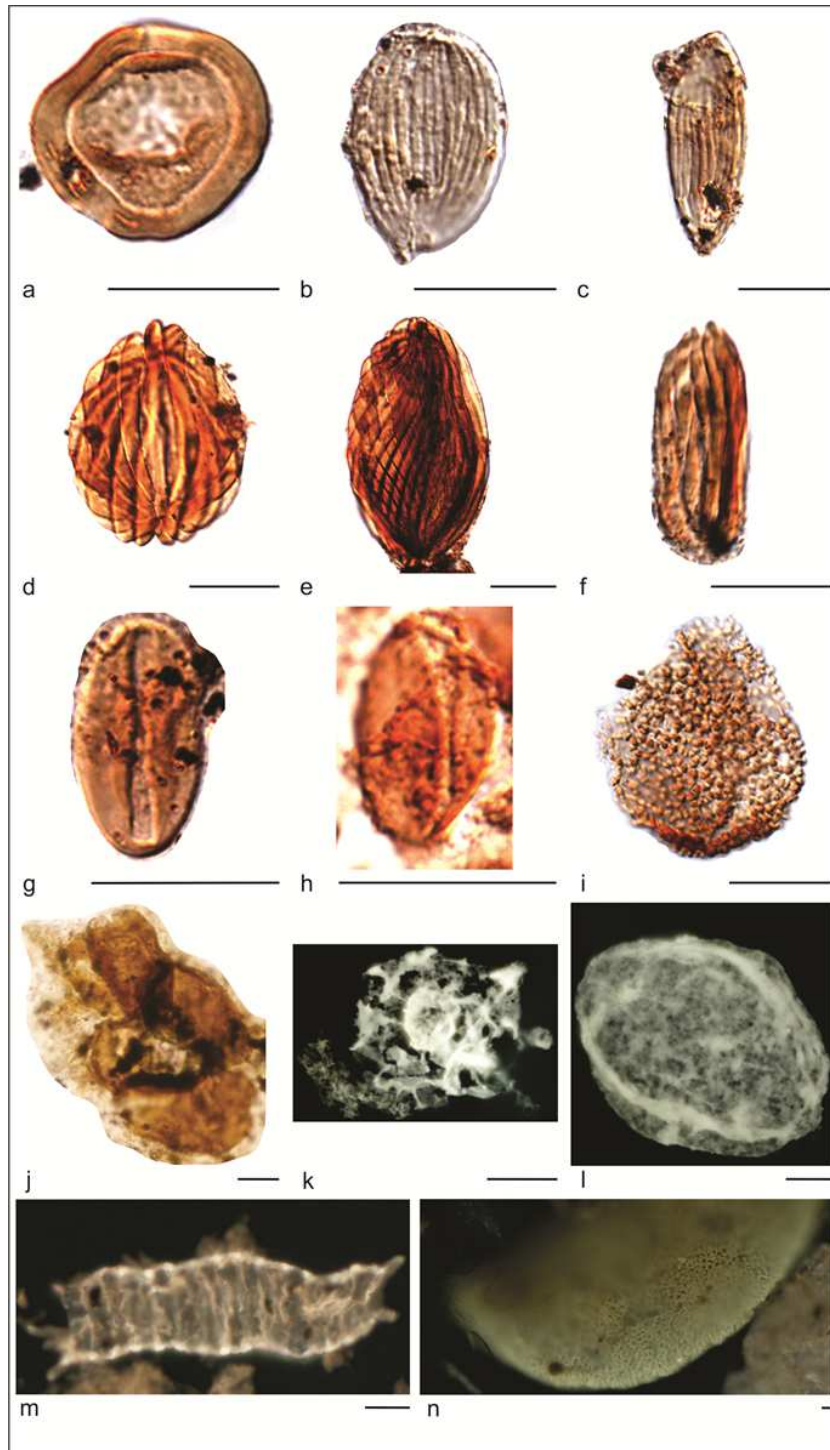


Figura 17: Fotomicrografias de palinormos seleccionados. a. *Classopolis* sp. (lâmina MP-P 10662, coordenada England Finder J58-1). b. *Equisetosporites subcircularis* (MP-P 8004, J48-3). c. *Equisetosporites* spp. (MP-P 10663, G48-3). d. *Gnetaceaepollenites jansonii* (MP-P 10671, K42-2). e. *Gnetaceaepollenites jansonii* (MP-P 10659, U43-4). f. *Gnetaceaepollenites* spp. (MP-P 10666, N42-2). g. *Eucommiidites* spp. (MP-P 10668, O35-2). h. *Eucommiidites* spp. (MP-P 8017, B37-4). i. *Stellatopollis* sp. (MP-P 10659, D43-4). j. ?Palinoforaminífero (MP-P 10478, K43-4). k. ?Dinoflagellata (MP-P 8028, S44-3). l. Prasinophyceae (MP-P 8028, T42-1). m. *Scenedesmus* (MP-P 10715, S40-3). n. *Botryococcus* (MP-P 10666, K52-1). Escala gráfica equivalente a 20 μ m).

7.2.1 Distribuição Estratigráfica

A associação palinológica encontrada neste trabalho, bem como sua distribuição estratigráfica na seção aflorante e nas amostras de subsuperfície, encontra-se disposta na lista de táxons apresentada na tabela 6. Alguns táxons não apresentam bom estado de conservação deixando sua classificação ainda aberta (conforme observações), entretanto possibilidades de interpretação são propostas. Os táxons encontram-se ilustrados nas figuras 16 e 17

Tabela 6: Lista de táxons por nível estratigráfico da Pedreira e por furos de sondagem

Conteúdo Palinológico	Amostragem									
	Níveis estratigráficos – Pedreira InterCement (MCH)						Furos de Sondagem			
	4 (7,0m)	6 (10,1m)	10 (17,6m)	20 (34,6m)	30 (61,5m)	34 (66,3m)	IC- 1	IC- 2	IC- 3	IC- 4
Esporos										
<i>Aequitriradites</i> spp. Delcourt & Sprumont 1955 <i>emend.</i> Dettmann 1963		X								
<i>Cicatricosisporites</i> spp. Potonié & Gelletich 1933	X	X		X	X			X		X
<i>Cyathidites australis</i> Couper 1953								X		X
<i>Cyathidites punctatus</i> Delcourt & Spumont 1963		X						X		
<i>Klukisporites scaberis</i> Couper 1958										X
<i>Pilosporites</i> sp. Descourt & Sprumont 1955				X				X		
Grãos de pólen										
<i>Classopollis</i> spp. Pflug 1960		X		X				X		
<i>Dicheiropollis etruscus</i> Trevisan 1971		X								
<i>Equisetosporites subcircularis</i> Daugherty 1941 <i>emend.</i> Singh 1964		X								
<i>Equisetosporites</i> spp. Daugherty 1941 <i>emend.</i> Singh 1964		X						X		
<i>Eucommiidite</i> spp. (Erdtman 1948) Hugues 1961				X				X	X	
<i>Gnetaceaepollenites jansonii</i> Pocock & Jansonius (1961)								X		X
<i>Gnetaceaepollenites</i> spp. Thiegart 1938	X	X						X		
<i>Inaperturopollenites</i> spp. Pflug 1952				X				X		
<i>Stellatopollis</i> sp. Doyle, Van Campo & Lugardon 1975										X

(Continua)

(Continuação)

Conteúdo Palinológico	Amostragem									
	Níveis estratigráficos – Pedreira InterCement (MCH)						Furos de Sondagem			
	4 (7,0m)	6 (10,1m)	10 (17,6m)	20 (34,6m)	30 (61,5m)	34 (66,3m)	IC-1	IC-2	IC-3	IC-4
Fungos										
<i>Diporisorites</i> sp. Van der Hammen 1954								X		
Esporos de fungos indeterminados				X	X			X		
Algas										
<i>Botryococcus</i> spp. Kützing 1849							X	X		
? <i>Dinoflagellata</i> Bütschli 1885										
<i>Prasinophyceae</i>					X	X				
<i>Scenedesmus</i> spp. Meyen 1829									X	
Palinoforaminífero										
? Palinoforaminífero									X	

8 DISCUSSÃO

8.1 DISCUSSÃO DA GÊNESE SEDIMENTAR

As fácies carbonáticas da Formação Morro do Chaves contextualizam condições de águas relativamente rasas, favoráveis para o desenvolvimento dos organismos carbonáticos, sendo formados essencialmente por camadas de calcirruditos, constituídos principalmente por bioclastos de bivalves (coquinas), de coloração variando de cinza a branco. Os intervalos apresentam granodecrescência ascendente, com calcirruditos na base dos *sets* e calcarenitos no topo, na maioria dos pacotes. A intercalação destas litologias com folhelhos cinza e cinza-esverdeados, contendo fósseis de peixes e outros elementos, indica alternância das condições deposicionais com contextos de águas relativamente mais profundas, em situações distais aos aportes terrígenos, onde podem dominar condições redutoras, tendo em vista seus teores orgânicos relativamente elevados.

As coquinas estão em geral dispostas em camadas contínuas, formadas por conjuntos de lentes amalgamadas, por vezes apresentando estratificação cruzada truncada por ondas e geometrias sigmoidais ou lenticulares, com espessura aproximadamente entre 0,2 m a pacotes de até 12,0 m. Os intervalos

de coquinas tendem a apresentar granulometria grossa, com conchas com tamanhos entre 0,5 cm e 5,0 cm. Quando não apresentam matriz argilosa ou micrítica a porosidade primária está preenchida por cimento espático. Estas litologias podem ser classificadas segundo Dunham (1962) como Grainstone / Packstone, sendo seus depósitos formados em ambiente relativamente agitado dentro de um corpo aquoso, sujeito a ondas e/ou correntes.

Intercalado aos intervalos de coquinas ocorrem folhelhos de coloração esverdeada, com uma variação lateral de composição mais orgânica sobre as coquinas, podendo chegar até pacotes de aproximadamente 6,0 m de espessura. Intraclastos de folhelhos são comumente encontrados nos calcirruditos. Nos folhelhos ocorrem fragmentos de vegetação, pequenos lenhos carbonificados e abundantes fragmentos de peixes fósseis com tamanho máximo encontrado de 40,0 cm. Os folhelhos apresentam grandes nódulos de pirita, chegando a medir cerca de 8,0 cm de diâmetro, caracterizando assim um ambiente bastante redutor durante a diagênese. Alguns níveis apresentam grande quantidade de ostracodes visíveis em amostras de mão. Por vezes são observadas no contato com o calcirrudito pequenas “*estratificações truncadas por onda*” (“*micro-hummocks*”), marcando rebaixamento no nível do corpo d’água, alguns casos chegando a apresentar gretas de contração, identificando a exposição do depósito pelítico e seu ressecamento (figura 18).

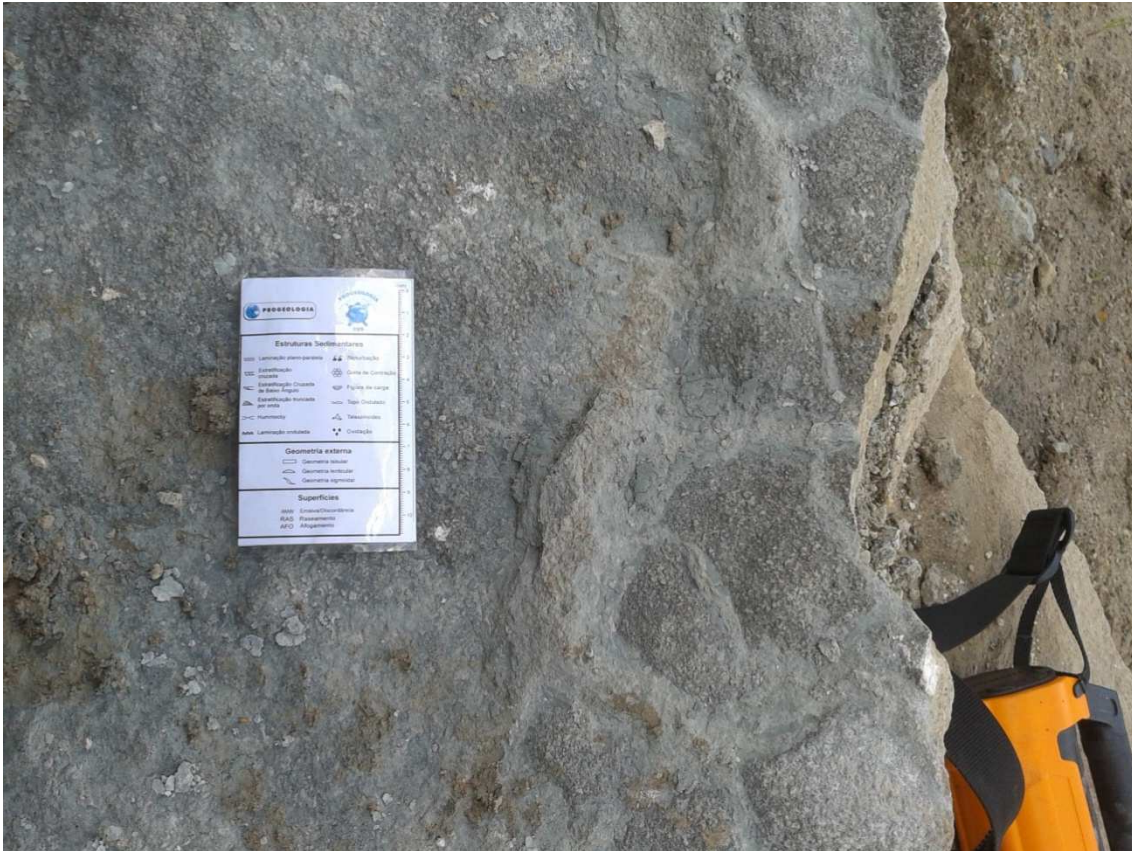


Figura 18: Gretas de ressecamento na bancada cinco da cava de mineração.

No topo do pacote exposto na lavra ocorre diminuição das espessuras das camadas de calcirrudito e aumento das espessuras das camadas de folhelhos, como já anteriormente referido, além da deposição de camadas de arenitos com granulometria variando de média a grossa, apresentando intercalações de coquinas e clastos de quartzo e bivalves como constituintes, caracterizando uma rocha híbrida. O aumento das espessuras dos folhelhos representa um relativo afogamento do sistema deposicional carbonático, ao mesmo tempo em que as intercalações arenosas mostram o aporte terrígeno retrabalhando os carbonatos antes depositados. A presença de fragmentos de constituintes carbonáticos bioclásticos nos arenitos viabiliza a presença neste intervalo superior de uma grande quantidade de concreções carbonáticas.

Os arenitos apresentam, na base das camadas, estratificação plano-paralela com variação para estratificações cruzadas nas porções superiores. Esses arenitos representam a transição da Formação Morro do Chaves para a Formação Coqueiro Seco.

8.2 CORRELAÇÕES TAXONÔMICAS

Conforme Antonioli *et al.* (2004, 2009) e G. Garcia *et al.* (2013), como referências de estudos palinológicos desenvolvidos anteriormente na Formação Morro do Chaves, procedeu-se uma análise comparativa com os resultados deste trabalho, conforme exposto na tabela 7. Embora no estudo se observe gêneros inéditos para a unidade apresentados desde G. Garcia *et al.* (2013), ainda deixa a desejar em termos de bons fósseis guias para interpretações bioestratigráficas e preservação dos mesmos.

Tabela 7: Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira InterCement citados por Antonioli *et al.* (2004), Antonioli *et al.* (2009), G. Garcia *et al.* (2013) e aqueles registrados neste trabalho. Observa-se que 13 novos táxons puderam ser acrescentados a partir de G. Garcia *et al.*, (2013).

	Antonioli <i>et al.</i> (2004)	Antonioli <i>et al.</i> (2009)	G. Garcia <i>et al.</i> (2013)	Este trabalho
Esporos			<i>Biretisporites</i>	
	<i>Deltoidospora</i>	<i>Deltoidospora</i>	<i>Deltoidospora</i>	
			<i>Cyathidites</i>	<i>Cyathidites</i>
	<i>Concavisporites</i>	<i>Concavisporites</i>		
	<i>Leptolepidites</i>	<i>Leptolepidites</i>		
	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Verrucosisporites</i>	
	<i>Apiculatisporis</i>	<i>Apiculatisporis</i>		
			<i>Pilosporites</i>	<i>Pilosporites</i>
	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>
			<i>Appendicisporites</i>	
				<i>Klukisporites</i>
	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>
			<i>Densoisporites</i>	
	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>
	<i>Araucariacites</i>	<i>Araucariacites</i>		
	<i>Dicheiropollis</i>	<i>Dicheiropollis</i>	<i>Dicheiropollis</i>	<i>Dicheiropollis</i>
			<i>Circulina</i>	
	<i>Classopollis</i>	<i>Classopollis</i>		<i>Classopollis</i>
	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>
	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>
<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>	
	<i>Stelatopollis</i>		<i>Stelatopollis</i>	
<i>Transitoripollis</i>	<i>Transitoripollis</i>			

(Continua)

(Continuação)

	Antonioli <i>et al.</i> (2004)	Antonioli <i>et al.</i> (2009)	G. Garcia <i>et al.</i> (2013)	Este trabalho
Fungos				<i>Diporisorites</i>
			Esporos de fungos indeterminados	Esporos de fungos indeterminados
Algas				<i>Botryococcus</i>
				? <i>Dinoflagellata</i>
				<i>Prasinophyceae</i>
				<i>Scenedesmus</i>
Palinoforaminífero				? Palinoforaminífero

8.3 POSICIONAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO

O Cretáceo Inferior não marinho é um grande desafio do ponto de vista bioestratigráfico em vários locais pelo planeta, por consequência da falta de fósseis-guia para correlações internacionais (ARAI *et al.*, 1989). Para a coluna cronoestratigráfica do Brasil foram definidos andares locais, assim denominados: Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas, descritos a partir de ostracodes continentais (SCHALLER, 1969), tornando assim necessário amarrar estes andares a fósseis guias locais. Conjuntos palinológicos da Bacia Sergipe-Alagoas e de outras da margem costeira brasileira foram estudados e correlacionados aos andares estabelecidos com base em ostracodes (REGALI *et al.*, 1974; BEURLLEN, 1981; REGALI; VIANA, 1986; RAGALI; VIANA, 1988).

Através da identificação da espécie guia *Dicheiropollis etruscus* (TREVISAN, 1971) no material estudado, posicionou-se a unidade na zona biostratigráfica P-180 de Regali e Viana (1988), conforme descrita em Arai (1989), no final do andar Buracica. Sua amplitude, estabelecida com base nas ocorrências mundiais, é correspondente ao intervalo entre o Berriasiano até o Aptiano (figura 19), o que não permite uma datação relativa muito precisa, devido ao fato de representar uma ampla zona bioestratigráfica. Assim, para trabalho aqui desenvolvido, fica

estabelecida para a Formação Morro do Chaves a idade de ~145.0 Ma a ~119.0 Ma, como já exposto em G. Garcia (2012) todavia o refinamento aqui discutido leva em consideração os trabalhos análogos da Bacia do Recôncavo.

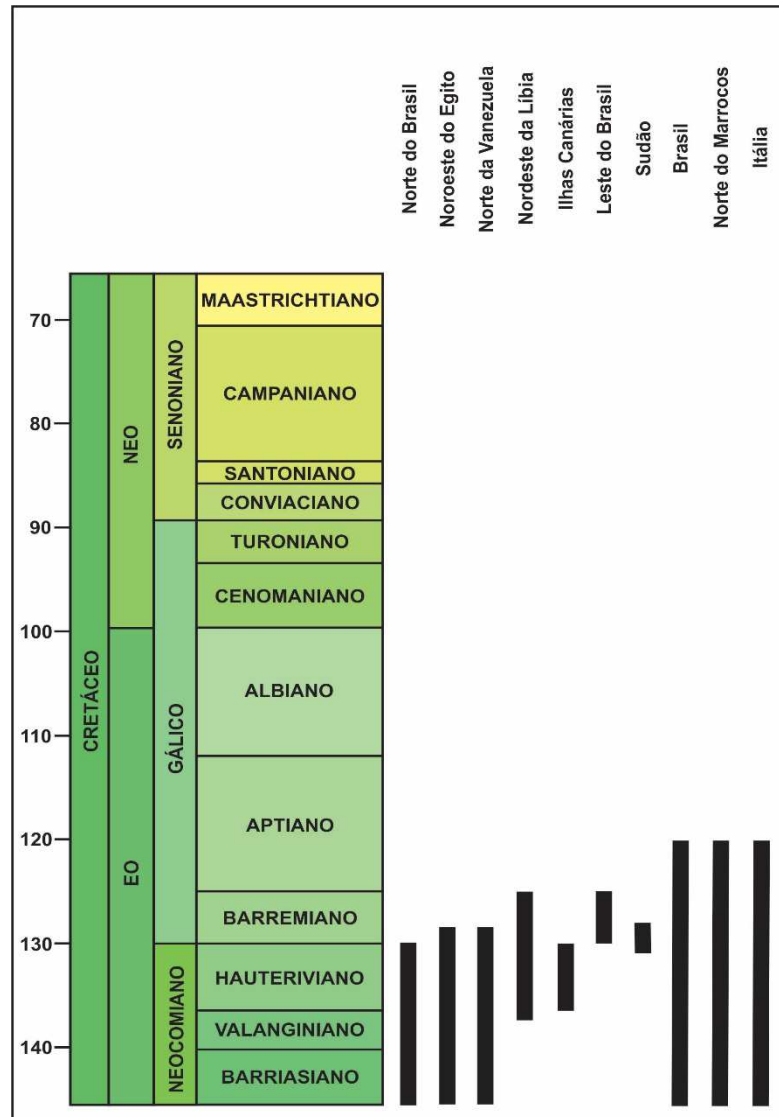


Figura 19: Ocorrências mundiais de *Dicheiropollis etruscus* (amplitude segundo Hengreen *et al.* (1996), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989), Regali *et al.* (1974)).

A definição de uma idade relativa tão ampla se deve ao fato de ter sido recuperado e identificado apenas deste fóssil guia, contudo é possível refinar melhor essa idade a partir de análises realizadas em outros trabalhos.

Com base nos trabalhos de Regali *et al.* (1974), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989) e Hengreen *et al.* (1996), os quais apresentam a ocorrência de *Dicheiropollisetruscus* em todo o Brasil, se pode estabelecer uma correlação

temporal para a unidade, definindo assim a sua idade com maior precisão, colocando-a mais restrita ao andar Buracica e Jiquiá Inferior, no Cretáceo Inferior.

Antonioli *et al.* (2004, 2009) com base na associação conjunta das espécies *Dicheiropollisetruscus*, *Aequitiradites spinulosus* e *Transittoripolliscrisopolensis*, posicionam a Formação Morro do Chaves no Barremiano Superior (~129,4 a 125,0 Ma), correspondendo ao intervalo entre as zonas P-180 e P-220 (REGALI; VIANA, 1988), compreendendo o período entre os andares Aratu Superior e Jiquiá Inferior (BEURLEN *et al.*, 1994), sendo este posicionamento o mais preciso para a unidade.

8.4 AMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES

Com base nas observações de campo, do ponto de vista deposicional o que se pode concluir para os intervalos descritos e amostrados é que foram gerados em ambiente subaquoso, onde o aporte de sedimentos siliciclásticos terrígenos (arenitos e conglomerados - Formação Coqueiro Seco), de forma cíclica e controlada pelas condições tectônicas e/ou climáticas da bacia, promoviam um relativo raseamento do corpo d'água, favorecendo a deposição de sedimentos carbonáticos bioclásticos (coquinas) da Formação Morro do Chaves. Este material bioclástico retrabalhado de forma mais ou menos intensa se acumulou em lentes calcarenosas e calcirudáceas, intercalando-se em litologias finas siltico-argilosas (e margosas) que se acumulavam em posições relativamente mais profundas do corpo d'água, onde dominavam condições redutoras.

As tempestades são processos episódicos, normalmente de grande efeito e magnitude, que resultam na formação de ondas de grandes dimensões e ocasionam o transporte dos sedimentos de dentro para borda do corpo aquoso, permitindo a mobilização das conchas. Como resultado deste processo as estruturas deposicionais comumente identificadas são as ripples, estratificação cruzada *hummockys* dentro das camadas de tempestitos. Devido à alta energia durante esses processos episódicos na maioria dos registros os bioclóstos encontram-se distribuídos de maneira caótica.

Outro processo importante que atua no transporte e retrabalhamento dos sedimentos são as ondas induzidas pelos ventos normais, cuja ação provoca um processo contínuo de transporte de sedimentos. As estruturas comumente observadas são estratificações de baixo ângulo, ripples simétricas e assimétricas.

Devido à ação destas ondas os sedimentos podem ser continuamente retrabalhados.

Os aportes fluviais resultam no retrabalhamento das coquinas do continente para o corpo aquoso, levando a formação de depósitos híbridos (componentes siliciclásticos e carbonáticos em proporções variáveis), podendo estar associados a corpos calcarenosos e calcirudáceos sigmóidais onde os constituintes ocorrem distribuídos de maneira caótica. Estes depósitos constituem em parte litologias da Formação Morro do Chaves, quando há o domínio de constituintes carbonáticos, e em parte dos arenitos híbridos da Formação Coqueiro Seco.

A partir das recuperações palinológicas realizadas, apesar de escassas, foram observados espécimes da flora continental (conteúdo pólen-esporos) juntamente com uma associação interessante de constituintes aquáticos. A associação de esporos e grãos de pólen descrita não gera dúvida quanto a sua classificação, assim como não restam questionamentos quanto as classificações dos espécimes de *Botryococcus* spp., *Prasinophyceae* spp. e *Scenedesmus* spp.. Entretanto, o espécime de dinoflagelado e o espécime de palinoforaminífero permanecem ainda com dúvidas quanto as suas corretas classificações, situação motivada pelo fato de ter sido encontrado apenas um exemplar de cada e por não terem sido observadas as características definidoras completas de cada grupo. As condições para preservação de constituintes orgânicos não foram favoráveis, observado na baixa recuperação de material nos resíduos palinológicos processados, restando em alguns casos apenas um exemplar de táxons, mesmo tendo sido replicado o número de lâminas de cada nível.

Com base na argumentativa descrita acima, a associação palinológica, para a área de estudo, encontra-se em um contexto de sedimentação transicional. A Formação Morro do Chaves é assim reconhecida como depositada em ambiente aquático, o que pode ser entendido como parte de um grande lago ou lagoa, localizada em zona de baixa elevação, nas proximidades de zonas costeiras, estando esta zona costeira ainda rodeada por áreas elevadas, de onde aportavam os fluxos de sedimentos terrígenos que se intercalavam aos depósitos calcários (G. GARCIA, 2012).

A partir da associação palinológica, se reconhece que estes corpos d'água estavam situados em uma planície com plantas herbáceas, cercada por regiões montanhosas remotas, onde uma vegetação de porte arbóreo se pode implantar.

Apesar do grande volume de água local e ocasionalmente presentes, a zona climática onde estes depósitos tiveram suas origens era caracterizada por um clima quente árido. Fortes enxurradas esporádicas potencialmente traziam grandes quantidades de material siliciclástico para dentro do corpo aquoso, onde se depositavam os sedimentos carbonáticos, resultando nos depósitos de arenitos e pelítos intercalados com as rochas carbonáticas coquinóides (G. GARCIA *et al.*, 2015a).

As análises em microscópio óptico sob luz fluorescente permitiram alguns progressos sobre as questões paleoambientais desta unidade. Em alguns níveis identificaram-se vesículas de algas pré-classificadas como possíveis "ficomas" de algas da classe Prasinophyceae, identificadas em dois níveis localizados na parte superior da secção da cava da pedreira. O habitat da classe Prasinophyceae é possível marinho, no entanto também há registros em ambientes de água doce ou salobra (TAPPAN, 1980). Estes elementos podem ser encontrados em depósitos proximais (áreas rasas de lagos e delta) e sedimentos marinhos.

Além de classe *Prasinophyceae*, outros táxons identificados apoiam a ideia de um ambiente com certa contribuição de água salobra, presente ao menos durante a deposição de alguns intervalos da Formação Morro do Chaves. A identificação da provável espécie de ?palinoforaminífero e de ?dinoflagelado corroboram com esta ideia, bem como a presença de organismos como *Scenedesmus* e *Botryococcus*, os quais toleram certa salinidade. Reafirmando assim a probabilidade de influência marinha e/ou salobra no Cretáceo Inferior no setor norte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Com estes novos dados, associados aos trabalhos de Thompson (2013), Ferreira e Langer (2013) e Romano *et al.* (2014), se pode aproximar a unidade ao modelo paleogeográfico proposto por Arai (2009), o qual discute a entrada de águas Thetianas ao norte do continente Sul-Americano.

A grande quantidade de matéria orgânica amorfa é coerente com a ideia de um ambiente de baixa energia e baixo oxigênio. Além disso, o fato de muitos dos níveis conterem agregados de pirita de até 8,0 cm indica um ambiente eodiagenético redutor induzido pela presença de matéria orgânica nos sedimentos. Mesmo que esta situação de diagênese seja pós-deposicional, a presença de agregados de pirita dentro de alguns organismos preservados (por exemplo, *Scenedesmus* e *Botryococcus*) sugere uma condição redutora imediatamente após a deposição, por conseguinte, influenciada pelo contexto de fluidos do ambiente sin-

deposicionais (eo-diagênese). A matéria orgânica amorfa no material analisado mostrou alto grau de fluorescência em alguns níveis, levantando uma questão importante relacionada ao nível de fluorescência e sua fonte. A MOA fluorescente tem sido atribuída como um resultado de biodegradação de organismos marinhos (GREGORY *et al.*, 1991; TYSON, 1995).

Conforme já mencionado, Tavares *et al.* (2015) propõem um novo modelo para a Formação Morro do Chaves mantendo o seu contexto lacustre. Entretanto, os autores mencionam a existência de um lago maior, durante períodos de transgressão com pontos de isolamento durante períodos de seca, o que favoreceria a deposição de folhelhos ricos em matéria orgânica. Estas considerações parecem confusas e contraditórias, sem que seja reconhecida a presença de um verdadeiro ambiente marinho nas imediações da área de deposição das coquinas, amplo o suficiente para manifestar a presença de ondas de tempestades causadas pela ação dos ventos sobre sua superfície aquática, haja vista que processos de tempestades são atribuídos a alguns depósitos de coquinas da unidade.

Considerando o papel dos folhelhos intercalados às coquinas como crucial para o entendimento da dinâmica deposicional neste contexto “transicional”, necessita-se proceder em estudos futuros uma distinção entre folhelhos de natureza mais lacustres/continentais daqueles de influência marinha. Requerendo a realização de uma análise estratigráfica mais refinada que relacione cada folhelho com o seu significado evolutivo, associando a presença de cada pacote com o que está abaixo e acima dele, pois isso pode esclarecer melhor o que se segue a cada “ciclo transgressivo”. Requer esclarecimento o papel do aumento do nível do lago causado por chuvas e consequente aporte de areias, ou uma real transgressão causada pelo aumento do nível do mar, proveniente de regiões mais a norte da área de deposição. Só assim o modelo deposicional realmente poderá se tornar robusto, pois terá seu detalhamento realizado a partir de um refinamento do estudo das fácies em cada perfil e correlacionado regionalmente.

O estudo tafonômico das coquinas, a ser procedido mais riosamente em estudos futuros, visa a estabelecer melhores informações a respeito da ação das duas frentes energéticas principais: 1) a ação de ondas do centro da bacia para a borda, exumando as conchas depositadas em uma única direção energética, podendo ainda ocorrer retrabalhamentos levando a diminuição dos espaços entre conchas; 2) a ação dos afluentes continentais que transportam material siliciclástico,

retrabalhando e levando as conchas de volta a áreas mais profundas. Estas ações, atuando de forma isoladas ou associadas, têm por objetivo definir o grau de “limpeza” (percentual de argila e silte) das coquinas, caracterizando a qualidade destas litologias como potencial reservatórios. As tafofácies caracterizadas pelo retrabalhamento de conchas por agentes trativos, tais como ondas de tempestade e correntes, geram litologias potencialmente livres de matriz, enquanto que tafofácies são geradas por processos de escorregamento subaquoso geram litologias com matriz argilosa.

A Reconstrução paleoambiental genérica da Formação Morro do Chaves, tendo em conta os elementos da associação microflorística reconhecida neste trabalho (figura 20), leva em consideração também os aspectos paleoambientais (processos deposicionais) reconhecidos em campo e através dos estudos tafonômicos.

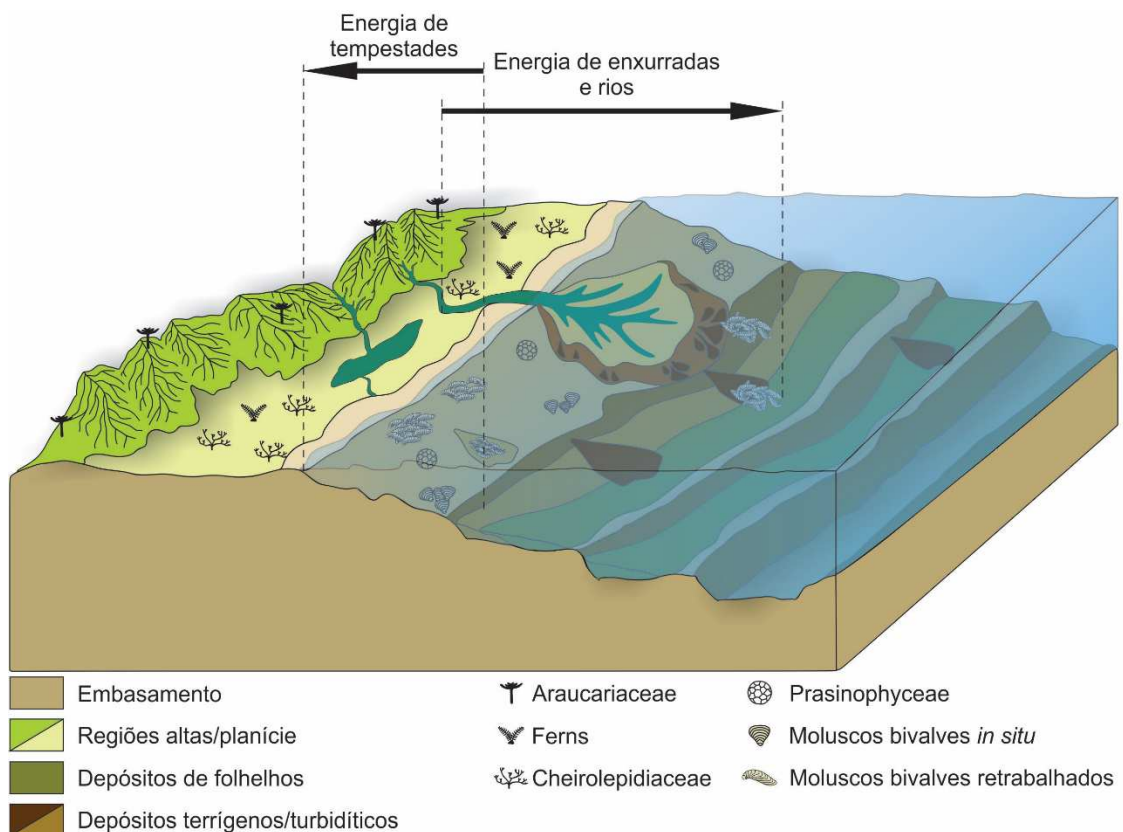


Figura 20: Modelo paleoambiental proposto para a Formação Morro do Chaves (modificado de G. Garcia, 2015b).

8.5 DISCUSSÕES PALEOGEOGRÁFICAS

Mapas paleogeográficos apresentados por Torsvik e Cocks (2004) mostram que, entre 130 e 110 Ma, a conexão entre o Thetis e o Atlântico se encontrava aberta. Tal fato pode ter permitido o acesso de águas oceânicas a partir de norte para o sul, ao longo da futura margem equatorial brasileira e em todas as áreas rebaixadas do continente localizadas no setor norte do Gondwana, resultando em um avanço de águas do Thetis sobre as áreas continentais deprimidas (*seaways*). Essa possibilidade de entrada de água do Thetis na altura do Nordeste do Brasil já era observada no trabalho de Golonka *et al.* (1974). Assim, as águas marinhas relativamente rasas poderiam ter coberto parte do continente do Cretáceo Inferior ao Barremiano em alguns períodos entre ~145.0 Ma a ~119.0 Ma, idade atribuída a deposição da Formação Morro do Chaves, como referido anteriormente.

Durante a fase de deriva continental ocorre finalmente o início da influência permanentemente marinha Atlântica, ou seja, há cerca de 115 milhões de anos atrás, durante o Albiano, com a instalação da sedimentação carbonática e mista da Formação Riachuelo, em Sergipe. Souza Lima (2008, in WEBSTER *et al.* (2008), chama a atenção para o fato de que os novos dados indicam que durante os estágios finais da fase sin-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas, desde o andar Aratu ao Eo-Alagoas, portanto incluindo o Barremiano e o Eo-Aptiano, incursões marinhas episódicas podem ter sido frequentes na sub-bacia Alagoas.

Arai (2009) considera seguro admitir que a ligação eficaz das águas do Atlântico Sul com o Atlântico Norte/Central tenha ocorrido desde o Aptiano (125,0-112,0 Ma) até o Maastrichtian (70,6-65,5 Ma) (DIAS BRITO, 1987). Arai (2009) também considera que os novos dados paleontológicos, combinados com a análise paleobiogeográfica, permitem atribuir invasões marinhas do norte (Thetis/Mid-Atlantic), influenciando assim na formação das primeiras bacias evaporíticas brasileiras no Aptiano. Street e Bown (2000) e Zharkov *et al.* (1998). Os mesmos autores, ao discutirem a evolução paleogeográfica do Berriasiano-Barremiano no Cretáceo Inferior, também chamam a atenção para a presença dos possíveis caminhos apontados por Arai (2009).

Considerando a possibilidade de uma proveniência de invasão marinha vinda do norte nesta região da Sub-bacia de Alagoas, se torna necessário olhar com mais rigor as reconstruções paleogeográficas existentes na região. Estudos anteriores,

em nível global, apontam para possibilidades de entrada de águas do Atlântico Central/Tethianas nas paleolatitudes outrora ocupadas pela Sub-bacia Alagoas (HAY *et al.*, 1999; TORSVIK; COCKS, 2004).

Há 130 Ma, no Cretáceo Inferior (Início do Barremiano), África e América do Sul efetivam o início de sua separação (HAY *et al.*, 1999). Ao norte do continente em fragmentação, o Atlântico Central e o Téthys mantinham sua conexão. Mais tardiamente, no Cretáceo Inferior, intensificou-se a propagação da abertura do Atlântico Sul para norte.

As amostras analisadas neste estudo, em conjunto com dados e interpretações de outros trabalhos (p. ex. THOMPSON, 2013; FERREIRA; LANGER, 2013) baseados nestas unidades, levam a uma forte evidência de ingressões marinhas provenientes de norte até a porção norte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Assim, descrevendo a presença de águas do Mar de Thetis/águas do Atlântico Central em baixos estruturais e topográficos da porção norte do continente sul-americano antes da ruptura.

Cabe o questionamento sobre a origem Tethiana destas águas marinhas, tendo em consideração que os microfósseis encontrados não são suficientes para caracterizar essa exclusiva origem. Porém se deve considerar que outros organismos encontrados no mesmo afloramento estudado (THOMPSON, 2013; FERREIRA; LANGER, 2013) indentificam origem Tethiana para os mesmos, assim como a configuração geográfica regional de abertura dos continentes só permite considerar proveniências de águas marinhas neste período geológico a partir do norte (Figura 21).

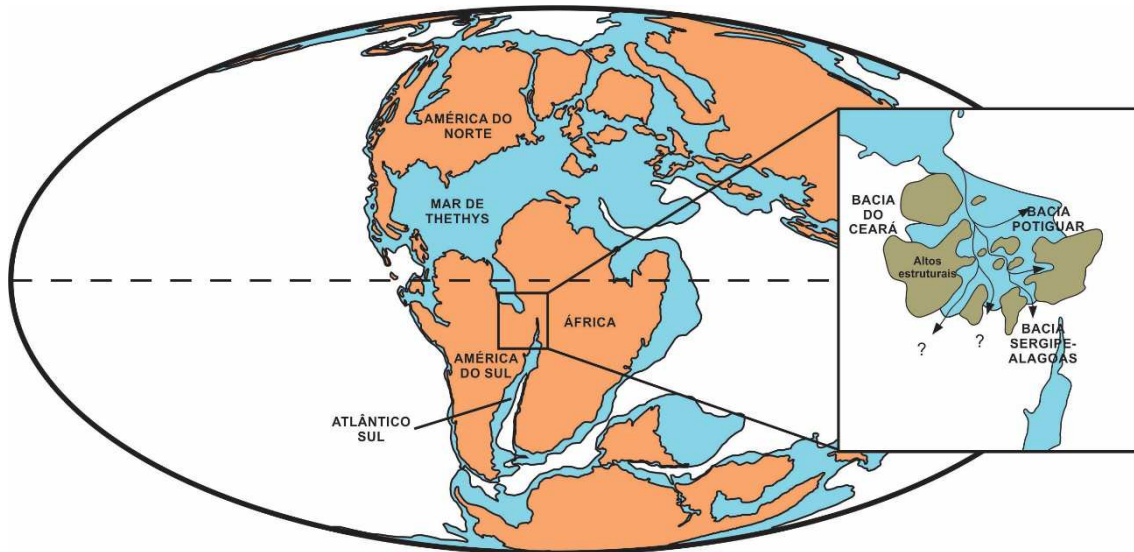


Figura 21: Mapa paleogeográfico proposto neste trabalho, Neocomiano (modificado de Frisch *et al.*, 2011).

Embora este estudo tenha revelado um baixo nível de conservação do material encontrado na unidade, bem como uma baixa abundância de espécies, acredita-se que a continuidade da abordagem micropaleontológica pode trazer novos dados e importantes elementos para o melhor entendimento do quadro paleobiogeográfico desta unidade, no contexto da transição a partir do domínio continental para o domínio marinho no Nordeste do Brasil.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Das recuperações palinológicas realizadas no presente trabalho, observaram-se exemplares de flora continental (conteúdo esporopolínico) e constituintes aquáticos, alguns potencialmente marinhos;
- As litologias da Formação Morro do Chaves se depositaram em ambiente aquático em zona costeira, sendo possível identificar através da associação esporopolínica que este corpo d'água estaria situado em uma planície costeira (ocupada por vegetação herbácea), contendo regiões montanhosas mais afastadas (vegetação arbóreas de grande porte) e áreas pantanosas/de banhados nas proximidades;
- As condições climáticas eram predominantemente quentes com pouca disponibilidade de água;

- Um importante agente transportador do material esporo-polínico encontrado, mais favorável pelo efeito de distância atingida, teria sido o ar. Entretanto, grandes enxurradas esporádicas potencialmente deslocavam também o conteúdo esporopolínico para dentro do corpo aquoso;
- A matéria orgânica amorfa mostrou um alto grau de fluorescência em alguns níveis. Quanto ao significado dessa alta fluorescência, levantou-se a possibilidade dela ser resultado da biodegradação de organismos algáticos marinhos, uma vez que esse tipo de fluorescência é atribuído a essa origem;
- A partir dos resultados obtidos ao longo do presente estudo, ainda que preliminares no contexto dos estudos em desenvolvimento, se pode apresentar uma primeira tentativa de reconstrução paleoambiental e paleogeográfica para os depósitos da Formação Morro do Chaves na porção norte da Bacia Sergipe-Alagoas;
- Estabelece assim uma representação do Neocomiano, correspondendo mais fidedignamente à situação evolutiva dos continentes segundo os resultados palinológicos aqui apresentados. Porém, deve ser feita uma ressalva sobre os possíveis elementos marinhos observados, que necessitam de confirmação, de modo a fortalecer através destes elementos a proposta de Arai (2009) de uma invasão marinha, proveniente do norte do continente sul-americano.

Sendo assim, conclui-se que:

- O modelo deposicional proposto considera “irregularidades” de fundo, decorrentes da estruturação em blocos basculados, comuns para a fase rifte;
- O modelo considera o nível do corpo d’água variável, sendo controlado por chuva e/ou invasão marinha;
- O modelo pressupõe que para ocorrer “ondas de tempestades” sejam requeridos ventos sobre uma ampla superfície aquática;
- O modelo considera o contexto paleo-geográfico regional como ponto favorável à possibilidade de invasão marinha proveniente do norte (Atlântico Central/Tethys)

REFERÊNCIAS

- AIGNER, T., SCHAUER, M., JUNGHANS, W.-D., REINHARDT, L. 1995. Outcrop gamma-ray logging and its applications: examples from the German Triassic. *Sedimentary Geology*, Tübingen, nº 100, p. 47-61.
- ANTONIOLI, L.; DINO, R.; GALLO, V. 2004. Palinologia de amostras da Pedreira Atol, Formação Coqueiro Seco, Membro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas (NE), Brasil. XI Reunião de Paleobotânicos e Palinológicos – Livro de Resumos, 5.
- ANTONIOLI, L.; DINO, R.; GALLO, V. 2009. Palinomorfos barremianos e peixes associados em sedimentos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 22.
- ANTUNES, R. L. & AZEVEDO, R. L. M. 2011. Micropaleontologia e Bioestratigrafia na Indústria do petróleo. *In: Paleontologia*. CARVALHO, I. S. 2011. Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados. Volume 2 /editor, Ismar de Souza Carvalho. – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência, p. 3-32.
- ARAI, M.; HASHIMOTO, A. T.; UESUGUI, N. 1989. Significado Cronoestratigráfico da Associação Microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, 3 (1/2): 87-103.
- ARAI, M. 2009. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 17(2): 331-351.
- AZAMBUJA FILHO, N. C. de.; ARIENTI, L. M.; MELLO, M. R. 1998. Sedimentological and geochemical evidence of high frequency climatic cycles controlling the deposition of source and reservoir rocks in Lower Cretaceous rift lake of the Sergipe-Alagoas Basin, Brazil. Extended Abstract. AAPG Annual Convention, Salt lake City.
- AZEVEDO, R. L. M. 2004. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, 12(2): 231–249.
- BEURLLEN, G. 1981. Correlação das unidades geocronológicas e bioestratigráficas com os ciclos globais de variação do nível do mar. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. DEPEX. LABOR. Relatório interno.
- BEURLLEN, G.; CAMPOS, D. A.; VIVIERS, M. C. 1994. Stratigraphic Range os Cretaceous Mega- and Microfossils of Brazil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências.
- BORBA, C.; PAIM, P. S. G.; GARCIA, A. J. V. 2011. Estratigrafia dos depósitos iniciais do rifte no Campo de Furado, região de São Miguel dos Campos, Bacia de Sergipe-Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(1): p. 18-36.

- BRENNER, W. W. 1996. Mikro-Absorptionsphotometrie: neue Möglichkeiten der Faziesanalyse mit fossilen und rezenten Pollen. *Neus Jahrbuch für organisch-wandige mikrofossilien*. Geomar Report. 76:38-106.
- BRENNER, W. W. 1998. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der mikro-absorptionsphotometrie für organisch-wandige mikrofossilien. GEOMAR, Research Center for Marine Geosciences Christian Albrechts University in Kiel. GEOMAR REPORT 76. p. 38 – 106.
- CAMPOS NETO, O.P.; SOUZA-LIMA, W.; CRUZ, F.E. 2007. Bacia Seripe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*. Rio de Janeiro. 15(2):405-415.
- CAPELESSO, E. W. & MALABARBA, M. C. S. L. Primeiro Registro de dinossauro Theropoda da Formação Morro do Chaves, Bacia Sergipe-Alagoas. In: *Salão de Iniciação Científica PUCRS*, 13, 2012, Porto Alegre, Livro de Resumos... (on-line), 2012.
- CORRÊA, D. O. 2013. Cultivo semicontínuo de uma microalga do gênero *Scenedesmyus* em fotobiorreator tubular compacto para produção de biodiesel e caracterização do sistema de cultivo. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 68.
- DEPECHE, F.; CAMPOS, D.; BERTHOU, P. Y. 1986. Mise en évidence du Barrémien dans la Série de Reconcavo (Etat de Bahia, Brésil): apport des ostracodes, des spores et des pollens. *Revue de Micropaléontologie*, 29 (2): 93-102.
- DIAS-BRITO, D. 1987. A Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição à paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 162-167.
- DUNHAM, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed) *Classification of carbonate rocks*. Tulsa. AAPG Memoir 1, p.108-122.
- FERREIRA, G. S. & LANGER, M. C. 2013. A pelomedusoid (Testudines, Pleurodira) plastron from the Lower Cretaceous of Alagoas, Brazil. *Cretaceous research* 46 (2013) 267-271
- FOLK, R. L. 1959. Spectral subdivision of limestones types; In Harm, W.E. (ed) *Classification of carbonate rocks*. Tulsa. AAPG Memoir 1, p.62-85.
- FRISCH, W.; MESCHÉDE, M.; BLANKEY, R. C. 2011. *Continental Drift and Mountain Building*. 1st Edition., 2011, VIII, 212 p. 194 illus. in color.
- GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; PETRA, R.; RAMOS, R. R. C.; MASSA, R. S.; PAGNONCELLI, D. & ANTONIOLI L. 2009a. Novas ocorrências de †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) na Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, NE do Brasil. Livro de Resumos do Congresso Brasileiro de Paleontologia 21: 178-179.

- GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; RAMOS, R. R. C.; PETRA, R.; ROMANO, P. S. R. 2009b. A tartaruga *Pleurodira* mais antiga do Brasil. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 180.
- GALLO, V. 2009c. A paleoictiofauna marinha das bacias marginais brasileiras. XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia – Livro de Resumos, 266.
- GALLO, V.; CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, H. R. S. 2010. New occurrence of †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) in the Morro do Chaves Formation, Lower Cretaceous of the Sergipe-Alagoas Basin, Northeastern Brazil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cinc. Nat.*, Belém, v. 5, n. 2, p.195-205.
- GARCIA, A. J. V.; EASTWOOD, M. E. 1981. Um procedimento gráfico para descrição de perfis estratigráficos. *Atas do III Simpósio de Geologia Regional, Curitiba, Paraná*, v. 2, p. 1-13.
- GARCIA, A. J. V. 1992. Estratigrafia, sedimentação e diagênese dos arenitos da Formação Serraria, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, Brasil.
- GARCIA, A.J.V.; PEREIRA, F.C.; DANTAS, D.R.; MOURA, F.P.; ROCHA, L.M.; ARAUJO, W.B.; FIGUEIREDO, S.A.; DANTAS, M.V. e WEIDMANN, G. (2011) - Caracterização Multiescalar em Reservatórios Carbonáticos Análogos da Bacia Sergipe-Alagoas.(CAMNURES-CARBONATO) Etapa 1: Projeto Carapeba; UFS, FAPES, Petrobras – Rede CARMOD. Relatório Parcial 1 (Inédito).
- GARCIA, A. J. V.; GARCIA, G. G.; CARVALHO, I.; DANTAS, M. V. S. 2015a. Palaeoenvironmental and Palaeogeographic Implication of Morro do Chaves Formation (Low Cretaceous of Sergipe-Alagoas Basin, Northeastern Brazil) to Marine Influence in Northeastern Brazilian Basins from the North.. In: AAPG EUROPEAN REGIONAL, LISBON, PORTUGAL. "Tethys-Atlantic Interaction Along the European-Iberian-African Plate Boundaries". p. 84-85.
- GARCIA, A. J. V.; GARCIA, G. G.; DANTAS, D. R.; FIGUEIREDO, S. A.; DANTAS, M. V. S. SANTOS, K. A. L.; CARVALHO, I; MELO, T. M. S.; ROCHA, L. L.; 2015c - Caracterização Multiescalar em Reservatórios Carbonáticos Análogos da Bacia Sergipe-Alagoas.(CAMURES-CARBONATO) Etapa 1: Projeto Carapeba; UFS, FAPES, Petrobras – Rede CARMOD. Relatório em Construção (Parcial)(Inédito).
- GARCIA, A. J. V.; RIBEIRO, D. D. M.; FIGUEIREDO, S. A. S. T.; DANTAS, M. V. S.; OLIVEIRA, I. C.; SANTOS, K. A. L.; GARCIA, G. G. 2015b. 3D Modeling of Carbonate Reservoir Analogue Outcrops using Camures Methodology, Sergipe-Alagoas Basin (SEAL), NE, Brazil. In: AAPG Annual Convention & Exhibition, 2015, Denver. ACE 2015b, 2015b.

- GARCIA, G.G.; SILVA, R.C.; RANGEL, C.V.G.T.; GARCIA, A.J.V. 2010.As sedimentações Carbonáticas e mistas das formações Morro dos Chaves e Riachuelo na Bacia de Sergipe-Alagoas. **45º Congresso Brasileiro de Geologia**. Belém. CD-ROM.
- GARCIA, G. G. Análise do conteúdo palinológico da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas e seu significado bioestratigráfico e paleoambiental. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 123, 2012.
- GARCIA, G. G.; SOUZA, P. A.; PREMAOR, E.; GARCIA, A. J. V.; PONTES, N. V. Novos dados palinológicos da Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas). In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23, 2013, Gramado. Resumo... Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2013, p. 125
- GARCIA, G. G.; MELO, T. M. S.; GARCIA, A. J. V.; DANTAS, M. V. S.; SANTOS, K. A. L.; FIGUEIREDO, S. A. S. T.; ROCHA, L. L. Atributos permo-porosos e tafonômicos das coquinhas da Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior, Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 8, 2015a, Curitiba Resumo Expandido... Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, 2015a.
- GARCIA, G. G.; GARCIA, A. J. V. 2015b. Bioestratigrafia e Paleogeografia da Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior (Barremiano) Bacia de Sergipe-Alagoas. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 8, 2015a, Curitiba Resumo Expandido... Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, 2015b.
- GOLONKA, J.; ROSS, M. I. and SCOTSE, C. R. 1994. Phanerozoic Paleogeographic and Paleoclimatic modeling maps. In PANGAEA: Global Environments and Resources. Canadian Society of Petroleum Geologists.Memoir 17. P. 1-48.
- GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A. & CUMMINS, K. W. 1991.An Ecosystem Perspective of Riparian Zones.University of California Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences. BioScience, v. 41, n. 8, p. 540-551.
- HAY, W. W., DECONTO, R. M., WOLD, C. N., WILSON, K. M., VOIGT, S., SCHULZ, M., WOLD, A. R., DULLO, W. C., RONO, B., BALUKHOVSKY, A. N., SÖDING, E. 1999. Alternative global Cretaceous paleogeography. In: E. Barrera and C.C. Johnson. (eds.), Evolution of the Cretaceous Ocean–Climate System. *Geological Society of America*, Special paper 33: 1–47. Boulder.
- HERNGREEN, G.F.W.; KEDVES, M.; ROVNINA, L.V. & SMIRNOVA, S.B. 1996.Chapter 29. Cretaceous palynoflora provinces: a review. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Eds.). Palynology: principles and applications; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 3: 1157-1188.

- KINOSHITA, E. M. 2007. Modelagem sísmica-geométrica de Fácies dos Carbonatos lacustres do Mb Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KIM, M. K. *et al.* 2007. Enhanced production of *Scenedesmus* spp. (green microalgae) using a new medium containing fermented swine wastewater. *Bioresource Technology*, v. 98, n. 11, p. 2220-2228, 8// 2007. nISSn 0960-8524.
- MAFFIZZONI, A. F. 2000. Paleoiçtiofauna da Formação Coqueiro Seco Aptiano Inferior do Estado de Alagoas Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS – Brasil, [149.f.] il.
- MOTTA, F. A.; MALABARBA, M. C. S. L. Primeiro Registro de Pterossauro da Bacia Sergipe-Alagoas. In: Salão de Iniciação Científica, 12, 2011, Porto Alegre, Livro de Resumos... ISSN: 2175-6465 (on-line), 2011. NEGRAO, A.P.; CAVALCANTI, R.M.B. 2009. Depósitos Carbonáticos da Formação Morro do Chaves (Barremiano) na Pedreira CIMPOR, Bacia de Sergipe-Alagoas, São Miguel dos Campos (AL). XXXI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural UFRJ – Livro de Resumos, 15.
- NOGUEIRA, M.S.; LEMOS, V. B.; TERRA, G.J.S. As “coquinas” do membro Morro do Chaves, Cretáceo, Inferior da Bacia de Alagoas, e seu potencial para reservatório de petróleo. In: ABPG, Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, 2, 2003, Rio de Janeiro. Resumos Expandidos ...v.1, p ?-?.
- OLIVEIRA, A. D.; FILHO, J. G. M.; CARVALHO, M. A.; MENEZES, T. R.; LANA, C.C.; BRENNER, W. W. 2003. Método de preparação palinológica por peneiramento: nova técnica para melhorar a recuperação de dinoflagelados do Quaternário. *II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa; IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas*. Resumo expandido.
- OLIVEIRA, A. D. & MENDONÇA FILHO, J. G. 2004. Novo método de preparação palinológica para aumentar a recuperação de dinoflagelados. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 7(2):169-175.
- OTTONE, E. G. 1996. Early Cretaceous *Scenedesmus* from Argentina. *Amaghiana (Rev. Assoc. Paleontol. Argent.)*. 33(4): 457-458. Buenos Aires.
- RAMOS, L. M.; SILVA, I. M.; CAMARA, F. M. 2007. Análise ecológica da comunidade fitoplanctônica da lagoa Nova Brasília. *II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*. João Pessoa.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. 1974. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil I. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 17(3): 177–191.

- REGALI, M. S. P. & VIANA, C. F. 1986. Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil e a escala cronoestratigráfica internacional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. CENPES. DIVEN. Trabalho de uso restrito ao âmbito da PETROBRÁS.
- REGALI, M. S. P. & VIANA, C. F. 1988. Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil: idade e correlação com a escala internacional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. SEDES. pré-print.
- ROMANO, P. S. R., GALLO, V., RAMOS, R. R. C. and ANTONIOLI, L. 2014. *Atolchelys lépida*, a new side-necked turtle from the Early Cretaceous of Brazil and the age of crown Pleurodira. *Biol. Lett.* 10: 20140290.
- SEYVE, C. 1990. Introdução à Micropaleontologia. Universidade A. Neto, Faculdade de Ciências - Departamento de Geologia. Elf Aquitaine Angola. 232p.
- SCHALLER, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86.
- SOUZA-LIMA, W. 2008. Seqüências evaporíticas da bacia de Sergipe-Alagoas. *In*: WEBSTER U. MOHRIAK; PETER SZATMARI; SYLVIA M COUTO ANJOS. (Org.). Sal: Geologia e Tectônica. 1ª ed. São Paulo: Editora Beca, v. 1, p. 231-249.
- STREET, C. e BOWN, P. R. (2000) - Paleobiogeography of Early Cretaceous (Berriasian-Barremian) calcareous nannoplankton. *Marine Micropaleontology* 39: 265-291. Ed. Elsevier.
- TAPPAN, H. 1980. The Paleobiology of Plants Protists. 1028pp. Freeman, San Francisco, CA.
- TAVARES, A. C.; BORGHI, L.; CORBETT, P.; NOBRE-LOPES, J.; CÂMARA, R. Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, n. 3, p. 415-429, 2015.
- THOMPSON D. L. The stratigraphic architecture and depositional environments of non-marine carbonates from Barremian-Aptian Pre-Salt strata of the Brazilian continental margin. PhD Thesis, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia, 277 p, 2013.
- TORSVIK, T.H. & COCKS, L.R.M. 2004. Earth geography from 400 to 250 million years: a palaeomagnetic, faunal and facies review. *Journal Geol. Soc. Lond.* 161, 555-572.
- TREVISAN, L. 1971. Dicheiropollis, a pollen type from Lower Cretaceous sediments of Southern Tuscany (Italy) Paris. - *Pollen et Spores*, 13 (4): 561-596.

- TUCKER, M. E. 1991. *Sedimentary Petrology*. An Introduction to the origin of Sedimentary Rocks. Blackwell Scientific Publications.
- TYSON, R. V. 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. London: Chapman & Hall. 615 p.
- UESUGUI, N. 1979. Palinologia; técnicas de tratamento de amostras: *Boletim Técnico da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, 22: 229–240.
- WEBSTER, M.; SZATMARI, P.; COUTO ANJOS, S. M. 2008. Sal: Geologia e Tectônica; Exemplos nas Bacias Brasileiras. Editora Beca, São Paulo, Livro. ISBN:8587256491.
- WOOD, G.D.; GABRIEL, A.M.; LAWSON, J.C. 1996. Palynological techniques - processing and microscopy. In: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (Edt.), *Palynology: Principles and Applications*, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1, pp. 29–50.
- ZHARKOV, M. A.; MURDMAA, I. O. e FILATOVA, N. I. (1998) - Paleogeography of the Barriasian-Barremian Ages of the Early Cretaceous. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 6(1): 47–69. Translated from *Stratigrafiya. Geologicheskaya Korrelyatsiya*, 6(1): 49–72. Original Russian Text Copyright © 1998 by Zharkov, Murdmaa, Filatova.

Site

- GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.5.1557. 2015. São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 12/11/2015

ANEXO A - CARTA DE SUBMISSÃO A REVISTA

21/12/2015

Mensagem de Impressão do Outlook.com

[Imprimir](#)[Fechar](#)

[Geociencias] Agradecimento pela Submissão

De: **Marcos Aurélio Farias de Oliveira** (revigeoc@rc.unesp.br)
Enviada: terça-feira, 22 de dezembro de 2015 04:25:50
Para: Sr. Gustavo Gonçalves Garcia (gustavogarciageo@hotmail.com)

Sr. Gustavo Gonçalves Garcia,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "ANÁLISE PALINOLÓGICA EM FOLHELHOS DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA FASE RIFTE DA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS" para Geosciences = Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/author/submission/1102>

Login: gustavogarcia

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Marcos Aurélio Farias de Oliveira
Geosciences = Geociências

Geosciences = Geociências

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias>



ANEXO B - ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA

ANÁLISE PALINOLÓGICA EM FOLHELHOS DA FORMAÇÃO MORRO DO CHAVES E IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA FASE RIFTE DA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS

Gustavo Gonçalves GARCIA¹, Antônio Jorge Vasconcellos GARCIA²

- (1) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves 9500, CEP 91509-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Endereço eletrônico: gustavogarciageo@hotmail.com.
- (2) PROGEOLOGIA/NUPEG, Universidade Federal de Sergipe. Avenida Marechal Rondon S/n, CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe. Endereço eletrônico: garciageo@hotmail.com.

Introdução
Contexto Geológico e Paleontológico
Materiais e Métodos
Resultados
 Descrição Litofaciológica
 Palinologia
Discussões
 Bioestratigrafia e Palinozoneamento
 Ambiente Depositional
 Paleogeografia
Conclusões
Referências

RESUMO – A fragmentação do Gondwana e a origem dos intervalos geradores e reservatórios das bacias costeiras brasileiras estão sendo cada vez mais estudados. Neste contexto a Bacia de Sergipe-Alagoas torna-se relevante pela completude de suas sequências deposicionais. Este artigo apresenta dados palinológicos dos afloramentos da Formação Morro do Chaves, situados na Pedreira InterCement, localizada no município de São Miguel dos Campos, Alagoas, envolvendo enfoques bioestratigráficos, paleoambientais e paleogeográficos. Com base na ocorrência da espécie *Dicheiropollis etruscus*, em conjunto com outros dados paleontológicos e geológicos, reconhece-se a idade Barremiana para o intervalo. A partir da associação palinológica identificada a unidade foi posicionada em contexto aquoso, com plantas herbáceas nas proximidades e cercado por regiões montanhosas remotas com vegetação de porte arbóreo. Em alguns níveis identificaram-se vesículas de algas da classe *Prasinophyceae*. A identificação preliminar de um espécime de ?palinoforaminífero e de ?dinoflagelado corroboram com a idéia de origem marinha, bem como a presença de *Scenedesmus* e *Botryococcus*, organismos que toleram certa salinidade. Ratifica-se assim a probabilidade de influência marinha e/ou salobra no Cretáceo, no setor norte da Bacia de Sergipe-Alagoas, aproximando a unidade ao modelo paleogeográfico que discute a entrada de águas Thetianas ao norte do continente Sul-Americano.

Palavras-Chave: Cretáceo Inferior, Palinologia, Paleogeografia, Sergipe-Alagoas.

ABSTRACT- The Gondwana fragmentation and the origin of related source rocks and reservoir intervals of Brazilian coastal basins are being increasingly studied. In this context the Sergipe-Alagoas Basin becomes relevant for the completeness of their depositional sequences. This paper presents the palynological data from Morro do Chaves Formation outcrops, located in InterCement Quarry, located in São Miguel dos Campos, Alagoas, involving biostratigraphic, paleoenvironmental and paleogeographic approaches. Based on the occurrence of the *Dicheiropollis etruscus*, together with other paleontological and geological data, recognizes the Barremian age for the interval. From the identification of a pollen association, the unit was placed in an aqueous environment, close to herbaceous plants, surrounded by remote mountainous areas with arboreal vegetation. In some levels have been identified algae vesicles Class *Prasinophyceae*. The preliminary identification of a specimen ?Palinoforaminifer and ?Dinoflagellate corroborate the idea of marine origin, and the presence of *Scenedesmus* and *Botryococcus*, organisms that tolerate some salinity. It thus confirms the probability of marine water influence and / or brackish in the Cretaceous, in the northern sector of the Sergipe-Alagoas Basin, bringing the unit to paleogeographic model that discusses the input Thetian waters north of the South American continent.

Keywords: Lower Cretaceous, Palinology, Paleogeographic, Sergipe-Alagoas.

INTRODUÇÃO

A Bacia de Sergipe-Alagoas compreende uma das sequências estratigráficas mais completas entre as bacias costeiras brasileiras. Seus depósitos sedimentares estão relacionados a fases evolutivas distintas, diretamente relacionadas com a separação do Gondwana e abertura do Atlântico Sul, representados, litoestratigraficamente, pelos grupos Perucaba (pré-rifte), Coruripe (rifte e pós-rifte), Sergipe e Piaçabuçu (drifte), cujas idades de deposição se distribuem do Jurássico Superior ao Holoceno (Campos Neto *et al.*, 2007).

As litologias da Formação Morro do Chaves (Grupo Coruripe) estão vinculadas aos estágios rifte e transicional da bacia, caracterizadas por rochas carbonáticas bioclásticas ("coquinas"), intercaladas com folhelhos verde-escuros a negros, na porção mais distal, e arenitos conglomeráticos na porção mais proximal. Nos folhelhos são registrados presença de ostracodes (Kinoshita, 2007), fragmentos de peixes e tartarugas (Gallo *et al.*, 2009a, 2009b, 2009c, 2010; Romano *et al.*, 2014), palinomorfos (Antonioli *et al.*, 2004, 2009; G. Garcia, 2012; G. Garcia, 2013), terópode (Capalesso & Malabarba, 2012) e pterossauros (Motta *et al.*, 2011). Algumas dessas ocorrências fósseis são encontradas na forma de fragmentos ou representadas por apenas um espécime. Neste contexto, os estudos de microfósseis tornam-se uma ferramenta paleontológica importante para a caracterização desta unidade, especialmente para fins de refinamentos bioestratigráficos e paleoambientais.

Azambuja Filho *et al.* (1998) referem o ambiente de deposição da Formação Morro do Chaves, como tendo se desenvolvido em contexto lacustre durante a fase rifte, com ingresso de leques aluviais terrígenos coalescentes avançando e interagindo com a sedimentação lacustre pelítica e carbonática. O avanço e recuo da borda lacustre, influenciada pelo tectonismo ou pelo aumento do nível do lago, permitiram o afogamento parcial dos depósitos terrígenos, favorecendo um maior desenvolvimento dos organismos e, conseqüentemente,

maior deposição de litofácies carbonáticas “coquinóides”, intercaladas nos depósitos arenosos, conglomeráticos ou pelíticos (Azambuja Filho *et al.*, 1998).

Novos dados palinológicos foram obtidos neste trabalho, a partir de coletas em seção aflorante na Pedreira do Grupo InterCement (ex-Cimpor, ex-Atol), bem como de amostras de quatro furos de sondagem testemunhados e descritos. Dessa forma são apresentados os resultados e discutidos seus significados bioestratigráficos e paleoambientais, sendo um dos objetivos propor a ampliação da lista de táxons registrados para a unidade, em seguimentos aos descritos em trabalhos anteriores (Antonioli *et al.*, 2004, 2009; G. Garcia *et al.*, 2013), visando contribuir para o entendimento de um dos intervalos evolutivos de maior importância para a Bacia Sergipe-Alagoas, notadamente diante das possibilidades de ingressões marinhas e/ou influências de águas salobras nos depósitos da Formação Morro do Chaves na região estudada.

CONTEXO GEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO

De acordo com Azambuja Filho *et al.* (1998), as litologias estudadas da Formação Morro do Chaves representam o estágio rifte final da Bacia de Sergipe-Alagoas, conceitualmente representado por sequências predominantemente continentais, depositadas em meios-grábens limitados por falhas com orientação NS, em contexto tectônico transpressivo, evoluindo para distensivo, resultando na separação das placas sulamericana e africana, simultaneamente em que se dava o processo de afinamento crustal no decorrer do Cretáceo Inferior. A sedimentação durante o Andar Jiquiá (~126-123 Ma), intervalo atribuído à deposição da unidade (Schaller, 1970), está parcialmente representada pelos calcários da Formação Morro do Chaves, associados com depósitos siliciclásticos de Formação Coqueiro Seco (Campos Neto *et al.*, 2007).

Nogueira *et al.* (2003) discutem brevemente os depósitos de "coquinas" da Formação Morro do Chaves, com base em seu potencial reservatório de óleo, mencionando que nestes litotipos os *plays* exploratórios de petróleo são bastante incomuns no registro geológico e de difícil entendimento. Thompson (2013) considera que as "coquinas" da Formação Morro do Chaves contém uma diversidade de moluscos reconhecidamente marinhos, relacionados a ambientes de água salobra, o que sugere incursões marinhas periódicas durante o Cretáceo Inferior na área. Azevedo (2004) e Arai (2009) indicam uma origem marinha para os depósitos do norte da Bacia de Sergipe-Alagoas, onde estão expostos os melhores registros da Formação Morro do Chaves.

Gallo *et al.* (2009b) identificaram a ocorrência de tartarugas na Formação Morro do Chaves, pertencentes à Família Bothremydidae (Ordem Testudines). Novos registros de tartarugas fósseis, classificados como *Atolcheylys lepida*, foram apresentados por Romano *et al.* (2014) e Ferreira & Langer (2013), indicando correlação faunística Tethiana, potencialmente relacionada com a abertura do Oceano Atlântico Central. Gallo *et al.* (2009a, 2009c e 2010) descreveram a ocorrência de Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) e a presença de *Enchodontidae*, assim os autores sugerem influência marinha para Formação Morro do Chaves.

Outros trabalhos paleontológicos descrevem a descoberta de fragmentos de um pterossauro nos depósitos da unidade, Motta *et al.* (2011), enquanto Capalesso & Malabarba (2012) descrevem a ocorrência de um dente identificado como pertencente a um dinossauro Theropoda, provavelmente do grupo de Miniraptora.

Estudos palinológicos de Maffizzoni (2000) revelaram apenas registros de matéria orgânica amorfa na Formação Morro do Chaves, não identificando espécies de nenhum grupo palinológico. Antonioli *et al.* (2004, 2009) identificam uma associação palinológica nos

folhelhos negros, intercalados aos bancos de "coquinas" e margas ricas em bivalves, e associados a arenitos finos a médios com estratificação cruzada do tipo *hummocky*. Os palinórfos compreendem grãos de pólen atribuídos a gimnospermas (*Classopollis*, *Equisetosporites*, *Araucariacites*, *Eucommiidites*, *Gnetaceaepollenites*, *Inaperturopollenites*, *Dicheiropollis*), em associação com esporos triletes (*Apiculatisporis*, *Aequitriradites*, *Cicatricosisporites*, *Verrucosisporites*, *Deltoidospora*, *Leptolepidites*, *Concavisporites*). Espécimes escassos de *Stelatopollis* e *Transitoripollis* (angiospermas?) também foram registrados. De acordo com aqueles autores, o conteúdo palinológico permitiu posicionar a unidade no Andar Jiquiá Inferior (Barremiano Superior).

Tavares *et. al.* (2015) apresentam considerações sobre “facies e ambientes de sedimentação para as coquinas da Formação Morro do Chaves, ...”, fundamentando suas conclusões em três aspectos: aspectos tafonômicos (grau de quebraamento/retrabalhamento das conchas), critérios composicionais (presença de matriz micrítica e/ou siliciclásticas na coquinas) e consultas bibliográficas sobre o assunto. Estes autores reconhecem o ambiente deposicional da unidade como lacustre, mas mencionam as conclusões de Thompson (2013) de ter encontrado bivalves marinhos entre os componentes das coquinas. São registrados os seguintes paleoambientes deposicionais pelos autores: plataforma lacustre de alta energia, relacionada a delta lacustre, e plataforma lacustre de alta energia, relacionada a depósitos do fundo do lago. Os autores mencionam a complexidade e a heterogeneidade destes depósitos e consideram “as coquinas da Formação Morro do Chaves como apresentando uma história diagenética complexa, ...”. O trabalho se propõe a apresentar um novo modelo de fácies para os depósitos das coquinas, mantendo o seu contexto lacustre. Mencionam a existência de um lago maior, durante períodos de transgressão e apontam que, durante períodos de seca, partes do lago ficariam isolados, favorecendo a deposição de folhelhos ricos em matéria orgânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada próximo à cidade de São Miguel dos Campos, 5,0 km a oeste da Rodovia BR-101, Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil (Figura 1). Os depósitos aflorantes da Formação Morro do Chaves são objeto de exploração de cimento pelo Grupo InterCement. Os trabalhos de campo consistiram no levantamento de perfis estratigráficos de afloramentos na cava da lavra de calcário e em testemunhos de furos de sondagens, os quais foram amostrados visando à descrição e identificação das associações palinológicas encontradas.

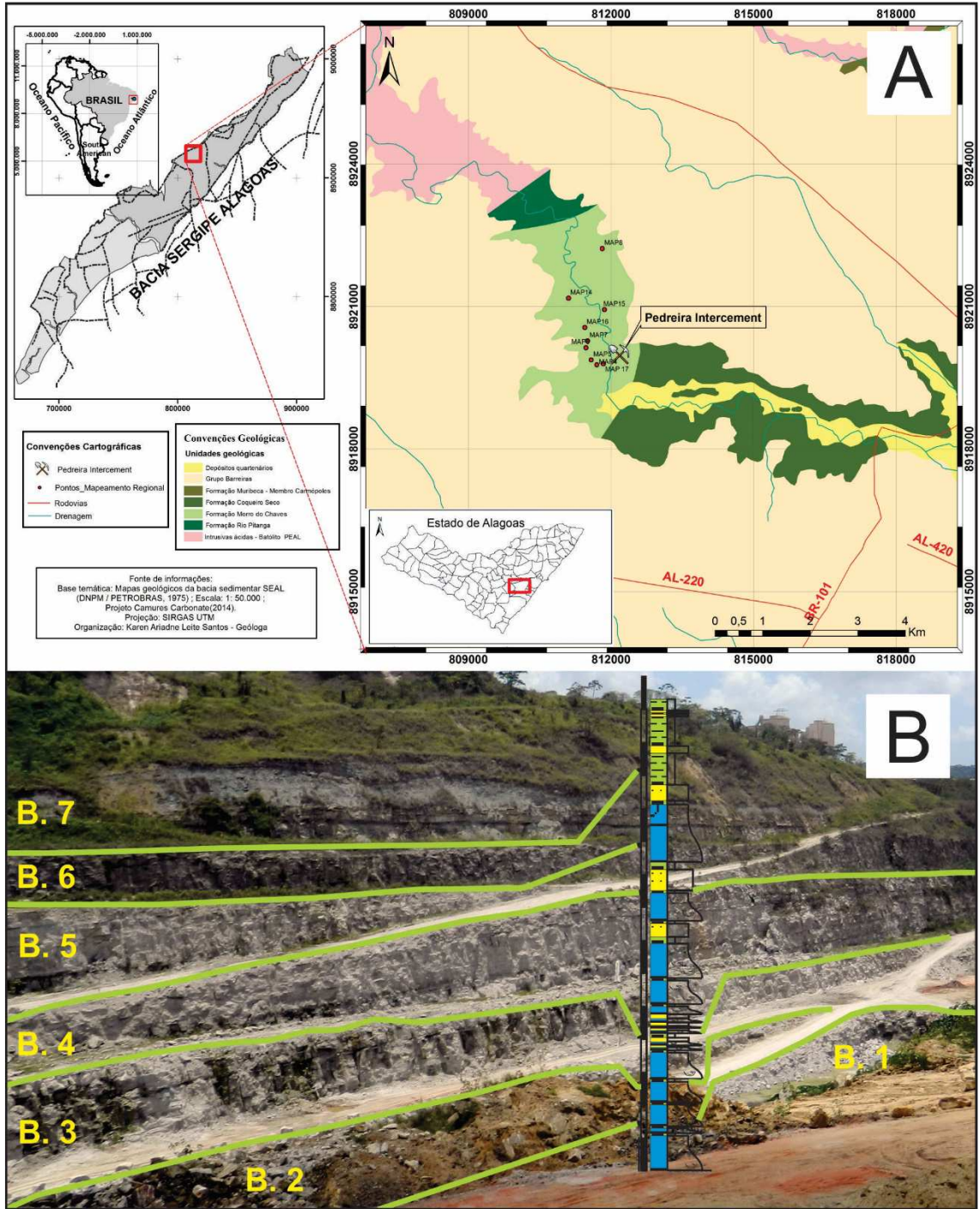


Figura 1- Mapa de localização regional da Formação Morro do Chaves (A); Vista do flanco leste da cava de mineração da Pedreira InterCement com destaque as bancadas posicionamento de perfil estratigráfico ilustrativo.

Os procedimentos de campo consistiram da descrição de perfis, correlações estratigráficas e amostragem, em conformidade com a Metodologia CAMURES (Caracterização Multiescalar de Reservatórios), de caráter multidisciplinar, que vem sendo desenvolvida pelo Laboratório PROGEOLOGIA/NUPEG/UFS, visando à compreensão, em diferentes escalas, dos intervalos carbonáticos e siliciclásticos da Bacia Sergipe-Alagoas (A. Garcia *et al.*, 2015). Camadas calcárias foram descritas com base em Folk (1959) e Dunham (1962). As microfácies identificadas foram caracterizadas com base em seus aspectos sedimentares e diagenéticos, a fim de analisar os aspectos deposicionais e evolutivos das rochas carbonáticas. Os folhelhos foram caracterizados em macro escala com base no grau de alteração/oxidação e no seu caráter orgânico.

Dezessete amostras de folhelhos foram coletadas na cava da pedreira, ao longo de 63 m de uma seção vertical principal (Figura 2). Além destas, 28 amostras de folhelhos foram coletadas em testemunhos de quatro furos (IC-1 a IC-4) perfurados na área da pedreira. Foram selecionadas duas amostras para análise palinológica do furo IC-1 (96,14 m de profundidade total), 10 do IC-2 (225,55 m), 14 do IC-3 (212,54 m) e duas do IC-4 (119,98 m).

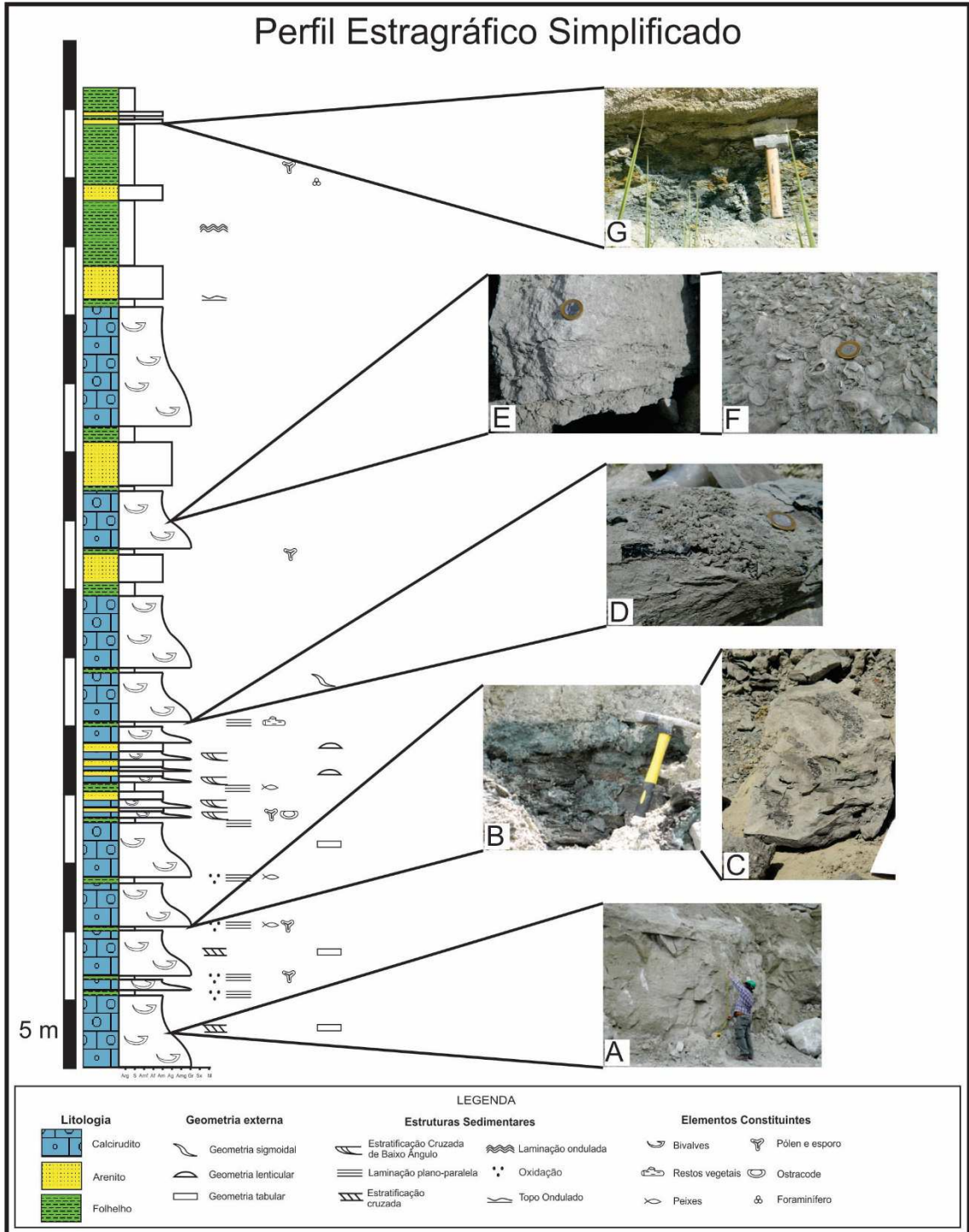


Figura 2- Perfil estratigráfico simplificado, com destaque para: A) camada de coquina da base da seção da pedra; B e C)folhelho alterado com peixes fósseis; D) nível de vitrênio; E) e F) camada de coquina grossa com baixo retrabalhamento; G) contato entre folhelho e arenito com ripples.

Todas as amostras foram processadas para análise palinológica no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/UFRGS). As técnicas aplicadas seguiram o tratamento padrão proposto por Wood *et al.* (1996), com a utilização de ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF) para remoção dos componentes minerais das rochas, seguida do peneiramento para concentração do material palinológico resultante em malhas entre 10 µm e 250 µm, constituindo os resíduos finais, a partir dos quais, foram preparadas lâminas. Vale ressaltar que um número distinto de lâminas foi confeccionado para cada nível estratigráfico, especialmente maior nos casos em que houve registro de palinomorfos. As lâminas foram analisadas em microscopia óptica de luz branca e luz fluorescente e estão depositadas na coleção do Museu Paleontológico do LPMMT/UFRGS, sob os códigos MP-P 7994 a 8030, 10471 a 10486 e 10658 a 10717, totalizando 93 lâminas.

RESULTADOS

DESCRIÇÃO LITOFACIOLÓGICA

As características deposicionais das litologias reconhecidas na pedreira InterCement foram obtidas através das descrições macroscópicas de amostras coletadas nos perfis levantados e das análises microscópicas. Resultou destas descrições o reconhecimento de sete litologias: calcirrudito bioclástico (coquinas), calcarenito, calcilutito, folhelho, arenito, conglomerado e arenito conglomerático, estes últimos comumente contendo constituintes bioclásticos retrabalhados.

O registro estratigráfico da Formação Morro do Chaves na área estudada apresenta depósitos com extensa continuidade lateral, ocorrendo pequenas variações na espessura tendo em vista a geometria externa lenticular de camadas amalgamadas. As camadas de "coquinas" tendem a diminuir de espessura na parte superior do intervalo, com espessuras de cerca de 10

m na porção inferior e 1 m na porção superior do pacote. As espessuras das camadas de folhelhos tendem a aumentar em direção ao topo do afloramento, variando de 15 cm na base a 5 m no topo. Os pacotes de “coquinas” possuem geometria externa tabular quando observados em macro escala, mostrando-se por vezes lenticulares quando vistos em proximidade e internamente são observadas estruturas cruzadas sigmoidais e estratificações cruzadas acanaladas, entre as quais as truncadas por ondas. Os perfis estratigráficos colunares descritos dos poços IC-1 a IC-4 foram correlacionados a um perfil composto levantado na cava da pedreira (MCH-COMPOSTO).

A análise integrada dos perfis estratigráficos de afloramento na pedreira e dos poços resulta em uma seção estratigráfica composta, na qual os atributos litofaciológicos identificados são analisados em associação aos princípios da estratigrafia de sequência. A análise faciológica das continuidades laterais das camadas no flanco leste da pedreira permitiu também compreender a distribuição lateral dos processos sedimentares envolvendo distintos ambientes deposicionais. Doze ciclos de sedimentação foram reconhecidos, enquanto cinco litofácies principais foram caracterizadas: calcirruditos, calcarenitos, calcilutitos, folhelhos e arenitosconglomeráticos a conglomerados (G. Garcia, *et al.*, 2015)

PALINOLOGIA

Dentre as 45 amostras coletadas de distintos níveis estratigráficos, 21 apresentaram espécimes de palinomorfos passíveis de identificação taxonômica, mal representada em termos de diversidade e abundância. O grau de preservação em geral é baixo, por vezes restando partículas orgânicas representadas por espécimes semi-destruídos e/ou semi-degradados. Fitoclastos e matéria orgânica amorfa (MOA) ocorrem de forma dominante em todas as lâminas estudadas.

O furo IC-1 apresenta dois níveis onde foram realizadas identificações taxonômicas, o nível 10483-10484 (34,50m) e o nível 10485-10486 (79,82m). O IC-2 furo apresenta a melhor recuperação do ponto de vista estratigráfico, apresentando espécimes recuperados em sete níveis, a saber: 10662-10663 (22,56m), 10666-10667 (27,57m), 10664-10665 (28,08m) 10668-10.669 (61,64m), 10670-10671 (71,60m), 10672-10673 (106,05m) e 10676-10677 (194,20m). O furo IC-3 mostra recuperação em apenas um nível 10714-10715 (38,70m) com a identificação de apenas uma alga verde. O poço IC-4 apresenta uma boa variedade de táxons, encontrados em um único nível, 10658 10659 (99,17m).

Um total de 11 táxons de palinórfos foram identificados, cinco relativos a esporos, três a grãos de pólen gimnospérmicos, três a angiospermas, quatro de elementos algálicos (?Dinophyceae, Prasinophyceae e Clorophyceae), um ?palinoforaminífero e cinco esporos indeterminados de fungos. Comparativamente, esporos do gênero *Cicatricosisporites* são particularmente mais bem representados, seguidos por espécimes de grãos de pólen dos gêneros *Equisetosporites* e *Gnetaceapollenites*. Os demais componentes são escassos e/ou representados por únicos espécimes.

A associação palinológica encontrada neste trabalho, bem como sua distribuição estratigráfica na seção aflorante e nas amostras de subsuperfície encontra-se disposta na lista de táxons apresentada na tabela 1. Alguns táxons não apresentam bom estado de conservação deixando sua classificação ainda aberta (conforme observações), entretanto possibilidades de interpretação são propostas. Os táxons encontram-se ilustrados nas figuras 3 e 4.

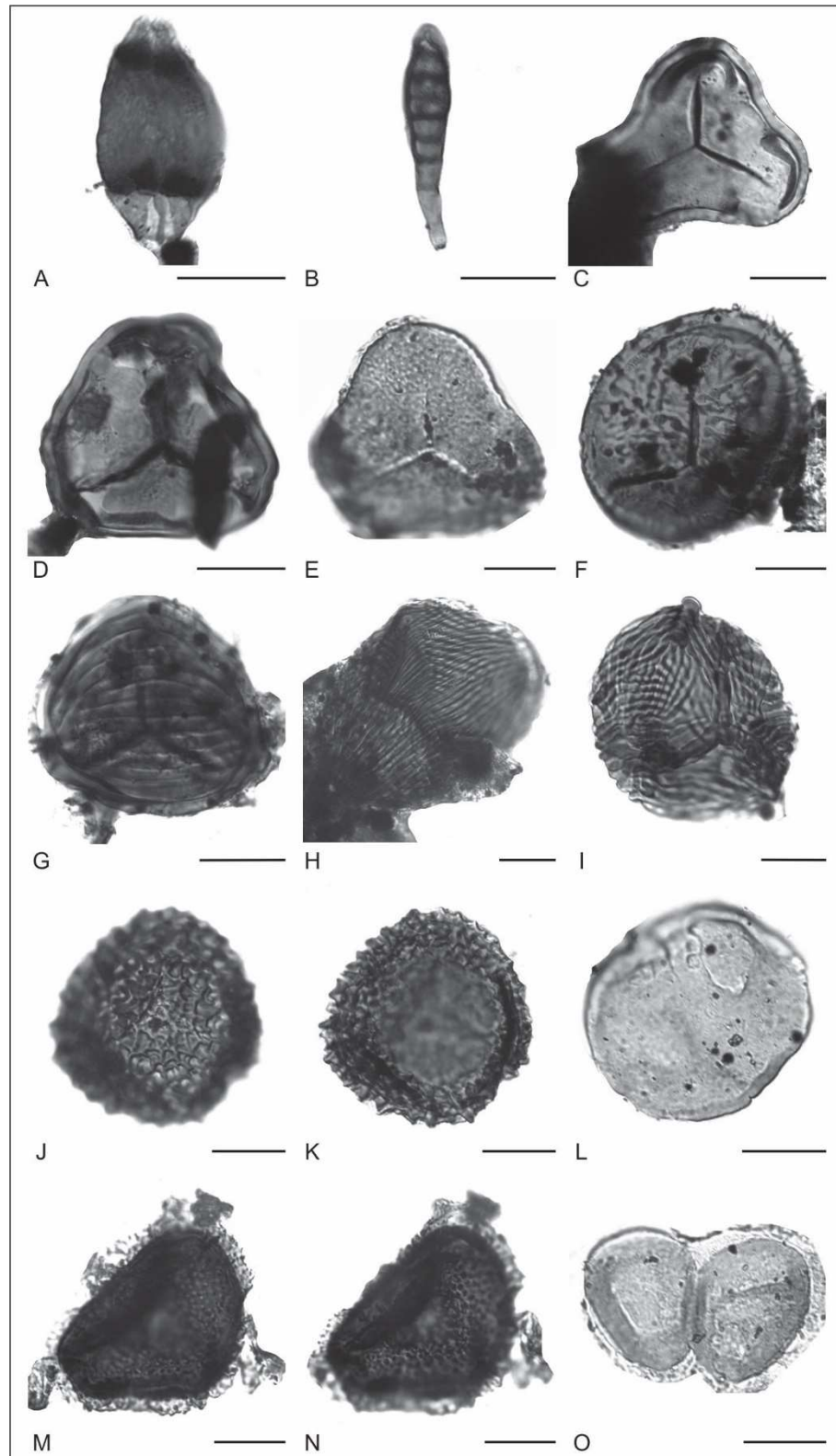


Figura 3- Fotomicrografias de palinomorfos seleccionados. **a.** *Diporisorites* sp. (lámina MP-P 10666, coordenada England Finder B52-2). **b.** Esporo de fungo indeterminado (MP-P 8017, Z31-3). **c.** *Cyathidites australis* (MP-P 10663, M35-2). **d.** *Cyathidites australis* (MP-P 10663, L54-2). **e.** *Cyathidites punctatus* (MP-P 8003, Q22-2). **f.** *Pilosisorites* spp. (MP-P 8017, E22-2). **g.** *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 10663, E39-3). **h.** *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 10663, T53-2). **i.** *Cicatricosisporites* spp. (MP-P 8003, V45-4). **j-k.** *Klukisorites scaberis* (MP-P 10659, B42-3). **l.** *Inaperturopollenites* spp. (MP-P 10671, K41-4). **m-n.** *Aequitriradites* spp. (MP-P 10659, Q60-1). **o.** *Dicheiropollis etruscus* (MP-P 8003, X43-4). Escala gráfica equivalente a 20 μ m).

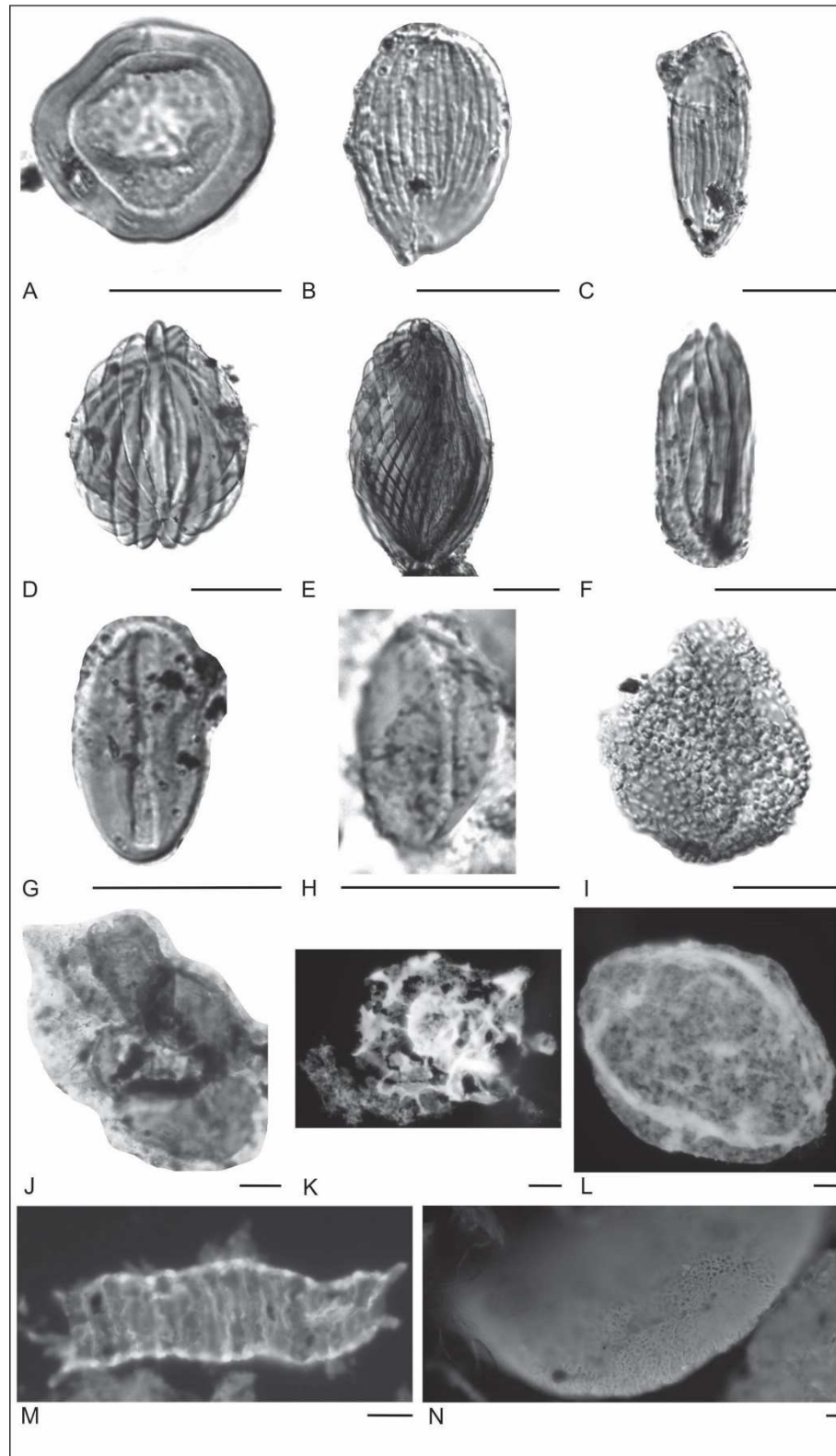


Figura 4 - Fotomicrografías de palinomorfos seleccionados. **a.** *Classopolis* sp. (lámina MP-P 10662, coordenada England Finder J58-1). **b.** *Equisetosporites subcircularis* (MP-P 8004, J48-3). **c.** *Equisetosporites* spp. (MP-P 10663, G48-3). **d.** *Gnetaceaepollenites jansonii* (MP-P 10671, K42-2). **e.** *Gnetaceaepollenites jansonii* (MP-P 10659, U43-4). **f.** *Gnetaceaepollenites* spp. (MP-P 10666, N42-2). **g.** *Eucommiidites* spp. (MP-P 10668, O35-2). **h.** *Eucommiidites* spp. (MP-P 8017, B37-4). **i.** *Stellatopollis* sp. (MP-P 10659, D43-4). **j.** ?Palinoforaminífero (MP-P 10478, K43-4). **k.** ?*Dinoflagellata* (MP-P 8028, S44-3). **l.** *Prasinophyceae* (MP-P 8028, T42-1). **m.** *Scenedesmus* (MP-P 10715, S40-3). **n.** *Botryococcus* (MP-P 10666, K52-1). Escala gráfica equivalente a 20 μ m).

DISCUSSÕES

BIOESTRATIGRAFIA E PALINOZONEAMENTO

Através da identificação da espécie guia *Dicheiropollis etruscus* Trevisan (1971) posiciona a unidade na zona biostratigráfica P-180 de Regali & Viana (1989) descrita em Arai *et al.* (1989), no final do andar Buracica. Sua extensão, estabelecida com base em eventos em todo o mundo, corresponde ao intervalo entre o Berriasiano ao Aptiano. Assim, para o presente trabalho é admitido para a Formação Morro de Chaves a idade entre ~145,0 Ma a 119,0 Ma.

Com base nos trabalhos de Regali *et al.* (1974), Depeche *et al.* (1986), Arai *et al.* (1989) e Herngreen *et al.* (1996), os quais apresentam a ocorrência de *Dicheiropollis etruscus* em todo o Brasil, pode-se estabelecer uma correlação temporal para a unidade, definindo assim a sua idade com maior precisão, colocando-a mais restrita ao andar Buracica e Jiquiá Inferior, no Cretáceo Inferior.

Conforme Antonioli *et al.* (2004, 2009) e (G. Garcia *et al.*, 2013) como referências de estudos palinológicos desenvolvidos anteriormente na Formação Morro do Chaves, procede-se uma análise comparativa com os resultados deste trabalho, conforme exposto no quadro 1. Observa-se gêneros inéditos para a unidade apresentados desde G. Garcia *et al.* (2013), entretanto ainda deixa a desejar em termos de bons fósseis guias para interpretações bioestratigráficas e preservação dos mesmos.

Quadro 1: Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira InterCement citados por Antonioli *et al.* (2004), Antonioli *et al.* (2009), G. Garcia *et al.* (2013) e aqueles registrados neste trabalho. Observa-se que 13 novos táxons puderam ser acrescentados a partir de G. Garcia *et al.* (2013).

	Antonioli <i>et al.</i> (2004)	Antonioli <i>et al.</i> (2009)	G. Garcia <i>et al.</i> (2013)	Este trabalho
Esporos			<i>Biretisporites</i>	
	<i>Deltoidospora</i>	<i>Deltoidospora</i>	<i>Deltoidospora</i>	
			<i>Cyathidites</i>	<i>Cyathidites</i>
	<i>Concavisporites</i>	<i>Concavisporites</i>		
	<i>Leptolepidites</i>	<i>Leptolepidites</i>		

Quadro 1: Comparativo dos táxons provenientes da Pedreira InterCement citados por Antonioli *et al.* (2004), Antonioli *et al.* (2009), G. Garcia *et al.* (2013) e aqueles registrados neste trabalho. Observa-se que 13 novos táxons puderam ser acrescentados a partir de G. Garcia *et al.* (2013).

	Antonioli <i>et al.</i> (2004)	Antonioli <i>et al.</i> (2009)	G. Garcia <i>et al.</i> (2013)	Este trabalho
Esporos	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Verrucosisporites</i>	
	<i>Apiculatisporis</i>	<i>Apiculatisporis</i>		
			<i>Pilosisorites</i>	<i>Pilosisorites</i>
	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Cicatricosisporites</i>
			<i>Appendicisporites</i>	
				<i>Klukisorites</i>
	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>	<i>Aequitriradites</i>
			<i>Densoisorites</i>	
	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>	<i>Inaperturopollenites</i>
	<i>Araucariacites</i>	<i>Araucariacites</i>		
	<i>Dicheiopollis</i>	<i>Dicheiopollis</i>	<i>Dicheiopollis</i>	<i>Dicheiopollis</i>
			<i>Circulina</i>	
	<i>Classopollis</i>	<i>Classopollis</i>		<i>Classopollis</i>
	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>	<i>Equisetosporites</i>
	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>	<i>Gnetaceaepollenites</i>
	<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>	<i>Eucommiidites</i>
	<i>Stelatopollis</i>		<i>Stelatopollis</i>	
<i>Transitoripollis</i>	<i>Transitoripollis</i>			
Fungos				<i>Diporisporites</i>
			Esporos de fungos indeterminados	Esporos de fungos indeterminados
Algas				<i>Botryococcus</i>
				? <i>Dinoflagellata</i>
				<i>Prasinophyceae</i>
				<i>Scenedesmus</i>
Palinoforaminífero				? Palinoforaminífero

Antonioli *et al.* (2004, 2009) com base na associação conjunta das espécies *Dicheiropollis etruscus*, *Aequitriradites spinulosus* e *Transittoripollis crisopolensis*, posicionam a Formação Morro do Chaves no Barremiano Superior (~129,4 a 125,0 Ma), correspondendo ao intervalo entre as zonas P-180 e P-220 (Regali & Viana 1989), compreendendo o período entre os andares Aratu Superior e Jiquiá Inferior (Beurlen *et al.*, 1994), sendo este posicionamento ainda o mais preciso para a unidade.

AMBIENTE DEPOSICIONAL

A partir das recuperações palinológicas realizadas, apesar de escassas, foram observados espécimes da flora continentais (conteúdo pólen-esporos) juntamente com uma associação interessante de possíveis constituintes aquáticos. A associação de esporos e grãos de pólen descritas na tabela 1 não gera dúvida quanto as suas classificações, assim como as classificações dos espécimes de *Botryococcus* spp., *Prasinophyceae* spp. e *Scenedesmus* spp., as quais também não há questionamentos quanto a classificação. Entretanto as classificações do espécime de dinoflagelado e do espécime de palinoforaminífero permanecem ainda com dúvidas quanto as suas corretas classificações, sendo um dos motivos terem sido encontrados apenas um exemplar de cada, e outro motivo por não ser observado as características definidoras de cada grupo. As condições para preservação de constituintes orgânicos não foram favoráveis, observado na baixa recuperação de material nos resíduos palinológicos processados, restando em alguns casos apenas um exemplar de alguns táxons, mesmo tendo se replicado o número de lâminas de cada nível.

Tendo como base a argumentativa descrita acima, a associação palinológica, para a área de estudo, encontra-se em um contexto de sedimentação transicional. A Formação Morro do Chaves é assim reconhecida como depositada em ambiente aquático, o que pode ser entendido como parte de um grande lago ou lagoa, localizada em zona de baixa elevação, nas

proximidades de zonas costeiras, estando esta zona costeira ainda rodeada por áreas elevadas, de onde aportavam os fluxos de sedimentos terrígenos que se intercalam aos depósitos calcários (G. Garcia, 2012).

A partir da associação palinológica reconhece-se que estes corpos d'água estavam situados em uma planície, com plantas herbáceas, cercada por regiões montanhosas remotas, onde uma vegetação de porte arbóreo se pode implantar. Apesar do grande volume de água local e ocasionalmente presentes, a zona climática onde estes depósitos tem suas origens era caracterizada por um clima quente árido. Fortes enchurradas esporádicas potencialmente traziam grandes quantidades de material siliciclástico para dentro do corpo aquoso, onde se depositavam os sedimentos carbonáticos, resultando nos depósitos de arenitos e pelitos intercalados com as rochas carbonáticas coquinóides (G. Garcia 2015).

As análises em microscópio óptico sob luz fluorescente permitiram alguns progressos sobre as questões paleoambientais desta unidade. Em alguns níveis identificaram-se vesículas de algas pré-classificadas como possíveis "ficomas" de algas da classe Prasinophyceae, identificadas em dois níveis localizados na parte superior da secção da cava da pedreira. O habitat da classe Prasinophyceae é possível marinho, no entanto também há registros em ambientes de água doce ou salobra (Tappan, 1980). Estes elementos podem ser encontrados em depósitos proximais (áreas rasas de lagos e delta) e sedimentos marinhos.

Além de classe Prasinophyceae, outros táxons identificados apoiam a idéia de um ambiente com certa contribuição de água salobra, presente ao menos durante a deposição de alguns intervalos da Formação Morro do Chaves (Figura 5). A identificação da provável espécie de palinoforaminífero e de dinoflagelado, corroboram com esta idéia, bem como, a presença de organismos como *Scenedesmus* e *Botryococcus*, organismos que toleram certa salinidade. Reafirmando assim a probabilidade de influência marinha e/ou salobra no Cretáceo Inferior

no setor norte do Bacia de Sergipe-Alagoas. Com estes novos dados, associados aos trabalhos de Thompson (2013), Ferreira & Langer (2013) e Romano *et al.* (2014), podemos aproximar a unidade ao modelo paleogeográfico proposto por Arai (2009), onde discute a entrada de águas Thetianas ao norte do continente Sul-americano.

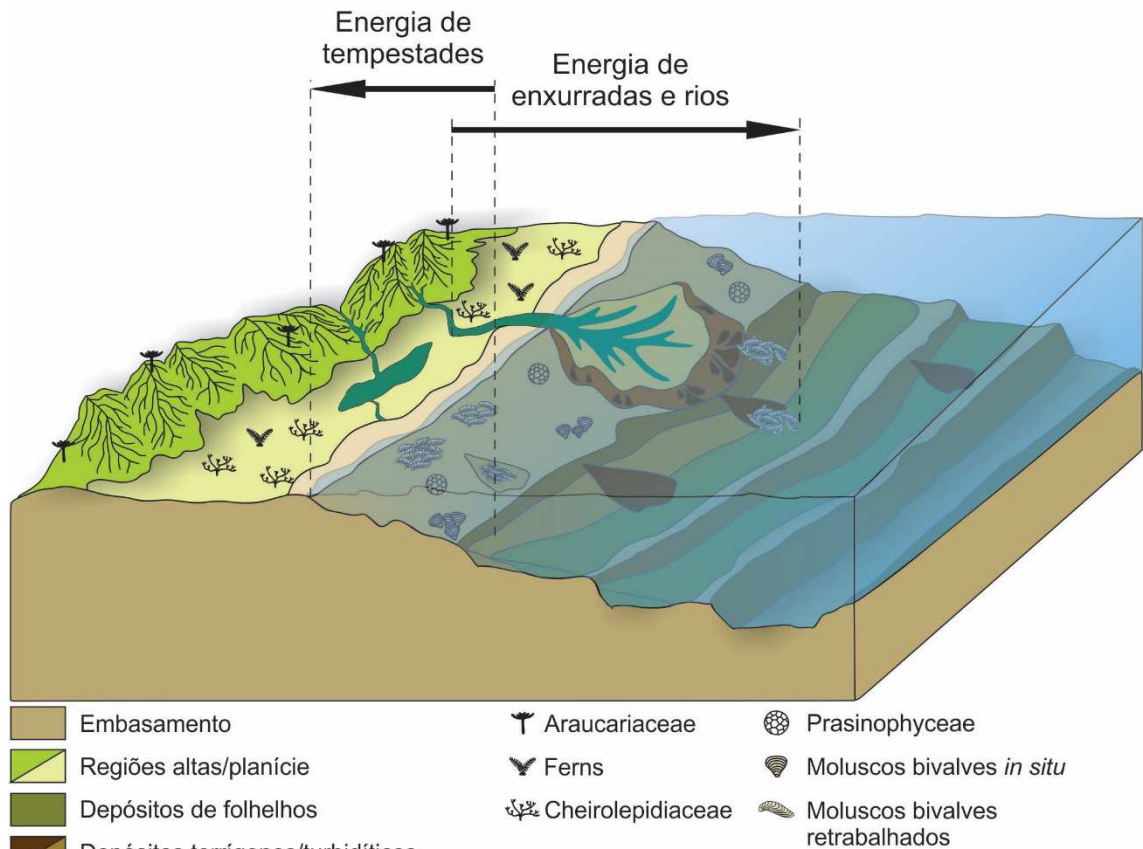


Figura 5 – Modelo paleoambiental considerando o conteúdo palinológico, a fonte de energia deposicional e alguns aspectos tafonômicos.

A grande quantidade de matéria orgânica amorfa é coerente com a idéia de um ambiente de baixa energia e baixo oxigênio. Além disso, o fato de muitos dos níveis conterem agregados de pirita de até 8,0 cm, indicando um ambiente eo-diagenético redutor, induzido pela presença de matéria orgânica nos sedimentos. Mesmo que esta situação de diagênese seja pós-deposicional, a presença de agregados de pirita dentro de alguns organismos preservados (por exemplo, *Scenedesmus* e *Botryococcus*) sugere uma condição redutora imediatamente após a deposição, por conseguinte, influenciada pelo contexto de fluidos do ambiente sin-deposicionais (eo-diagênese). A matéria orgânica amorfa no material analisado mostrou um

alto grau de fluorescência em alguns níveis, levantando uma questão importante relacionada com o nível de fluorescência e sua fonte. A MOA fluorescente tem sido atribuído como um resultado de biodegradação de organismos marinhos (Gregory *et al.*, 1991 e Tyson, 1995).

Conforme já mencionado, Tavares *et al.* (2015) propõem um novo modelo para a Formação Morro do Chaves mantendo o seu contexto lacustre. Mencionam entretanto a existência de um lago maior, durante períodos de transgressão com pontos isolamento durante períodos de seca, o que, segundo estes autores, favoreceria a deposição de folhelhos ricos em matéria orgânica. Estas considerações, entretanto parecem confusas e contraditórias, sem que seja reconhecida a presença de um verdadeiro ambiente marinho nas imediações da área de deposição das coquinas, amplo o suficiente para manifestar a presença de ondas de tempestades, causadas pela ação dos ventos sobre sua superfície aquática, haja visto que processos de tempestades são atribuídos a alguns depósitos de coquinas da unidade.

Considerando o papel dos folhelhos intercalados as coquinas como crucial para o entendimento da dinâmica deposicional neste contexto “transicional”, necessitando de distinções entrefolhelhos de natureza mais lacustres daqueles de influência marinha. Requerendo a realização de uma análise estratigráfica mais refinada e relacionando cada folhelho com o seu significado evolutivo, associando a presença de cada pacote com o que esta abaixo e acima dele, pois isso pode esclarecer melhor o que se segue a cada "ciclo transgressivo". Precisa ser esclarecido o papel do aumento do lago causado por chuvas e consequente aporte de areias, ou uma real transgressão causada pelo aumento do nível do mar, proveniente de regiões mais a norte da área de deposição. Só assim o modelo deposicional realmente poderá se tornar robusto, pois terá seu detalhamento realizado a partir de um refinamento do estudo das fácies em cada perfil e correlacionado regionalmente.

PALEOGEOGRAFIA

Mapas paleogeográficos apresentados por Torsvik & Cocks (2004) mostram que entre 130 e 110 Ma a conexão entre o Thetis e do Atlântico se encontrava aberta, o que pode ter permitido o acesso de águas oceânicas a partir de norte para o sul, ao longo da futura margem equatorial brasileira, e em todas as áreas rebaixadas do continente, localizadas no setor norte do Gondwana, resultando em um avanço de águas do Thetis sobre as áreas continentais deprimidas (*seaways*). Esta possibilidade de entrada de água do Thetis na altura do Nordeste do Brasil já pode ser observada no trabalho de Golonka et al. (1974). Assim, as águas marinhas relativamente rasas poderiam ter coberto parte do continente do Cretáceo Inferior ao Barremiano em alguns períodos.

Durante a fase de deriva continental, ocorre finalmente o início da influência permanentemente marinha Atlântica, portanto, há cerca de 115 milhões de anos atrás, durante o Albiano, com a instalação da sedimentação carbonática e mista da Formação Riachuelo, em Sergipe. Souza Lima (2008), chama a atenção para o fato de que os novos dados indicam que durante os estágios finais da fase sin-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas, desde o andar Aratu ao Eo-Alagoas, portanto incluindo o Barremiano e o Eo-Aptiano, incursões marinhas episódicas podem ter sido freqüentes na sub-bacia Alagoas.

Arai (2009) considera seguro admitir que a ligação eficaz das águas do Atlântico Sul com o Atlântico Norte/Central tenha ocorrido desde o Aptiano (125,0-112,0 Ma) até o Maastrichtian (70,6-65,5 Ma) (Dias Brito, 1987). Arai (2009) também considera que os novos dados paleontológicos, combinados com análise paleobiogeográfica, permite atribuir invasões marinhas do norte (Thetis/Mid-Atlantic) influenciando assim na formação das primeiras bacias evaporíticas brasileiras no Aptiano.

As amostras analisadas neste estudo, em conjunto com dados e interpretações de outros trabalhos (ex. Thompson, 2013) baseados nestas unidades, levam a uma forte evidência de ingressões marinhas provenientes de norte até a porção norte da Bacia de Sergipe-Alagoas. Assim, descrevendo a presença de águas do Mar de Thetis/águas do Atlântico Central em baixos estruturais e topográficos da porção norte do continente sul-americano antes da ruptura.

Para o estabelecimento destas conclusões devem ser considerados os aspectos paleogeográficos globais mencionados acima, além de outros organismos encontrados no mesmo afloramento estudado por outros autores, tais como Thompson (2013) e Ferreira & Langer (2013), os quais identificam a origem Thetiana. Assim, as configurações paleogeográficas regionais neste intervalo de tempo geológico só permitem considerar a abertura para fontes de águas marinhas invadirem o continente sul-americano provenientes de norte (Figura 6).

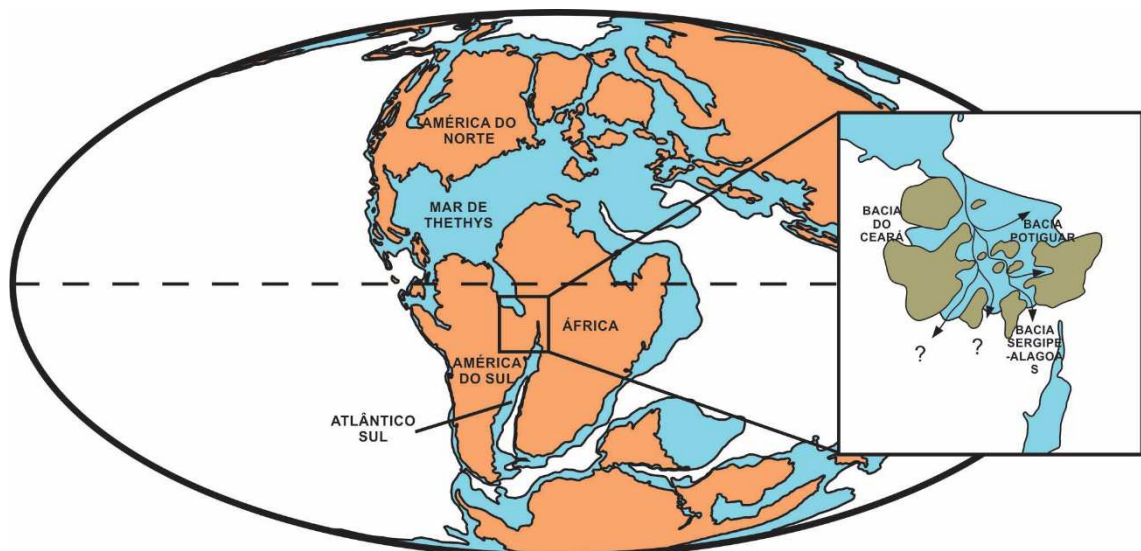


Figura 6 – Mapa paleogeográfico proposto neste trabalho, Neocomiano, destacando os altos estruturais mapeados nas bacias costeiras e interiores do nordeste brasileiro (modificado de Frisch et al., 2011).

Embora tenha sido revelado neste trabalho um baixo nível de conservação do material encontrado na unidade, bem como uma baixa abundância de espécies, acredita-se que a continuidade da abordagem micropaleontológica pode trazer novos dados e importantes

elementos para o melhor entendimento do quadro paleobiogeográfico desta unidade, no contexto da transição a partir do domínio continental para o domínio marinho no Nordeste do Brasil.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos ao longo do presente estudo, ainda que preliminares no contexto dos estudos em desenvolvimento, pode-se apresentar uma primeira tentativa de reconstrução paleoambiental e paleogeográfica para os depósitos da Formação Morro do Chaves na porção norte da Bacia Sergipe-Alagoas.

Sendo assim, conclui-se que:

- O modelo deposicional proposto considera “irregularidades” de fundo, decorrentes da estruturação em blocos basculados, comuns para a fase rifte;
- O modelo considera o nível do corpo d’água variável, sendo controlado por chuva e/ou invasão marinha;
- O modelo pressupõe que para ocorrer “ondas de tempestades” seja requerido ventos sobre uma ampla superfície aquática;
- O modelo considera o contexto paleo-geográfico regional como ponto favorável a possibilidade de invasão marinha proveniente de norte (Atlântico Central/Tethys)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Paulo Alves de Souza, pelo auxílio e orientação na elaboração deste artigo. Ao colega Eduardo Premaor, pelo apoio. Ao Laboratório PROGEOLOGIA pelo apoio de campo e a toda sua equipe pelas discussões a respeito da evolução da Bacia Sergipe-Alagoas. Ao Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo pela disponibilidade de infraestrutura para a realização das preparações palinológicas. Ao Prof. Paulo Tibana pela orientação e ensinamentos em rochas carbonáticas.

REFERÊNCIAS

1. ANTONIOLI, L.; DINO, Rodolfo; GALLO, V. Palinologia de amostras da Pedreira do Atol, Formação Coqueiro Seco, Membro Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas (NE), Brasil.. In: Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, 11, 2004, Gramado. RPP - XI Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, 2004. v. 11. p. 5-5.
2. ANTONIOLI, L.; Gallo, V.; DINO, R. Palinomorfos Barremianos e Peixes Associados em sedimentos da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe Alagoas, Nordeste do Brasil. In: XXI Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, 2009, Belém. **Resumo...** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009, p. 22.
3. ARAI, M.; HASHIMOTO, A. T.; UESUGUI, N. Significado Cronoestratigráfico da Associação Microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 3 n. 1/2, p. 87-103, 1989.
4. ARAI, M. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 17, n. 2, p. 331-351, 2009.
5. AZAMBUJA FILHO, N. C. de.; ARIENTI, L. M.; MELLO, M. R. Sedimentological and geochemical evidence of high frequency climatic cycles controlling the deposition of source and reservoir rocks in Lower Cretaceous rift lake of the Sergipe-Alagoas Basin, Brazil. **Extended Abstract...** AAPG Annual Convention, 1998, Salt lake City. 1998, v. 1, p. 20.
6. AZEVEDO, R. L. M. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 12, n. 2, p. 231-249, 2004.
7. BEURLIN, G.; CAMPOS, D. A.; VIVIERS, M. C. **Stratigraphic Range of Cretaceous Mega- and Microfossils of Brazil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências, 407 p., 1994.
8. CAMPOS NETO, O.P.; SOUZA-LIMA, W.; CRUZ, F.E. Bacia Seripe-Alagoas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. Rio de Janeiro. V. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.
9. CAPELESSO, E. W. & MALABARBA, M. C. S. L. Primeiro Registro de dinossauro Theropoda da Formação Morro do chaves, Bacia Sergipe-Alagoas. In: Salão de Iniciação Científica PUCRS, 13, 2012, Porto Alegre, Livro de Resumos... (on-line), 2012.
10. DIAS-BRITO, D. A Bacia de Campos no Mesocretáceo: uma contribuição à paleoceanografia do Atlântico Sul primitivo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 162-167, 1987.

11. DEPECHE, F.; CAMPOS, D.; BERTHOU, P. Y. Mise em évidence du Barrémien dans la Série de Reconcavo (Etat de Bahia, Brésil): apport des ostracodes, des spores et des polens. *Revue de Micropaléontologie*, v. 29, n. 2, p. 93-102, 1986.
12. DUNHAM, R. J. **Classification of carbonate rocks according to depositional texture**. In: Ham, W.E. (ed) *Classification of carbonate rocks*. Tulsa. AAPG Memoir 1, p.108-122, 1962.
13. FERREIRA, G. S. & LANGER, M. C. A pelomedusoid (Testudines, Pleurodira) plastron from the Lower Cretaceous of Alagoas, Brazil. *Cretaceous research*, v. 46, p. 267-271, 2013.
14. FOLK, R. L. **Spectral subdivision of limestones types**; In Harm, W.E. (ed) *Classification of carbonate rocks*. Tulsa. AAPG Memoir 1, p. 62-85, 1959.
15. GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; PETRA, R.; RAMOS, R. R. C.; MASSA, R. S.; PAGNONCELLI, D. & ANTONIOLI L. Novas ocorrências de †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) na Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, NE do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, 2009a, Belém. **Resumo...** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009a, v. 21, p. 178-179.
16. GALLO, V.; SILVA, H. M. A.; RAMOS, R. R. C.; PETRA, R.; ROMANO, P. S. R. A tartaruga Pleurodira mais antiga do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, 2009b, Belém. **Resumo ...** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009b, p. 180.
17. GALLO, V. A paleoictiofauna marinha das bacias marginais brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 21, 2009c, Belém. **Resumo...** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009c, p. 266.
18. GALLO, V.; CARVALHO, M. S. S.; SANTOS, H. R. S. New occurrence of †Mawsoniidae (Sarcopterygii, Actinistia) in the Morro do Chaves Formation, Lower Cretaceous of the Sergipe-Alagoas Basin, Northeastern Brazil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cinc. Nat.**, v. 5, n. 2, p.195-205, 2010.
19. GARCIA, A. J. V.; RIBEIRO, D. D. M.; FIGUEIREDO, S. A. S. T.; DANTAS, M. V. S.; OLIVEIRA, I. C.; SANTOS, K. A. L.; GARCIA, G. G. 2015. 3D Modeling of Carbonate Reservoir Analogue Outcrops using Camures Methodology, Sergipe-Alagoas Basin (SEAL), NE, Brazil. In: AAPG Annual Convention & Exhibition, 2015, Denver. ACE 2015, 2015.
20. GARCIA, G. G. **Análise do conteúdo palinológico da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas e seu significado bioestratigráfico e paleoambiental**. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 123, 2012.
21. GARCIA, G. G.; SOUZA, P. A.; PREMAOR, E.; GARCIA, A. J. V.; PONTES, N. V. Novos dados palinológicos da Formação Morro do Chaves (Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas). In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23, 2013, Gramado. **Resumo...** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2013, p. 125
22. GARCIA, G. G.; MELO, T. M. S.; GARCIA, A. J. V.; DANTAS, M. V. S.; SANTOS, K. A. L.; FIGUEIREDO, S. A. S. T.; ROCHA, L. L. Atributos permo-porosos e tafonômicos das coquilhas da Formação Morro do Chaves, Cretáceo Inferior, Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 8, 2015, Curitiba **Resumo Expandido...** Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, 2015, p 46.
23. GOLONKA, J.; ROSS, M. I. and SCOTSE, C. R. Phanerozoic Paleogeographic and Paleoclimatic modeling maps. In: **PANGAEA: Global Environments and Resources**. Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir 17, p. 1-48, 1994.
24. GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A. & CUMMINS, K. W. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. University of California Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences. **BioScience**, v. 41, n. 8, p. 540-551, 1991.

25. HERNGREEN, G.F.W.; KEDVES, M.; ROVNINA, L.V. & SMIRNOVA, S.B. 1996. Chapter 29. **Cretaceous palinoflora provinces: a review**. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Eds.). *Palynology: principles and applications*; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v. 3, p. 1157-1188, 1996.
26. KINOSHITA, E. M. **Modelagem sísmica-geométrica de Fácies dos Carbonatos lacustres do Mb Morro do Chaves, Bacia de Sergipe-Alagoas**. Curitiba, 2007. 97 p. Tese (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geologia, Universidade Federal do Paraná.
27. MAFFIZZONI, A. F. **Paleoictiofauna da Formação Coqueiro Seco Aptiano Inferior do Estado de Alagoas Nordeste do Brasil**. Porto Alegre, 2000. 149 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
28. MOTTA, F. A.; MALABARBA, M. C. S. L. Primeiro Registro de Pterossauro da Bacia Sergipe-Alagoas. In: Salão de Iniciação Científica, 12, 2011, Porto Alegre, Livro de **Resumos...** ISSN: 2175-6465 (on-line), 2011.
29. NOGUEIRA, M.S.; LEMOS, V. B.; TERRA, G.J.S. As “coquinas” do membro Morro do Chaves, Cretáceo, Inferior da Bacia de Alagoas, e seu potencial para reservatório de petróleo. In: ABPG, Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás, 2, 2003, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos ...** 2003, v.1, p.35.
30. REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A. S. Palinologia dos sedimentos mesocozóicos do Brasil I. **Boletim Técnico da PETROBRAS**, v. 17, n. 3, p. 177–191, 1974.
31. REGALI, M. S. P. & VIANA, C. F. Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil: idade e correlação com a escala internacional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. SEDES. 95 p., 1989.
32. ROMANO, P. S. R., GALLO, V., RAMOS, R. R. C. and ANTONIOLI, L. *Atolchelys lépida*, a new side-necked turtle from the Early Cretaceous of Brazil and the age of crown Pleurodira. **Biol. Lett.** 10: 20140290, 2014.
33. SCHALLER, H. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.
34. SOUZA-LIMA, W. Seqüências evaporíticas da bacia de Sergipe-Alagoas. In: WEBSTER U. MOHRIAK; PETER SZATMARI; SYLVIA M COUTO ANJOS. (Org.). **Sal: Geologia e Tectônica**. 1ª ed. São Paulo: Editora Beca, v. 1, p. 231-249, 2008.
35. TAPPAN, H. **The Paleobiology of Plants Protists**. Freeman, San Francisco, CA 1028p, 1980.
36. TAVARES, A. C.; BORGHI, L.; CORBETT, P.; NOBRE-LOPES, J.; CÂMARA, R. Facies and depositional environments for the coquinhos of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 3, p. 415-429, 2015.
37. THOMPSON D. L. The stratigraphic architecture and depositional environments of non-marine carbonates from Barremian-Aptian Pre-Salt strata of the Brazilian continental margin. PhD Thesis, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia, 277 p, 2013.
38. TORSVIK, T.H. & COCKS, L.R.M. Earth geography from 400 to 250 million years: a palaeomagnetic, faunal and facies review. **Journal Geol. Soc. Lond.** v. 161, 555-572, 2004.
39. TREVISAN, L. 1971. Dicheiopollis, a pollen type from Lower Cretaceous sediments of Southern Tuscany (Italy), Paris. **Pollen et Spores**, v. 13 n. 4, p. 561-596, 1971.
40. TYSON, R. V. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies.*: Chapman & Hall, London. 615 p, 1995.
41. WOOD, G.D.; GABRIEL, A.M.; LAWSON, J.C. 1996. Palynological techniques - processing and microscopy. In: Jansonius, J. & McGregor, D. C. (Edt.), **Palynology: Principles and Applications**, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v. 1, p. 29-50, 1996.