



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO**  
**PROGRAMA DE CIÊNCIAS NATURAIS**

**SARA BORGES PEREIRA**

**TAXONOMIA DE ALGAS FOSSILÍFERAS CRETÁCEAS DA  
FORMAÇÃO SANTANA, EM ROCHAS ORNAMENTAIS, NO  
MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA**

**Santarém**

**2019**

**SARA BORGES PEREIRA**

**TAXONOMIA DE ALGAS FOSSILÍFERAS CRETÁCEAS DA  
FORMAÇÃO SANTANA, EM ROCHAS ORNAMENTAIS, NO  
MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura Integrada em Biologia e Química – Modalidade Biologia para obtenção do título de licenciado em Biologia.

Universidade Federal do Oeste do Pará

**Orientador (a):** Dr<sup>a</sup>. Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira

**Santarém**

**2019**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema  
Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

P436t Pereira, Sara Borges

Cretáceas da Formação Santana, em rochas ornamentais, no município de Santarém-Pará. / Sara Borges Pereira. – Santarém, Pará, 2019.

47fls.:il.

Inclui bibliografias.

Orientadora: Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Licenciatura em Biologia.

1. Formação Santana. 2. Membro Crato. 3. Algas fósseis I. Oliveira, Geize Carolinne Correia Andrade, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 553.6

**SARA BORGES PEREIRA**

**TAXONOMIA DE ALGAS FOSSILÍFERAS CRETÁCEAS DA  
FORMAÇÃO SANTANA, EM ROCHAS ORNAMENTAIS, NO  
MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura Integrada em Biologia e Química – Modalidade Biologia para obtenção do título de licenciado em Biologia.

Universidade Federal do Oeste do Pará

**Orientador (a):** Dr<sup>a</sup>. Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira

Conceito: *Aprovada*

Data de Aprovação: 09/12/2019

*Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira*  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira – Orientadora  
Universidade Federal do Oeste do Pará

*Christiane do Nascimento Monte*  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Christiane do Nascimento Monte  
Universidade Federal do Oeste do Pará

*Thaís Elias Almeida*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Thaís Elias Almeida  
Universidade Federal do Oeste do Pará

*Dedico a todos da minha família,  
especialmente aos meus amados pais,  
Carlos Alberto dos Santos Pereira e  
Celiana Socorro Borges Pereira, por  
toda cobertura de bênção ao longo da  
minha vida.*

*...Dedico...*

## AGRADECIMENTOS

GRATIDÃO!!!

À Deus, em primeiro lugar. Obrigada! DEUS, por toda permissão nesse percurso, sem a tua Graça e a tua Misericórdia nada seria possível.

Sou eternamente grata, a minha família, principalmente toda bênção de autoridade que me foi dada pelo céu, meu pai Carlos Alberto dos Santos Pereira e minha mãe Celiana Socorro Borges Pereira, não tenho palavras que possam definir a minha gratidão por vocês, espero um dia poder retribuir em atos tudo que vocês fizeram e fazem por mim. As minhas irmãs, Carla Vasconcelos e Mirian Martins e seus respectivos cônjuges Janssen Vasconcelos e Doval Martins, e a minha amada sobrinha Jennifer Vasconcelos, obrigada por todo cuidado.

Aos meus avós, Carlos e Cenira, tios (as) e primos (as), quando estamos juntos é diversão na certa, obrigada por me tratarem com tanto amor.

Aos amigos e integrantes da minha célula HOPE e a amiga de longa data Denny Castro, obrigada pelas orações e cuidado comigo.

A UFOPA e toda comissão do PCNAT, a todos os Professores, especialmente aos professores do CFI, ao corpo Docente de Biologia e ao Programa de Iniciação à Docência (PIBID), obrigada por toda fonte de ensino!

As oportunidades e ensinamentos que obtive no estágio Supervisionado I e II com as Professora Solange Marques e Professora Priscila Veiga, por mais professores assim, meu eterno carinho e admiração!

As turmas M5, Formação II, Biologia e Química 2014, principalmente a turma de biologia Daniele, Cassia, Darliane, Fabiana, Jady, Eliane, Ingrid, Maxwell, Kelves, Welington, Andrey, Arlisson, Josué e Victor. Vocês são demais, todo sucesso!

Aos discentes da Geologia (IEG) João e Mateus, obrigada por toda ajuda que vocês me deram, sem hesitar.

À minha banca, Professores Dr<sup>a</sup> Christiane do Nascimento Monte (IEG) e Dr<sup>a</sup> Thais Elias Almeida (ICED), obrigada por aceitar meu convite com tanto carinho.

Ao Professor Dr Rick Souza de Oliveira, muito honrada com suas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho, sou intensamente grata.

Especialmente, todo reconhecimento a minha orientadora Professora Dr<sup>a</sup> Geize Carolinne Correia Andrade Oliveira, este trabalho só foi possível, por toda paciência, explicações, correções e é claro todo seu comprometimento, qualidade pessoal e profissional, o meu muito obrigada, desejo o melhor de Deus na sua vida, meus sinceros votos e felicitações, que seu lar seja um pedacinho do céu.

A todos que contribuíram para o meu crescimento e conhecimento nessa trajetória, me esclareçam dúvidas e me proporcionaram a oportunidade de concretizar esta dissertação.

A todos que intercederam direta e indiretamente nesse trajeto como pessoa e como discente. Fica registrado aqui, o meu muito obrigada.

A conquista é nossa!

*"Se alguém quiser acompanhar-me, negue-se a si mesmo, tome a sua cruz e siga-me. Pois quem quiser salvar a sua vida, a perderá; mas quem perder a sua vida por minha causa e pelo evangelho, a salvará" (Marcos 8: 34-35).*

*"Às vezes eu olho para cima, sorrio e digo:" eu sei que foi você, DEUS. Obrigada!*

## RESUMO

A Bacia do Araripe, localizada no Nordeste do Brasil, possui riqueza abundante em relação aos seus registros fósseis. A Pedra Cariri, apresenta inúmeros registros de organismos fósseis, dentre estes, o de importância neste trabalho, o de abundantes fragmentações de algas, em seu aspecto visual. Por estes aspectos e outros, suas rochas são extraídas e vendidas como produto final para rochas ornamentais. No município de Santarém -PA, este tipo de rochas aparece como rochas de revestimento em muros, calçadas, bordas de piscina, dentre outros. Diante do estudo, foram encontrados quatro pontos distintos de rochas de revestimento que possuem inúmeros fragmentos de algas. Amostras de rochas ornamentais foram coletas em marmorarias para análises de macro e micro visualizações em laboratório, resultando na identificação taxonômica de algas fósseis como do Gênero *Codium* e Gênero *Oedeogonium*, oriundas de ambiente lagunar, formação Santana.

**Palavras-Chave:** Formação Santana. Membro Crato. Algas fósseis. Santarém – Pa.

## ABSTRACT

The Araripe Basin, located in northeastern Brazil, has abundant wealth in relation to its fossil records. The Cariri Stone, has numerous records of fossil organisms, among them, the important in this work, the abundant algae fragmentation, in its visual aspect. For these and other aspects, their rocks are mined and sold as an end product for ornamental rocks. In the municipality of Santarém -PA, this type of rocks appears as cladding rocks in walls, sidewalks, pool edges, among others. In the face of the study, four distinct points of covering rocks were found that have numerous algae fragments. Samples of ornamental rocks were collected in marble for macro analysis and micro visualization in the laboratory, resulting in the taxonomic identification of fossil algae such as *Codium* Genus and *Oedeogonium* Genus, derived from lagoon environment, Santana formation.

**Keywords:** Santana Formation. Crato Member. Fossil Algae. Santarém – PA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases evolutivas da Bacia do Araripe e carta cronoestratigráficas, com destaque para a unidade estudada.....	16
Figura 2 – Mapa de localização, com a inclusão dos pontos de coleta. ....	23
Figura 3 – Imagens da Pedra Cariri nas marmorarias de Santarém-PA. ....	24
.....	24
Figura 4– Estereoscópio Petrográfico. (A e B) e Microscópio Estereoscópio Binocular (C e D) .....	25
.....	25
Figura 5 – Utilização da Pedra Cariri em clubes de eventos (A) ao redor de piscina B) Área de banho(c) escada (D) entrada principal (E) roda pé.....	28
Figura 6 – Diversos usos da Pedra Cariri como rocha de revestimento: (A) revestimento de uma igreja, (B) calçada de um comércio, (C) e (D) muro de residências. ....	29
Figura 7 – Análise macroscópica da Pedra Cariri. ....	30
Figura 8 – Visualização em microscópica petrográfica com aumentos de 5x (A) e 10x (B)...	33
Figura 9 – Visualização em microscópica petrográfica com aumento de 5x (A) e 10x (B) ....	35
Figura 10 – Paleoambiente onde são encontradas as algas Chlorophytas do trabalho.....	37

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Informações macroscópicas das algas estudadas. ....	31
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
1.1.1	Objetivo Geral .....	14
1.1.2	Objetivos Específicos .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Geologia Regional.....</b>	<b>15</b>
2.1.1	Bacia do Araripe.....	15
2.1.2	Formação Santana.....	17
<b>2.2</b>	<b>Biologia .....</b>	<b>19</b>
2.2.1	Algas.....	19
2.2.2	Algas fósseis .....	20
2.2.3	Classificação Taxonômica por Franceschini et al. (2010).....	20
2.2.3.1	Divisão Euglenophyta (euglenóides).....	20
2.2.3.2	Divisão Cryptophyta (algas glaucas).....	20
2.2.3.3	Divisão Rhodophyta (algas vermelhas).....	20
2.2.3.4	Divisão Dinophyta (dinoflagelados) – <i>pyrrhós</i> (grego): cor de fogo; <i>phyton</i> (grego): planta .....	21
2.2.3.5	Divisão Haptophyta (haptófitos) .....	21
2.2.3.6	Divisão Bacillariophyta (diatomácias) .....	21
2.2.3.7	Divisão Chrysophyta (crisófitos).....	21
2.2.3.8	Divisão Phaeophyta (algas castanhas).....	21
2.2.3.9	Divisão Chlorophyta (algas verdes) .....	22
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Uso da Pedra Cariri no Município de Santarém .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Descrição dos Macrofósseis.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3</b>	<b>Descrição dos aspectos petrográficos.....</b>	<b>31</b>
<b>5.4</b>	<b>Classificação taxonômica .....</b>	<b>33</b>
<b>5.5</b>	<b>Paleoambiente .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Terra possui 4,54 bilhões de anos. Para entendimento evolutivo do planeta, ela foi dividida em chamadas unidades cronoestratigráficas: eóns, eras, períodos, épocas e idades. Dentre essas divisões, estão os aspectos mais importantes de cada fase, englobando os fatores que marcaram o começo e fim de períodos geológicos (TEIXEIRA et al., 2009)

As rochas sedimentares revelam em bilhões de anos a evolução da vida documentados em suas rochas, cada fóssil é único e de suma importância por descrever informações sobre os organismos e os desenvolvimentos da evolução ao extenso Tempo Geológico (PRESS et al., 2006)

O Cretáceo, é o período geológico abrangido entre cerca de 145,5 e 65,5 Ma (Milhões de anos), caracterizado por movimentos intensos de placas tectônicas, sobretudo aquelas ligadas a separação do supercontinente do Sul Gondwana (CARVALHO & SANTOS, 2005). Este período está relacionado ao surgimento e acelerado florescimento dos vegetais produtores de flores e frutos (angiospermas) e, ao final, o desaparecimento dos dinossauros. Tem, sobretudo, o período histórico que marca a contextualização da Chapada do Araripe, um dos mais extraordinários depósitos fossilíferos do mundo (KELLNER, 2002).

De acordo com Boas (2012), o Geopark Araripe é um patrimônio paleontológico do período Cretáceo, onde se encontram importantes registros fósseis em admirável estado de preservação, por ter qualidades características propiciada para o desenvolvimento da Bacia Sedimentar do Araripe. Por abranger uma diversidade em suas formações geológicas, o que é muito interessante a discussões do contexto estratigráfico, tais como estudos dos ambientes favoráveis a depósitos de gipsita, calcário laminado, sulfetos metálicos, com diferentes táxons de fósseis, traz em sua história, registros evolutivos dos organismos do passado geológico, que reflete a história evolutiva da Terra e da vida (FREITAS, 2019)

Na Formação Santana, Bacia do Araripe, os depósitos fósseis são abundantes e apresentam registros de organismos de água doce e salgada viventes a 110 milhões de anos (CARVALHO & SANTOS, 2005), o que ressalta a importância de estudos desse material para abordar relações filogenéticas com organismos viventes no passado, extintos ou não, com estudos de grupos de organismos contemporâneos.

De acordo com Rodrigues e Gurgel (2018), as rochas ornamentais – popularmente conhecida como Pedra Cariri – obtiveram nos últimos anos um aumento do número de exportações dos seus materiais pétreos, devido à demanda desse material para acabamento, como rochas de revestimentos de muros, fachadas, paredes e calçadas.

Mostrando ser um material de grande importância econômica, pois apresenta baixo custo monetário e destacando-se por sua morfologia com registros fósseis visíveis, sendo um atrativo estético aos fornecedores.

No entanto, o processo de retirada das rochas ornamentais não tem sido feito adequadamente, o que provoca deteriorações, tanto nas suas características anatômicas, quanto em perdas de registros fósseis (CLEMENTE, 2013). A preservação destes materiais pétreos é fundamental para que não estejam sujeitos às alterações de suas características prévias, possibilitando os estudos dos organismos fossilizados.

Um das características deste material pétreo oriundo da Formação Santana, especialmente para Pedra Cariri, são as algas fósseis, presentes em abundância em suas rochas, sendo marcados por filamentos algálicos. (ASSINE, 1992). Essa relíquia paleontológica contém em suas camadas laminados organismos fixados. No entanto, a perda desses registros causa danos irreparáveis ao conhecimento de relevância histórica ao patrimônio geológico e socioeducativo.

O presente trabalho é de importância significativa pois os estudos realizados em microfósseis e macrofósseis compreendem as relações temporais e espaciais das rochas formadas. Diante disso, uma investigação taxonômica dos fósseis e o paleoambiente desvendam particularidades sobre a formação do passado e ecofatores que foram propícios para a Formação Santana. A investigação e a coleta de dados dos fósseis encontrados apresentam fatores que reconstroem a origem e idade de organismos viventes no passado.

Diante disso, o presente estudo aborda registros fósseis de depósitos da Bacia do Araripe, onde a Pedra Cariri, extraída da Formação Santana, é objeto de estudo.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Caracterizar taxonomicamente fósseis de algas encontrados na Pedra Cariri, extraídos da Formação Santana, Bacia do Araripe, contribuindo para o conhecimento dos registros taxonômicos do período Cretáceo, como também caracterizar o paleoambientes deste período geológico.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar taxonomicamente os fósseis de algas encontrados na Pedra Cariri;
- Interpretar o paleoambiente através do estudo em lâminas petrográficas.
- Apontar os locais urbanos onde são encontradas as rochas ornamentais

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Geologia Regional

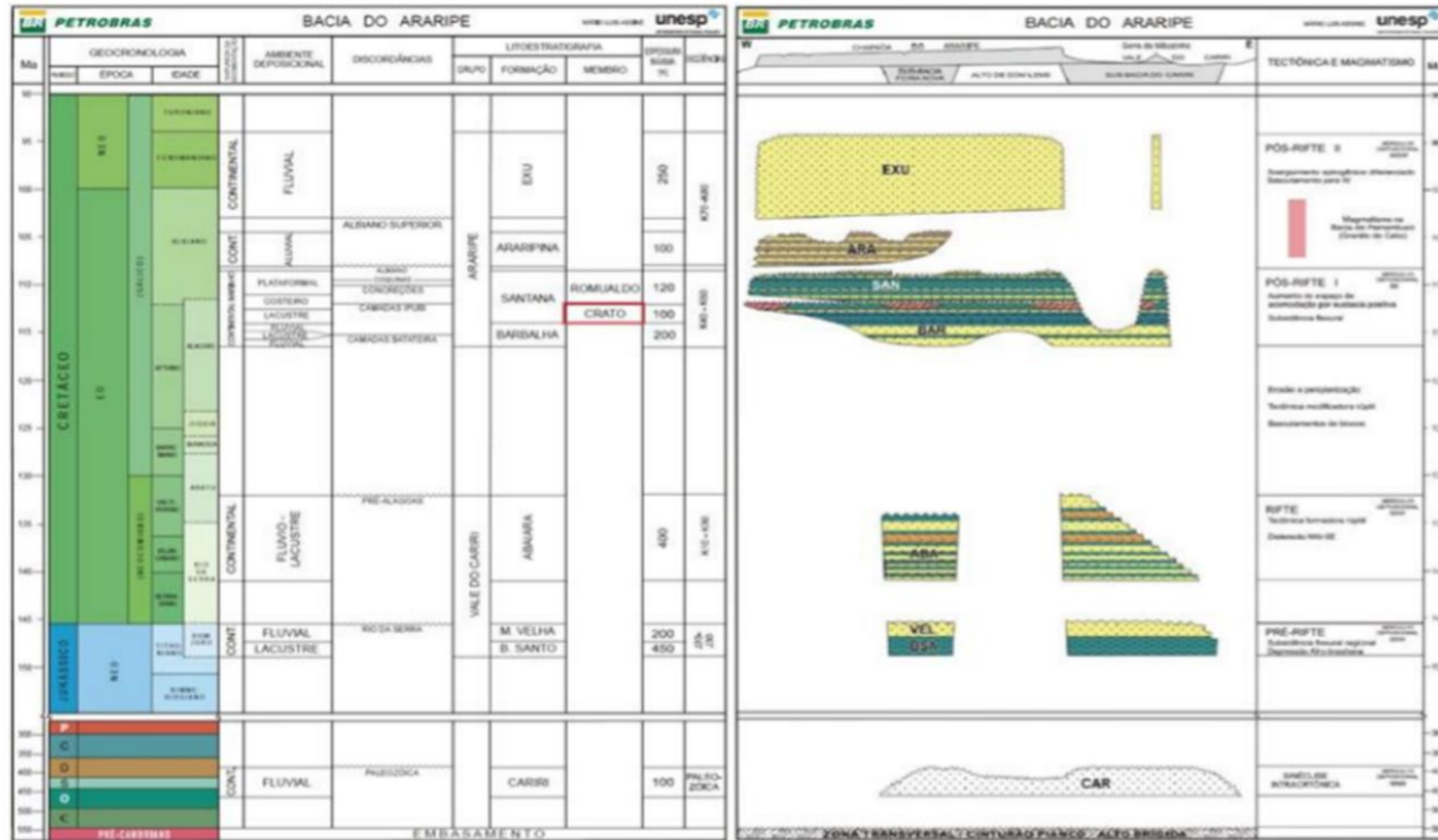
#### 2.1.1 Bacia do Araripe

Com um total de 9.000 km<sup>2</sup>, tendo no sentido mais extenso (Norte-Sul) por cerca de 70Km, e no de Leste-Oeste por cerca de 180 Km (FREITAS, 2019), é considerada a maior das bacias sedimentares interiores do Nordeste do Brasil. Sua formação está associada ao rifteamento do Gondwana e a abertura do oceano Atlântico. Apresenta um clima tropical úmido e encontra-se situada entre os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, propriamente ao sul do estado do Ceará (CLEMENTE, 2013; RODRIGUES, 2015) (Figura 1).

Dentre as unidades estratigráficas da Bacia do Araripe, a Formação Santana é a que exhibe maior fortuna fossilífera (CARVALHO et al., 2012). Recoberta pela floresta tropical, a região apresenta uma elevação característica da paisagem, é uma região de clima ameno. Sua riqueza é revelada quando o subsolo abaixo é examinado, e os exemplares fósseis, aparecem testemunhando os sinais de vida existentes há cerca de 110 milhões de anos atrás, do último período Mesozóico (CARVALHO & SANTOS, 2005). As rochas carbonáticas da Bacia do Araripe conhecidas como rochas ornamentais ou rochas de revestimento, têm tido uma grande proporção de comercialização, gerando uma explosão de exploração desse material pétreo na região. Em 2011, a produção dessas rochas abrangeu 80 mil toneladas /ano, onde 75% é dirigida ao comércio local (CLEMENTE et al., 2016).

A partir do séc. XX, desde a década de 70, os trabalhos se intensificaram pela diversidade paleobiológica, com enfoque aos grupos de registros fósseis, na Formação Santana, o que gera inúmeras pesquisas devido ao fator qualidade dos fósseis encontrados na formação (BOAS, 2012). A unidade geológica estudada é o Membro Crato, depositada durante o Aptiano-Albiano, situada na base da Formação Santana, sobreposta pelo Membro Ipubi e Membro Romualdo (RODRIGUES, 2015).

Figura 1 – Fases evolutivas da Bacia do Araripe e carta cronoestratigráficas, com destaque para a unidade estudada.



Fonte: Rodrigues (2015) e adaptado de Assine (2007).

### 2.1.2 Formação Santana

A Formação Santana é uma acumulação sedimentar (calcários, folhelhos, margas, evaporitos e arenitos) (FREITAS, 2019). A formação geológica está localizada na Chapada do Araripe, nome atribuído em homenagem à cidade de Santana do Cariri, localizada na base da chapada. É constituída por três Membros: Membro Ipubí (porção intermediária) composto por gipsita; Membro Crato (porção inferior), formado de calcários laminados e siltitos laminados e Membro Romualdo (porção superior) abrangendo folhelhos e margas com concreções calcárias fossilíferas (CLEMENTE et al., 2016) (VIDAL et al., 2008).

O Membro Crato, deposicional lacustre, é formado principalmente por calcários micríticos laminados. Apresenta em sua camada folhelhos cinzas, calcários laminados, cinza claro e bege (FREITAS, 2019). Contém uma grande abundância de fósseis constituintes por plantas, que abrangem pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, além dos crustáceos, aracnídeos, insetos, peixes, anfíbios, répteis e aves (CARVALHO, HESSEL, ARAÚJO, 2011). É um sítio paleontológico e geológico do país, sua composição se dá pelos estratos horizontais de calcários, intercalados a siltitos e arenito (VIANNA & NEUMANN, 1999). O Membro Crato é formado por 6 unidades de calcário laminado, denominadas da base para o topo de C<sub>1</sub> a C<sub>6</sub>, diferenciando em seus calcários diversas cores, como cinza azulado e claro e marrom ao bege.

O Membro Romualdo, (unidade elevada da Formação Santana), é composto por folhelhos e tipos de rochas como margas fossilíferas cinza esverdeadas. Abrange também inúmeras quantidades de fósseis, representados por ostracodes, aracnídeos, equinóides, insetos, gastrópodes, reptéis, aves e vegetais. O principal atributo desse Membro é que seus fósseis são tridimensionais, acondicionando principalmente, seus órgãos internos. (FREITAS, 2019)

O Membro Ipubi é uma unidade pós-rifte da Bacia do Araripe, caracterizado por evaporitos de sulfatos. Apresentam camadas de gipsita, compostos de sulfatos que atuam como fácies primárias e secundária que representam as que surgiram durante a deposição dos evaporitos, enquanto a secundária as que desenvolveram durante a diagênese, participando dos processos de superfície, soterramento e o soerguimento. (DUARTE&BORGHI, 2018).

A Formação Santana é um dos principais sítios paleontológicos do Brasil, pois além de apresentar extensos depósitos de gipsita e calcários, a condição de preservação de seus fósseis encontra-se em excelente estado.

Os calcários abordados são nativos do Membro Crato, conhecidos comercialmente como Pedra Cariri, compostos por calcários laminados, apresentando níveis descontínuos e fossilíferos, com cor alternadas entre as cores creme e marrom escuro, composta por calcita

micrítica (DUNHAM, 1962). Essas placas rochosas apresentam inúmeros fósseis em suas características, como peixes, vegetais, algas e raros insetos. Os fósseis se incluem nos grupos dos invertebrados, vertebrados e plantas. No topo do Membro Crato, a presença de foraminíferos formados por quitina e cistos de dinoflagelados, indicam deposição de sedimentos marinhos (FREITAS, 2019).

Para os indícios de água doce, os registros fossilíferos de insetos conchostráceos, peixes (*Dastilbe*), ostracodes e outros, associam um ambiente de pouca energia a estratificação de finas camadas horizontais de calcário (BRUNO & HESSEL, 2006)

Segundo Vidal et al. (2008), paleontologicamente, os destaques aos fósseis da Formação Santana dão-se pela evidência dos registros de fósseis de tecido moles de dinossauros e pterossauros do mundo, as faturas de peixes e as primeiras fanerógamas fósseis da América do Sul. Garcia (2019) afirma que o Brasil ainda não exibia afastamento total, durante o período de formação desse tipo de rocha, o lagerstätte do Crato permanecia, logo interligado a região marinha.

## 2.2 Biologia

### 2.2.1 Algas

O termo alga se refere a todo organismo que possui um talo não diferenciado sem organização em raiz, caules e folhas. É um grupo polifilético, que evoluíram de diferentes origens. (ANDRADE & FILHO, 2014) Registros fósseis demonstram que organismos semelhantes a algas azuis viveram há mais de 2 bilhões de anos. São organismos que executam fotossíntese, abarrotados de clorofila e com capacidade de liberar oxigênio. Vivem em ambientes diversificados, terrestres úmidos ou em cooptações com fungos (SOUZA, 2011).

Pelo fato de terem clorofila, não assegura que sejam verdes, pois possuem outras pigmentações em seu interior, como colorações azuladas, avermelhadas, pardas ou até enegrecidas (PAULA et al., 2007). Desempenham vários papéis importantes no meio, entre eles o fator de serem produtoras primárias de energia. Podem ser encontradas em ambientes fluvial, lagoas, manguezais, água doce/salobra (PAULA et al., 2007).

Devido à grande variabilidade e diversidade que esse grupo de organismos contém, as algas são geralmente divididas em microalgas e macroalgas (PAULA et al., 2007). As macroalgas são importantes fabricantes primárias do ecossistema, fonte de sustento para vários organismos marinhos. Através do processo de fotossíntese, possibilita a troca entre dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por oxigênio ( $\text{O}_2$ ). São macroscópicas, apresentam uma diversidade de coloração que se dá diante das diferentes combinações de pigmentos presentes em suas células (PEREIRA, 2009).

As microalgas são encontradas especialmente em ambientes aquáticos marinhos ou continentais. São microscópicas unicelulares, procariontes e eucariontes, apresentam uma grande variabilidade em adaptação a diversos ecossistemas (ANDRADE & FILHO, 2014). Assim, como as macroalgas também desempenham muitos papéis ecológicos, as microalgas também são produtoras primárias de energia e produzem 60% desse tipo de energia (ANDRADE & FILHO, 2014)

Embora sejam organismos livres, há microalgas que vivem em associação de simbiose com outros organismos, como as cianobactérias (ANDRADE & FILHO, 2014).

A maioria das espécies de microalgas são para a produção de pigmentos, lipídeos, proteínas e bioenergia. As classificações se dão principalmente pelas características morfológicas, composição química, ultraestrutura celular, cloroplasto, ciclo de vida etc.

### 2.2.2 Algas fósseis

De acordo com as considerações de Paula et al. (2007), há evidências das existências de organismos como cianobactérias ou algas azuis, existentes no Pré-Cambriano há aproximadamente 3,5 bilhões de anos. Diante disso, estes organismos existentes há bilhões de anos, desempenharam um papel importante, como serem responsáveis pela produção e acúmulo de oxigênio na atmosfera primitiva (NOGUEIRA, 2011).

### 2.2.3 Classificação Taxonômica por Franceschini et al. (2010)

Para Bicudo e Menezes (2006), as algas fazem parte de um grupo heterogêneo divididos em grandes seis grupos: Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas vermelhas), Phaeophyta (algas pardas), dinoflagellata (dinoflagelados), Euglenophyta.

O Reino Protocistas compreende os microrganismos eucariontes e seus descendentes imediatos, algas, protozoários, e outros organismos de ambientes aquáticos, marinhos, parasitas, simbióticos em tecido úmido de diferente (MARGULIS, 2010). Dentro dos Protocistas Fotossintéticos, as algas unicelulares fazem parte dos Filos Bacillariophyta, Chrysophyta, Dinophyta e Euglenophyta, enquanto as macroalgas representantes multicelulares são: Chlorophyta, Phaeophyta e Rhodophyta (CARVALHO, 2013).

#### 2.2.3.1 Divisão Euglenophyta (euglenóides)

Os euglenóides são unicelulares flagelados. Vivem tanto em água doce quanto em água salgada, alguns são heterotróficos, mas geralmente são mixotróficos como as Euglenófitas e os protozoários. Armazenam carboidratos no aspecto de paramido, que se configura fora do cloroplasto. Sua pigmentação constitui-se de clorofila a e b e carotenoides e xantofila (GOMES, 2007).

#### 2.2.3.2 Divisão Cryptophyta (algas glaucas)

Armazenam amido no cloroplasto, possuem clorofilas a e b. As algas verdes são encontradas em diferentes tipos de habitats como no solo, tronco de árvores, água salgada e doce, superfície de neve e ainda vivem em simbiose com protozoários, celenterados, protozoários e fungos (FRANSCSCHINI et al., 2010).

#### 2.2.3.3 Divisão Rhodophyta (algas vermelhas)

Abrangem cerca de 4000 espécies. Na sua grande maioria é de água salgada, mas alguns gêneros são de água doce em torno de pouco mais de 100 espécies. Apresentam além da

clorofila d, as ficobilinas como pigmento acessório. Material armazenado é o amido florídeo(carboidrato). O talo pode ser unicelular, pseudo - parenquimatoso de origem filamentosa, filamentosos e uns foliáceos (FRANCESCHINI et al., 2010).

#### 2.2.3.4 Divisão Dinophyta (dinoflagelados) – *pyrrhós* (grego): cor de fogo; *phyton* (grego): planta

Organização celular eucariótica. Quando há presença de parede celular, é composta de celulose, pigmentos por clorofila a e c, xantofilas peculiares ao grupo e b-carotenos, substância de reserva de amido e óleo. Podem ser tanto heterotróficas ou fotossintetizantes. Existem tanto em ambiente marinhos ou de água doce (PAULA et al., 2007).

#### 2.2.3.5 Divisão Haptophyta (haptófitos)

São organismos de origem marinhos, embora existam alguns gêneros de água doce. São seres unicelulares, com flagelos ou não, podendo ou não se agrupar em colônias, e incidem especialmente em climas tropicais, conhecidas por cocólitos. Possuem em suas escamas de matéria orgânica, calcificadas ou não. (FRANCESCHINI et al., 2010).

#### 2.2.3.6 Divisão Bacillariophyta (diatomáceas)

Protoctistas aquáticos, são unicelulares, desenvolvem filamentos ou colônias simples. Os plastídios contêm os pigmentos de clorofila a e c, betacaroteno e xantofilas. As diatomáceas são geralmente marrons e a reserva alimentar é o óleo crisolaminarina, são geralmente amarronzadas (MARGULIS, 2010).

#### 2.2.3.7 Divisão Chrysophyta (crisófitos)

São organismos de habitat marinho ou água doce. Sua pigmentação é uma mistura de clorofila, caroteno, ficoxantina e xantofilas. Apresentam a reprodução assexuada por divisão binária e sexuada por isogamia, anisogamia ou oogamia (MARGULIS, 2010).

#### 2.2.3.8 Divisão Phaeophyta (algas castanhas)

São algas que apresentam cores marrons e pardas, abrangem cerca de 1.500 espécies divididas entre 260 gêneros. O grupo monofilético, é um grupo praticamente marinho, sendo que apenas algumas espécies ocorrem em ambientes de água doce. Exibem além da clorofila a, a clorofila c como pigmento acessório, a cor marrom-escuro ou verde-oliva é uma característica desse grupo causado pelos carotenóides, até mesmo a fucoxantina, pigmento abundante

responsável pela cor. Não há espécies unicelulares, os talos variam de filamentos simples a organismos complexos e grandes, formados por pseudoparênquima (FRANCHECINI et al., 2010).

#### 2.2.3.9 Divisão Chlorophyta (algas verdes)

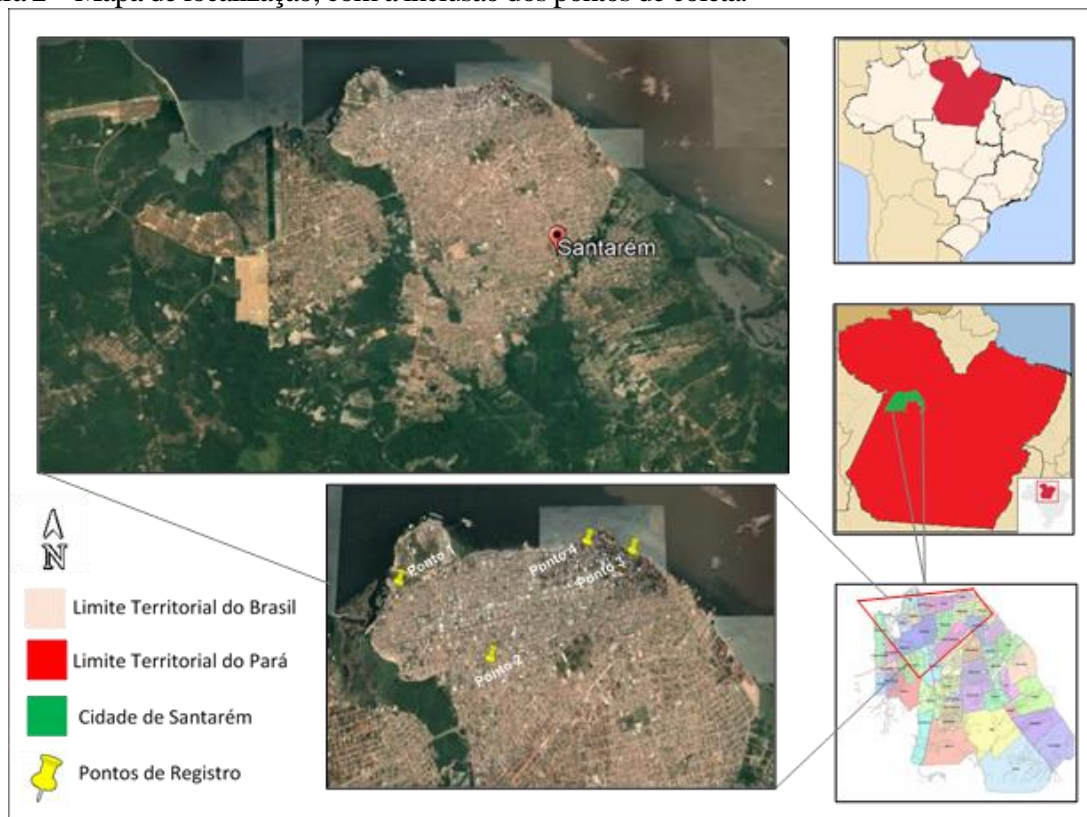
As algas verdes, compreendem em torno de 17.000 espécies, apenas 10% ocorrem em ambientes marinhos. Quanto a sua forma podem ser unicelulares, filamentosos, membranosas marinhas, coloniais e tubulares. Contém em suas pigmentações clorofila a e b, carotenóides e várias xantofilas. A composição da parede celular é celulose e pectina e acomodam amido como material de reserva (FRANCHECINI et al, 2010).

### 3 ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada no norte do Brasil, mais precisamente na porção oeste do estado do Pará, município Santarém – Pará. É o terceiro município mais populoso do estado do Pará, com 300 mil habitantes. O Território estende-se por 22.886,8 km<sup>2</sup>, situa-se no confluente dos rios Tapajós e Amazonas. Pertence a mesorregião do Baixo Amazonas. Possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 2° 26' 22" Sul, Longitude: 54° 41' 55" Oeste (IBGE, 2017).

Os pontos utilizados para identificar as Pedras Cariri, trazidas do Nordeste, estão na área urbana do município de Santarém. A Pedra Cariri é utilizada nesta cidade como rocha de revestimento principalmente em bordas de piscina, muros, calçadas e comércios (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização, com a inclusão dos pontos de coleta.



Fonte: Própria do autor.

#### 4 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica, relacionada à Bacia do Araripe, com ênfase na Formação Santana, sobre as rochas ornamentais da “Pedra Cariri” e suas relações com a paleontologia. Os trabalhos de campo incluem os registros fotográficos e coletas nas marmorarias da Pedra Cariri, que ocorreram no período entre abril de 2019 e outubro de 2019. Os materiais coletados de forma manual, em trabalho em campo, foram levados a laboratório e analisados por estereoscópio binocular e microscópio petrográfico.

Após o estudo bibliográfico, a realização do trabalho foi efetivada em duas etapas: uma etapa de campo e uma etapa laboratorial.

A primeira etapa deu-se com o trabalho de campo, que ocorreu no município de Santarém- Pará. O trabalho de campo teve início no dia 27 de abril de 2019, parte central da cidade, e teve término no dia 30 de outubro de 2019, onde, os locais visitados eram especificamente: fachadas das casas, muros, calçadas, bordas de piscina, locais visíveis voltados para via urbana.

Dentre os locais visitados, como comércios e casas, eram precisamente notados com registros fotográficos e localizados com o GPS. Em segundo momento, para a coleta do material (Pedra Cariri), houve visitas às marmorarias (Figura 3).

Figura 3 – Imagens da Pedra Cariri nas marmorarias de Santarém-PA.



**Fonte:** Própria do autor

As coletas foram realizadas em dias alternados onde em uma marmoraria foram doadas as placas, e na outra as placas foram compradas. Foram visitadas cinco marmorarias, que trabalham com rochas ornamentais, especificamente, a Pedra Cariri, objeto de estudo. Após

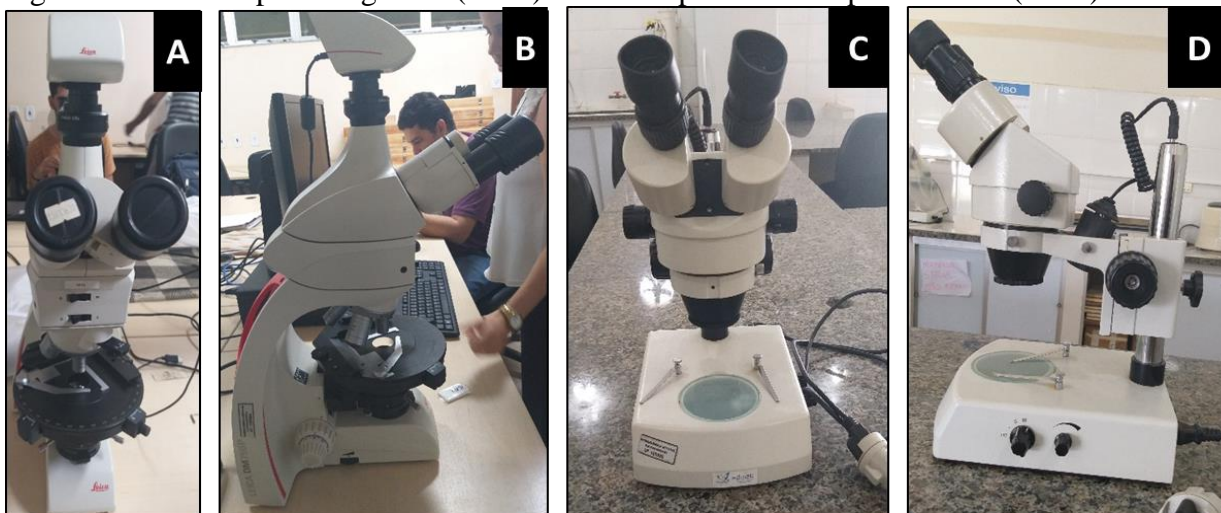
investigação visual e entrevista com os colaboradores da empresa visitada, foram obtidos os diâmetros correspondentes ao tamanho das placas vendidas, geralmente nas seguintes medidas 50 x 50 cm, 40 x 40 cm, 30 x 30 cm, 20 x 20 cm e 15 x 30 cm ou em barras.

O presente trabalho obteve várias amostras de material pétreo, todas coletadas de forma manual, sendo 18 placas ao total. Todas as rochas obtiveram análise macroscópica e 3 amostras, para quais foram confeccionadas as lâminas petrográficas, foram analisadas no microscópio petrográfico, no Laboratório de Microscopia (UFOPA).

Instrumentos ópticos utilizados:

- Microscópio Petrográfico da Marca Leica DM750 P número de série 100598, LAZ EZ version 3.4.0. Para se obter a visualização das lâminas petrográficas (Figura 4A e 3B).
- Microscópio estereoscópico binocular (lupa) - para obter visualização macroscópica, Marca Edulab número de série 100355 (Figura 4C e 3D).

Figura 4 – Estereoscópio Petrográfico. (A e B) e Microscópio Estereoscópico Binocular (C e D)



**Fonte:** Própria do autor.

As análises macroscópicas se deram por visualização a olho nu, ou com o auxílio da lupa, onde foi identificada dimensão, cor, forma, aspecto e espessura.

As análises microscópicas se deram através da visualização das lâminas petrográficas, no microscópio petrográfico (Figura 3A e 3B), havendo registro fotográfico.

Os organismos foram visualizados em estereoscópio binocular, onde as algas fósseis foram medidas, diferenciadas conforme sua pigmentação e tamanho anatômico.

As análises das amostras estudadas foram correlacionadas pelos aspectos texturais, mineralógicos e estruturais, diante das características cromáticas e morfológicas, a partir das imagens fotográficas (CLEMENTE et al., 2016). Para se obter a taxonomia de algas, foi primeiramente atribuído critérios morfológicos, relacionados principalmente a cor. Mas, além

das observações cromáticas, são também usadas propriedades ecológicas, bioquímicas, moleculares, e ultra – estruturais para se asseverar a sistematização de algas, conforme (REBELO, 2010).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Uso da Pedra Cariri no Município de Santarém

Devido a presença de organismos invertebrados e vertebrados bastante comuns na Formação Santana, destaca -se que este material pétreo, conhecido como Pedra Cariri , aparece firmemente sendo usados no município de Santarém – PA, as próprias apresentavam pigmentações creme claro, marrom escuro como citado no trabalho (CLEMENTE, 2013) (figuras 5 e 6 ) como rochas de revestimento ou rochas ornamentais para fins econômicos , em muros, calçadas, fachadas de igreja, bordas de piscina, o que confirma as mesmas finalidades em distintos municípios do País (CLEMENTE, 2013).

O Calcário Pedra Cariri é utilizado em ambientes internos e externos. Essas rochas acabam chamando a atenção de curiosos por conter organismos fósseis em seu material pétreo, principalmente, àqueles que visitam esses ambientes e ficam admirados pela presença de organismos fossilizados visíveis.

Muitas vezes, a falta de conhecimento dessas rochas sedimentares e dos importantes registros que nela existem, fazem com que fornecedores explorem desordenadamente. A exploração da Pedra Cariri, que acontece há mais de 30 anos, é conturbada, pois causa grandes impactos ao ambiente inserido, o que levou o acúmulo de 2,4 milhões de toneladas de rejeitos nas margens dos riachos nos últimos anos, e também por ser uma área dos depósitos fósseis do Cretáceo mais importante do mundo, faz com que seja inadmissível a mineração do calcário para muitos paleontólogos. (VIDAL et al., 2008; VIDAL & PADILHA, 2003).

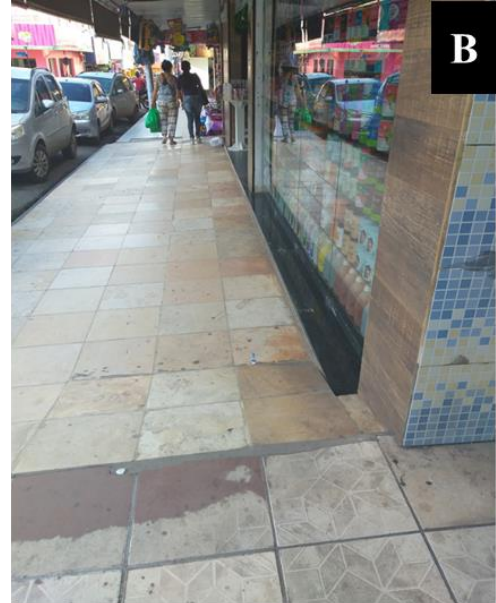
Os registros fósseis foram encontrados em quatro pontos distintos da cidade com as seguintes coordenadas  $2^{\circ} 25'.06''S$   $54^{\circ} 44'36.0'' W$  (Figura 5),  $2^{\circ} 26' 00.0'' S$  (Figura 6A)  $54^{\circ}43'44.4''W$  (Figura 6B),  $2^{\circ} 25'07.2''S$   $54^{\circ} 42'52.0''W$  (Figura 6C e 6D)  $2^{\circ}.25'11.4''S$   $54^{\circ}42'27.0''W$  e dois pontos de coletas (marmoraria):  $2^{\circ} 25'38.8''S$   $54^{\circ} 43'36.3W$  (Figura 2A) e  $2^{\circ} 25'50.0''S$   $54^{\circ} 42'43.6''W$  (Figura 2B).

Figura 5 – Utilização da Pedra Cariri em clubes de eventos (A) ao redor de piscina B) Área de banho(c) escada (D) entrada principal (E) roda pé.



**Fonte:** Própria do autor.

Figura 6 – Diversos usos da Pedra Cariri como rocha de revestimento: (A) revestimento de uma igreja, (B) calçada de um comércio, (C) e (D) muro de residências.

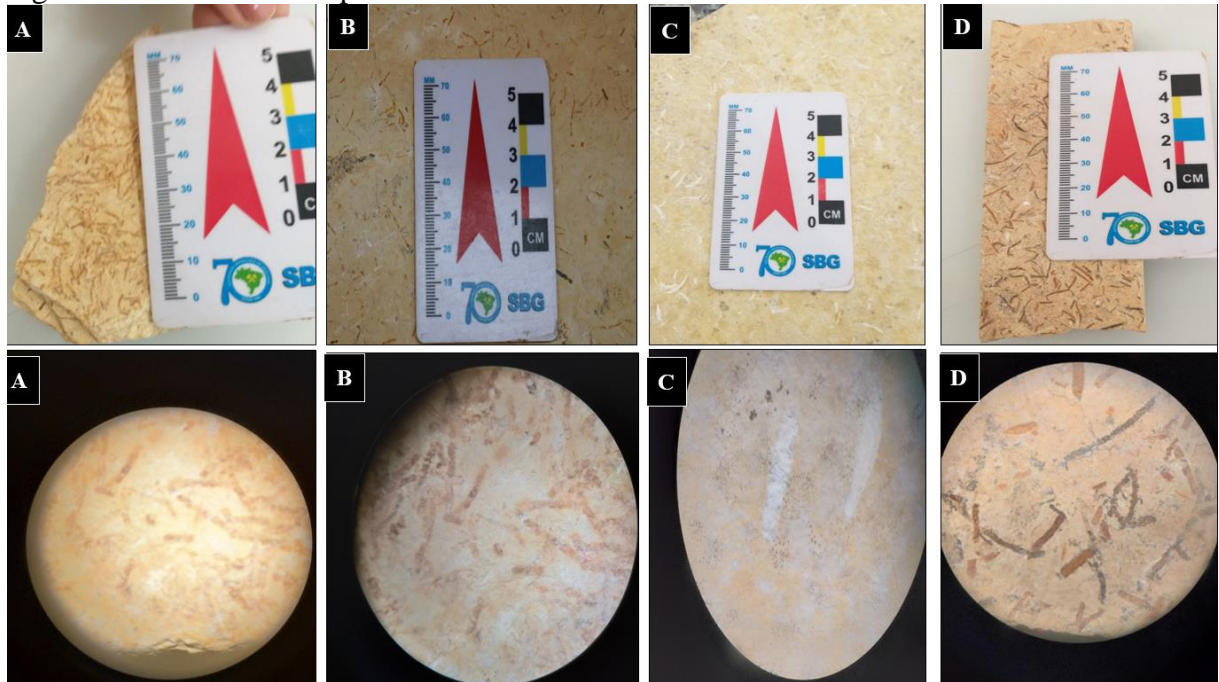


Fonte: Própria do autor.

## 5.2 Descrição dos Macrofósseis

Baseado na descrição morfológica das algas observadas na lupa, pode-se notar que, diferenças relacionadas à anatomia, se dão pelo tamanho, cor das algas, onde as pigmentações macroscopicamente são notáveis (Figura 7 e Tabela 1) Conforme (PAULA et al., 2007) (PEREIRA, 2009).

Figura 7 – Análise macroscópica da Pedra Cariri.



Fonte: própria do autor.

Tabela 1 – Informações macroscópicas das algas estudadas.

Amostra macroscópicas	Pigmentações das algas	Comprimento Maior/Menor	Largura	Espessura da rocha	Formato das algas	Cor das placas
A	Marrom claro	24mm/4mm	1 mm	8 mm	Filamentos retos, com terminais pontiagudos	Bege amarelado
B	Marrom avermelhado	30mm/5mm	1 mm	15 mm	Filamentos mais acentuados	Creme
C	Branca/ Completa substituição por carbonato	13 mm/1mm	1mm	12 mm	Forma arredondada, curvada, com pontas finas	Bege claro
D	Marrom escuro	13 mm/1mm	1mm	9 mm	Filamentosas	Creme amarelado

**Fonte:** Própria do autor.

Apesar de poucos registros fósseis de algas identificados neste trabalho, devido a estes organismos apresentarem tecidos moles, justificou-se a difícil preservação por inúmeros fatores, dentre eles a ação do intemperismo (BERTINI, 2013).

### 5.3 Descrição dos aspectos petrográficos

A partir das análises petrográficas, extraídas das rochas ornamentais da Bacia do Araripe, foram mostradas suas características morfológicas, conforme o trabalho (CLEMENTE et al., 2016). Foram utilizadas 3 amostras de lâminas petrográficas, todas referentes ao Membro Crato da Formação Santana.

De acordo com as análises petrográficas, com relação aos dados de alteração quando sujeitas aos processos de fossilização, as algas exibiram morfologia adulterada ao longo do filamento. Esses organismos apresentaram estrutura filamentosa, não ramificada, parcialmente tomada por dois processos de substituição:

*Recristalização (Figura 8B, seta amarela).* Pelo processo de alteração mineralógica, resultando estabilidade para formação de aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ) gerando uma calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e assim uma calcita procriando outra calcita com proporções grandes ou pequena, sendo que nunca há ocorrências das duas na mesma alga (AMANCIO, 2007). Neste estudo, há presença de calcita se deu por recristalização da micritica, que a princípio era uma composição de lama micrítica para calcita microespática. Os cristais podem ser sílica, pirita agregada ao processo de substituição de calcita.

*Substituição por limonitização (Figura 8B, seta azul).* Ocorreu essa substituição por remoção ou perda do material orgânico por águas intersticiais com a deposição de algum mineral, onde observa-se a substituição por óxido de ferro na parte inter ou extracelular das algas. Mesma composição mineral visualizada por Miranda (2015), que encontrou composição mineral e processos derivados de substituição, como óxido de ferro, a pirita.

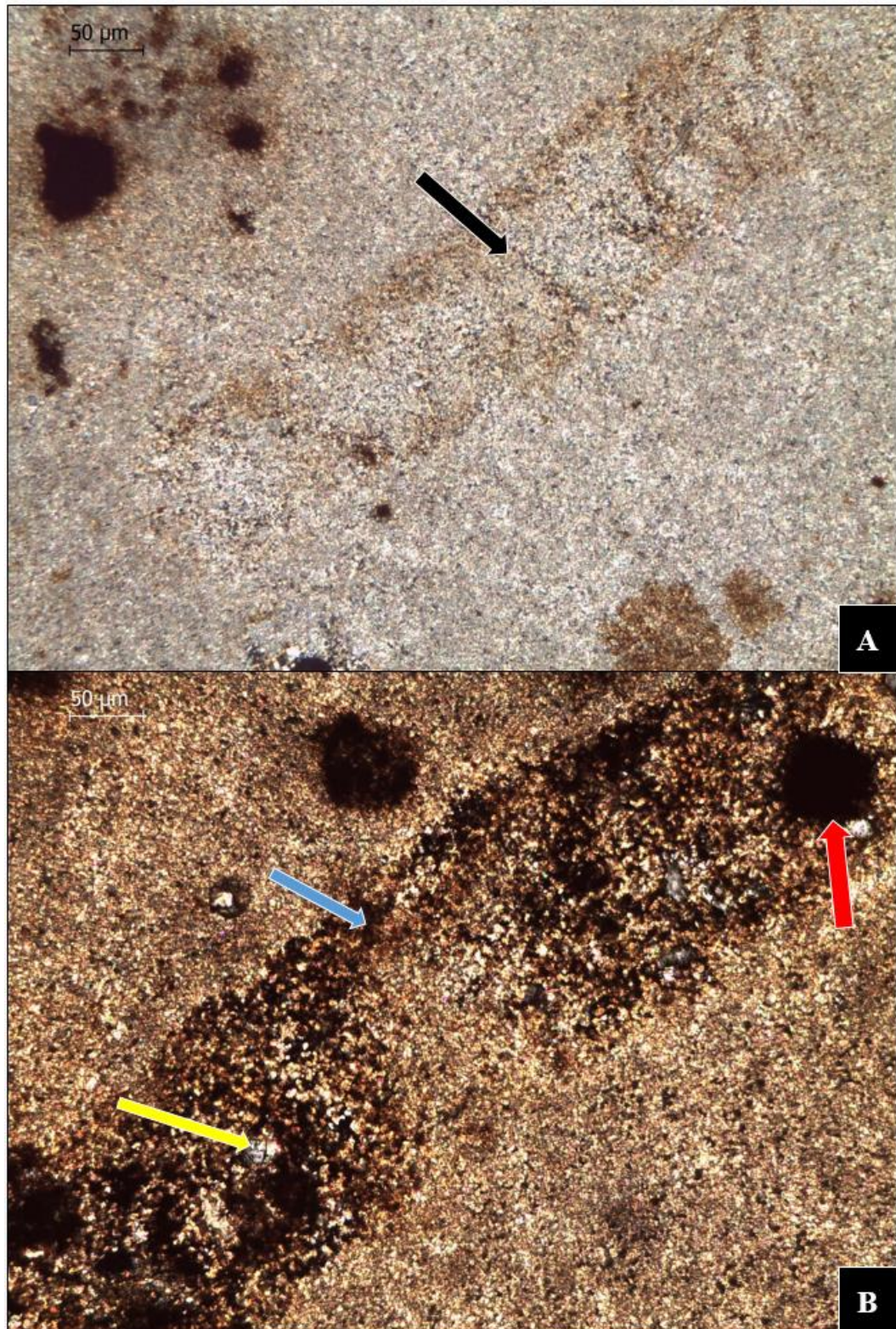
As análises das lâminas petrográficas, neste trabalho, confirmaram a dominância da matriz micrítica dos calcários laminados do Membro Crato, ocorrências localizadas de dolomita diagenética, e ocorrências de microfalhas (NEUMANN, 1999). Trata-se de uma lama micrítica, características microfaciológicas predominante do cálcico laminado do Membro Crato (MIRANDA, 2015).

Para paleontologia, essas substituições acontecem por processos envolto do material fossilizado, por exemplo, na observação em lâmina petrográfica, a matriz apresenta a calcita microcristalina ou lama carbonática microcristalina, translúcida a opaca.

#### 5.4 Classificação taxonômica

Caracteriza a identificação e classificação das espécies. A classificação taxonômica, neste trabalho, foi baseada em Mattox & Stewart (1984) e Algabase (2010).

Figura 8 – Visualização em microscópica petrográfica com aumentos de 5x (A) e 10x (B).



Fonte: Própria do autor.

**Divisão** Chlorophyta Reichenbach, 1834

Composto por duas membranas. Formam zoósporos ou gametas com undulipódios, por reprodução assexuada, paredes encrostadas com carbonato de cálcio e óxido de ferro, célula uninucleada,

**Classe** Chlorophyceae Wille in Warming, 1884

Apresenta ficoplasto. São verdes devido à presença de clorofila. Reprodução assexuada, ocorre por zoósporos, ciclo de vida haplobiontico, células nadadoras,

**Ordem** Oedogoniales Heering, 1914

Talos filamentosas, eretos, fixos ao substrato por meio de uma célula basal, polo distal alargado com leves estrias transversais

**Família** Oedogoniaceae de Bary ex Hirn, 1900

Filamento não ramificado, dotadas de células cilíndricas, na fase jovem são sésseis, mas na fase adulta podem ser de vida livre, formando massas flutuantes

**Gênero** *Oedogonium* Link ex Hirn 1900

Oogônio, parte sexual reprodutora, talos filamentosos, não ramificados, multiplicação vegetativa pela fragmentação do talo, reprodução sexuada oôgamica.

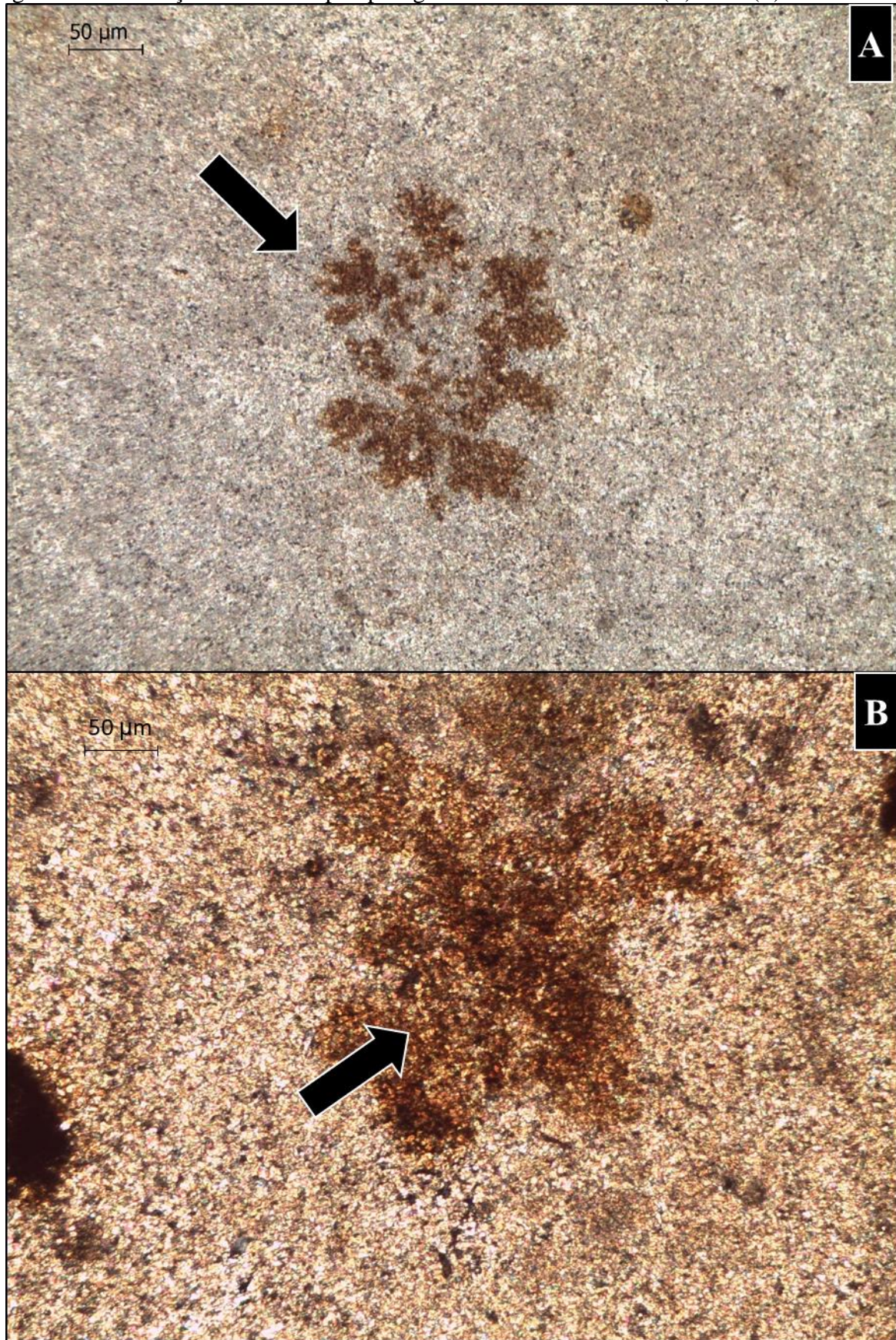
Diagnose: filamentososa vegetativa, cicatrizes anelares (seta preta Figura 8B), oogônios partes reprodutora feminina (seta preta Figura 8B), de alga verde, estrias transversais na parede celular oriundas do procedimento de divisão celular, responsável pelo crescimento, produção de novos filamentos.

Discussão: As espécies do gênero *Oedogonium* são amplamente distribuídas em ambientes não marinhos. As partes reprodutoras são as únicas que são calcificadas pelo próprio organismos, são organismos unisseridos simples, aderidos a rochas, conforme Tonneto et al. (2018), onde observou que este tipo de alga é característico de ambiente lótico, aderido as rochas, onde em seus filamentos, há presença de anéis, resultado da divisão celular.

Amplitude estratigráfica: Período Cretáceo.

Distribuição Geográfica: Formação Santana, Bacia do Araripe.

Figura 9 – Visualização em microscópica petrográfica com aumento de 5x (A) e 10x (B)



Fonte: Própria do autor.

*Codium*, Stackhouse, 1797

**Divisão** Chlorophyta, Reichenbach, 1834

São organismos haplobiontes, corriqueiras nos bentos das zonas litorâneas, tanto marinhos como de água doce, ramificados ou não, formas unicelulares, colônias de células

**Classe** Ulvolphyceae Mattox & Steawart, 1984

Alga com talos ou tubos ramificados, formas semelhantes a almofadas de tubos compactados, talos multinucleados ou não, células nadadoras com um ou dois pares de flagelo

**Ordem** Bryopsidales Schaffner, 1922

Estruturas esponjosas, polissacarídeos da parede celular, superfície do tálus de várias espécies calcificadas, se reproduzem sexualmente, principalmente com um ciclo de vida,

**Família** Codiaceae Kutzing, 1843

É uma espécie de alga marinha, parede celular constituída por monossacarídeos. Com talos característicos de plasticidade

**Gênero** *Codium* Stackhouse 1797

Formam um talo a partir do enrolamento desses filamentos, talo multiaxial, ramos livres ou anastomosados, talos eretos e prostrados predominantes marinhos

Diagnose: formato de aparência de tubos levemente ramificados e entrelaçados, apresentando em suas extremidades, formas cenocíticas, corpo vegetal macroscópico, de forma definida, região medular entrelaçada por filamentos densos

Discussão: Algumas espécies de *Codium* foram registradas na Ilhas Galápagos, com investigações através de amostras de coletas (Chacana et al., 2016). De forma geral, a taxonomia deste gênero é baseada na comparação de caracteres anatômicos e morfológicos, diante da falta de caracteres firmes. O gênero *Codium* é exclusivamente marinho (PEDROCHE, 2001). Em ambientes marinhos das regiões polares, apresenta aspecto geral do talo cenocítico diploide. As características de recristalização e de substituição estão presentes. Portanto, o seu material orgânico foi perdido e preenchido por outros minerais, causando a perda da matéria original. A morfologia externa é presente e a estrutura dos talos cenocíticos é visível.

Por apresentar em sua morfologia anatômica talo cenocítico, multiaxial, ramos livres, região medular entrelaçada por filamentos cilíndricos, originando utrículos, pode-se atribuir, de acordo com a imagem extraída do microscópio petrográfico, que o tipo de alga apresentado neste trabalho, pertence ao Gênero *Codium*.

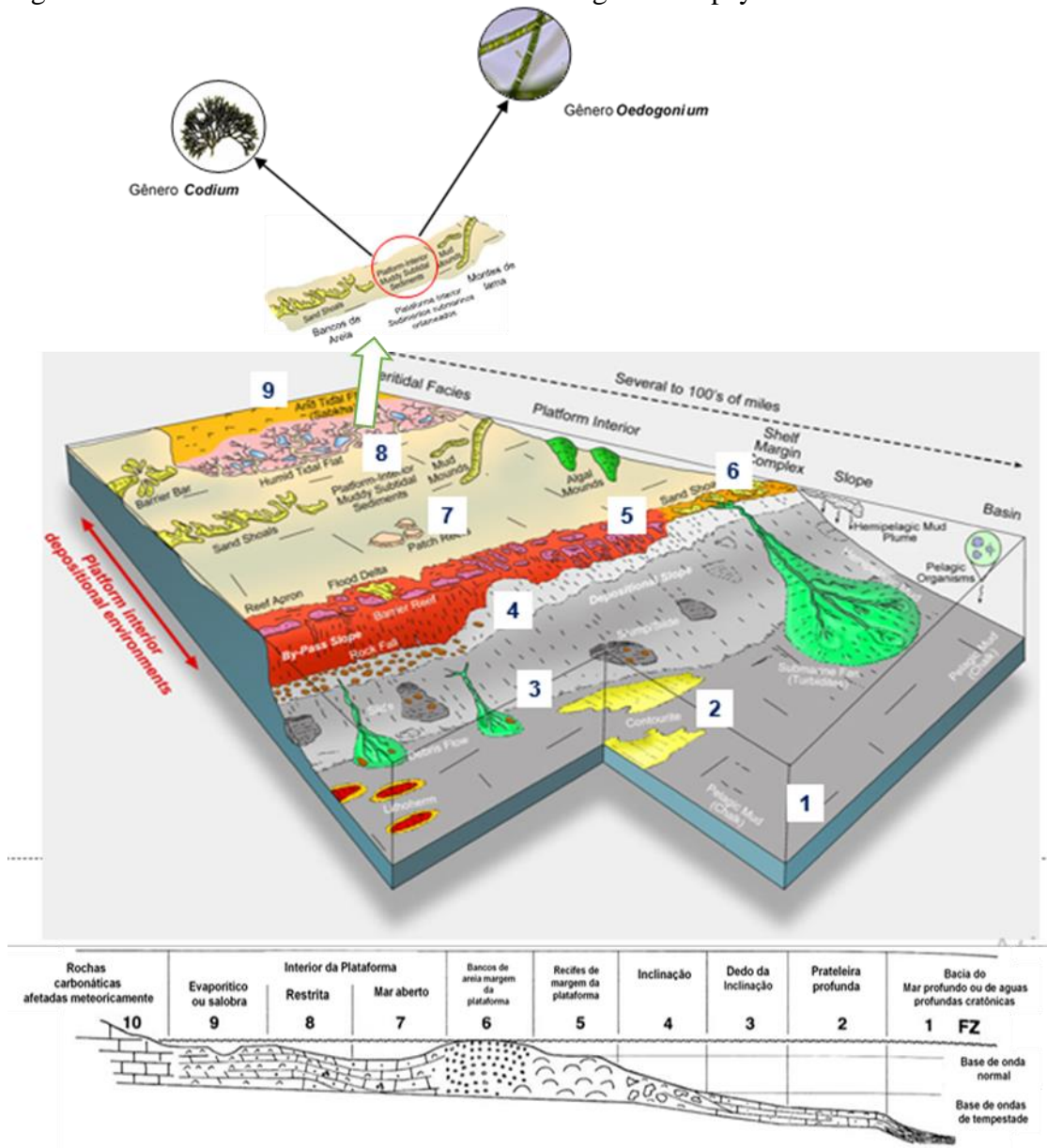
Amplitude estratigráfica: idade (Cretáceo)

Distribuição Geográfica: Formação Santana, Bacia do Araripe.

*Codium* é um gênero cosmopolita encontra-se em algumas regiões do Japão, África do Sul, México, Brasil (CHACANA et al., 2016), como também ao longo da costa Atlântica.

### 5.5 Paleoambiente

Figura 10 – Paleoambiente onde são encontradas as algas Chlorophytas do trabalho.



Fonte: Wilson (2012, Adaptado).

Os fósseis descrevem bastante sobre a história e o tempo geológico existente, porém, é importante investigar os processos ocorridos durante o transporte ao soterramento (ALMEIDA, 2009). Diante da análise referente à palinologia no Membro Crato neste trabalho, indicam que o ambiente deposicional deste membro é um ambiente deltaico - lacustre que estão

divididos em diferentes subambientes: um lago salino, zona lacustre marginal, zonas elevadas e um relevo de colinas. Os processos químicos ocorridos no Membro Crato têm como resultado os calcários laminados, o que testifica que os paleolagos tiveram acesso com águas marinhas (RODRIGUES, 2015).

Os níveis de energia do paleoambiente deposicional, tornam-se úteis para a avaliação da composição das algas e os seres que inter-relacionavam nesse momento. Sabe-se que os ambientes podem ser classificados como de energia alta e baixa (FREITAS, 2019).

O Membro Crato executou-se por deposição em ambiente de água doce, inicialmente de águas relativamente rasas, com sinais de ondas e estruturas por disposição em camadas cruzadas. A preservação de organismos delicados, nos depósitos de calcários laminados, como algas, indica que deposições se tornaram mais tranquilas, com quase sem ou poucas energias no ambiente deposicional (FREITAS, 2019). As algas identificadas neste trabalho pertencem a um ambiente de plataforma restrita, conforme a Figura 10.

Freitas (2019) menciona que, de acordo com o conteúdo paleontológico, os três membros da formação Santana apresentam uma paleofauna muito parecida principalmente quando se refere a peixes e pterossauros.

A Formação Santana foi depositada em ambiente aquoso (Figura 10), influenciado por ritmicidades de retrabalhos litológicos. Esta formação é caracterizada por um ciclo, onde há maior riqueza fóssilífera (CARVALHO, 2012). O Membro Crato se engloba de abundantes registros fósseis bastante conservados, onde possui um abastado fragmento de algas filamentosas em anexo com uma flora e uma fauna em bom estado de preservação.

Por compor uma das mais abastadas biotas cretáceas do mundo, devido a qualidade de seus fósseis, os aspectos sobre diversidade paleoambiental sugerem as variações locais em torno da sua biota. A preservação da fauna compreende os organismos registrados em calcário laminados do Membro, bastante presente em registros fósseis como, insetos, peixes, anuros, aves e grupos de Invertebrados (FELIX, 2017).

Por meio de registros fósseis encontrados em um ambiente, o que não representam ao todo as espécies que ali viviam, possibilitam tracejar uma relação em determinados agrupamentos entre os organismos descobertos, uma vez que os dados foram coletados e exibindo uma provável feição geológica, assim compondo um cenário paleoambiental (MARTINE, 2013). As algas encontradas no Membro Crato somam cerca de quatorze espécies, sendo estas das divisões Pyrrophyta, Dinophyta e Chlorophyta, do qual a Chlorophyceae *Botryococcus sp* se destaca. (MARTINE, 2013; FELIX, 2017), sendo os gêneros *Oedogonium* e *Codium* identificados neste trabalho (Figura 10).

O ambiente do Membro Crato era composto por um ecossistema complexo de uma extensão de lagos modificáveis. Próximo a esses lagos ocupavam diferentes espécies de insetos aquistas, e pelo formato da cabeça e a posição de suas peças bucais, indicam que sua alimentação era constituída por algas, fungos e fragmentos de folhas (MARTINE, 2013).

Bruno e Hessel (2006) afirma a abundância de peixes como *Dastilbe* e raros representantes de *Cladocyclus gardneri* no Membro Crato, por acontecimentos de tormentas e cheias fluviais, ocorriam explosão algáticas, o que ocasionava a carência de oxigênio no ambiente, assim causando a morte de peixes estenohalinos, como *Cladocyclus gardneri*, fossilizando então no folhelho.

## 6 CONCLUSÃO

Diante dos registros fósseis encontrados no município de Santarém- PA, podemos concluir que:

- A cromática das placas apresentou coloração bege, creme, marrom ao cinza claro, com laminações intercaladas de calcários de natureza micrítica.
- Comprovou-se que as rochas ornamentais são utilizadas como rochas de revestimento em ambientes externos e internos em residências ou locais de eventos.
- Em níveis de calcários laminados como descritos e testificados em visualização macroscópica, houve a abundância de algas filamentosas fragmentadas na Pedra Cariri. Estas rochas revelaram os organismos em seu material interno, através da petrografia sedimentar.
- Com base nas visualizações macroscópicas identificou-se anatomicamente características visíveis, tanto quanto ao tamanho das algas, como suas pigmentações.
- As algas identificadas foram classificadas taxonomicamente ao nível de Divisão, Classe, Ordem, Família e Gênero.
- Em visualização microscópica encontrou-se dois tipos de algas do Divisão Chlorophyta: a primeira, gênero *Oedogonium* e a segunda, gênero *Codium* aproximou informações sobre o paleossistema e os possíveis organismos que se inter-relacionam.
- As algas apresentaram alteração relacionadas a cor, pois todas estavam visivelmente oxidadas, com perda de material orgânico.

## REFERÊNCIAS

- AMANCIO, Carlos Eduardo. **Precipitação de CaCo<sub>3</sub> em algas marinhas calcárias e balanço de CO<sub>2</sub> atmosférico: os depósitos calcários marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono?** 2007. 64f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 2007.
- ASSINE, Mario L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 3, p. 289-300, 2017.
- BARDOLA, Tatiana Pastro. **Caracterização paleoambiental dos carbonatos microbiais do Membro Crato, Formação Santana, Aptiano – Albiano da Bacia do Araripe.** 2015. 147f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências
- BICUDO, Carlos Eduardo; MENEZES, Mariângela (Ed.). **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições.** Rima, 2017.
- BRANCO, C. C. Z., PERES, C. K.; KRUPPEK, R. A.; BERTUSSO, F. R. Macroalgas de ambientes lóticos da região centro-oeste do Paraná, região sul do Brasil. **Biota Neotropica**, p. 227-235, 2009.
- BRITO, P. M.; MARTILL, D. M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R. F. The Crato Formation fish fauna. **The Crato Fossil Beds of Brazil: window into an Ancient World.** Cambridge University Press, Cambridge, p. 429-443, 2007.
- CARVALHO, Gabriela Karine Rocha de. **Alguns himenóptera Apocríta do Membro Crato (Aptiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe.** 2012. 72f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, 2012.
- CARVALHO, Ismar S.; BORGHI, Leonardo; LEONARDI, Giuseppe. Preservation of dinosaur tracks induced by microbial mats in the Sousa Basin (Lower Cretaceous), Brazil. **Cretaceous Research**, v. 44, p. 112-121, 2013
- CARVALHO, Loic Gonçalves de. **Avaliação do potencial biotecnológico de micro e macroalgas da flora portuguesa.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, 2013.
- CATTO, Bruno. **Laminitos microbiais no membro Crato (Neoaptiano), bacia do Araripe, nordeste do Brasil.** 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015.
- CAVALCANTE, Kelma Maria dos Santos Pires. **Avaliação do potencial antioxidante de macroalgas marinhas do litoral cearense.** 2012. 122 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- CHACANA, Max E. et al. Las especies del género *Codium* (Chlorophyta) presentes en las Islas Galápagos. **Hidrobiológica**, v. 26, n. 2, p. 151-159, 2016.
- CLEMENTE, I. M.; ARTUR, A. C.; NETO, J. A. N.; MONTIBELLER, C. C.; Petrografia e caracterização físico-mecânica de calcários ornamentais das bacias potiguar e do araripe. **Geociências (São Paulo)**, v. 35, n. 3, p. 372-392, 2016.

CLEMENTE, Igor Magalhães. **Caracterização petrográfica, físico-mecânica e de alterabilidade dos calcários ornamentais das Bacias Potiguar e do Araripe (RN/CE)**. 2013. 166 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013.

DUARTE, G.; BORGHI, L. Petrografia das Fácies Evaporíticas Sulfatadas do Membro Ipubi, Formação Santana (Bacia do Araripe). **Anuário do Instituto de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 606-613, 2018.

FELIX, Janaina de lima. **Perfil etnobioestratigráfico (informal) das minas de Nova Olinda, Formação Crato da Bacia do Araripe**. 2017. 72f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, 2017.

FELIX, Janaine de Lima. **Perfil etnobioestratigráfico das Minas de Nova Olinda, Formação Crato da Bacia do Araripe**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2017.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B.; PRADO, J. F.; HAMLAOUI, S. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed Editora, 2009.

Franceschini, M.; Burliga, A.L.; Reviere, B.; Prado, J.F. & Hamlaoui, S. 2010. **Algas - uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre, Artmed.

FREITAS, Carlos Bastos. **Descrição de novos Taxons de Insetos Fósseis Dos Crato e Romualdo da Formação Santana e comentários Sobre a Geodiversidade do Geopark Araripe, bacia Sedimentar do Araripe, Nordeste do Brasil-Fortaleza**. 2019. 124f.. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, 2019.

GARCIA, Gustavo Gonçalves. **Análise palinológica em folhelhos da Formação Morro do Chaves e implicações na evolução paleogeográfica da fase rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas**. 2016. 113f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 2015.

GOBBO, S. R.; BERTINI, R. J. Tecidos moles (não resistentes): como se fossilizam? **Terrae Didática**, v. 10, n. 1, p. 2-13, 2014.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

GUIRY, M. D. GUIRY, G. M.; MORRISON, L.; RINDI, F. et al. MATHIESON, A. C.; AlgaeBase: an on-line resource for algae. **Cryptogamie, Algologie**, v. 35, n. 2, p. 105-116, 2014

HEERING, W. et al. **Chlorophyceae**. Fischer, 1914.

HIRN, Karl Engelbrecht. **Monographie und iconographie der Oedogoniaceen**. Druckerei der Finnischen Litteratur-Gesellschaft, 1900.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. Santarém. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>. Acessado em 20 nov. 2019.

KELLNER, A. W. A.; MAISEY, J. G.; CAMPOS, D. A. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**, v. 1, p. 121-130, 2002.

KÜTZING, F. T. **Phycologia generalis; oder Anatomie, Physiologie and Systemkunde der Tange**, xxxii+ 458 pp.+ 80 pl. 1943.

LIMA, M. R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. 1978. 335 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

MALDANIS, Lara et al. **Caracterização química e morfológica de tecidos moles preservados em ictiólitos da Formação Santana (Bacia do Araripe): em busca de fósseis cardíacos**. 2015.

MARGULIS, Lynn; SCHWARTZ, Karlene V. **Cinco Reinos: um guia ilustrado dos filões da vida na Terra**. Editora Guanabara Koogan, 2001.

MARTINE, Ariel Milani. **Reconstituições de cenários paleoambientais cretácios: Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) e Formação Adamantina (Bacia Bauru)**. 2013. 131f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2013.

MATTOX, K. R.; STEWART, K. D. Systematics of the green algae. **Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology**, p. pp. 29-72, 1984.

NOGUEIRA, Salvador. A grande oxigenação. **Pesquisa FAPESP**, v. 190, 2011.

OLIVEIRA, Francisco Irineudo Bezerra de. **Aspectos tafonômicos e paleoecológicos de ninfas de ephemeroptera e odonata do membro Crato, formação Santana, Bacia do Araripe, (Cretáceo inferior)**. 2016. 54 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PAULA, E. J. et al. **Introdução à Biologia das Criptógamas**. Instituto de Biociências, São Paulo, 2007.

PERES, Lara Maldanis Cerquerira. **Caracterização Química e Morfológica de Tecidos Moles Preservados em Ictiólitos da Formação Santana (Bacia do Araripe): Em Busca De Fósseis Cardíacos**. 2015. 65f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Ciências Médicas, 2017.

RAMOS, G. J. P.; BICUDO, C. E. M.; MOURA, C. W. N. Diversity of green algae (Chlorophyta) from bromeliad phytotelmata in areas of rocky outcrops and "restinga", Bahia state, Brazil. **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 1973-1985, 2018.

REBELO, Ana Cristina Furtado. **Paleontologia de algas calcárias: caso de estudo dos rodólitos de Porto Santo**. 2010. 74f. Tese (Doutorado). Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, 2017.

REICHENBACH, Heinrich Gottlieb Ludwig. **Das Pflanzenreich in seinen natürlichen Classen und Familien: Entwickelt u. durch mehr als 1000 Kupfer gestochene Übersichtl.-bildl. Darst. f. Anfänger u. Freunde d. Botanik erläutert**. Wagner, 1935.

RODRIGUES, G. G.; GURGEL, M. T. Exploração e beneficiamento da pedra cariri nas cidades de Nova Olinda e Santana do Cariri-CE. **UFERSA**, p. 1-9 2018.

RODRIGUES, Kamila Cardias, **Caracterização petrográfica dos “Carbonatos” Laminados do Membro Crato, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil**. 2015. 167f. Monografia (Graduação) – Universidade do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 2015.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. BRT. **Consentino Franco de Algas marinhas Instituto de Tecnologia do Paraná**. 27p., 2011.

STACKHOUSE, J. *Nereis britannica; continens species omnes fucorum in insulis britannicis crescentium: descriptione latine et anglico, necnon iconibus ad vivum depictis...* Fasc. 2. pp. ix-xxiv, 31-70, pls IX-XIII. Bathoniae [Bath] & Londini [London]: S. 1797.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2009.

Universidade Castelo Branco. **Taxonomia de Criptógamas**. – Rio de Janeiro: UCB, 2007.

VIANA, M. S.; NEUMANN, V. H. O Membro Crato da Formação Santana: riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**, v. 5, p. 113-120, 2000.

VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F.; CAMPOS, A. R.; PEITER, C. C. **O arranjo produtivo local da Pedra Cariri**. 2008 Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2008/CAC00310008.pdf>. Acesso em 20 nov. 2019.

VIDAL, F. W.H; PADILHA, M. W. M. A industria extrativa da pedra cariri no estado do Ceará. Fortaleza, **Anais...** Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste (IV). 199-210p, Ceará, 2003.

VOLTANI, Cibele Gasparelo. **O acervo paleoictiológico do Aptiano-Albiano da Formação Santana (Bacia do Araripe), existente nas coleções do Museu de Paleontologia e Estratigrafia Paulo Milton Barbosa Landim, DGA-IGCE UNESP Rio Claro**. 2011. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.

WARMING, Eugenius. **Haandbog i den systematiske botanik: naermest til brug for laerere og universitets-studerende**. Philipsen, 1884.

WILSON, James Lee. **Carbonate facies in geologic history**. Springer Science & Business Media, 2012.

## ANEXO I

**RETIRADO DE:** CHAOUICHE, Tiago Elias. **Diversidade de algas filamentosas do “Parque do Lago”, Guarapuava, Paraná, Brasil. (Período 2007 a 2008).** 2009. 52f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Centro Oeste, 2009.

## CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO (1) OEDOGONIUM e (2) CODIUM

Chave artificial para identificação dos gêneros encontrados

**(1) *Oedogonium***

1. Células sem núcleo típico (procariontes).....(Cyanophyceae)... 2
1. Células com núcleo típico (eucariontes; pigmentos delimitados por membranas.....6
2. Tricomas homocitados..... 3
  2. Tricomas heterocitados, isopolares, não atenuados e sem qualquer tipo de ramificação; acinetos alongados, maiores que as células vegetativas..... *Anabaena planctonica*
3. Células quadráticas mais largas que longas; tricomas mais largos.....4
3. Células mais longas que largas; tricomas finos com bainha mucilaginosa firme, fina, aberta, fixa ao substrato ao longo do comprimento formando massas ou tufos..... *Leptolyngbya elongata*
4. Células sem aerótopos.....5
4. Células com aerótopos.....*Planktothrix rubescens*
5. Tricomas com 6,0-9,0 µm diâmetro.....*Phormidium retzii*
5. Tricomas com 14,0-16,0 µm diâmetro.....*P. simplicissimum*
6. Cloroplasto de cor dominante verde-grama.....7
6. Cloroplastos verde-amarelados, indivíduo filamentosos sem septos transversais.....(Xanthophyceae)...*Vaucheria* sp
7. Reprodução sexuada jamais por conjugação..... 8
7. Reprodução sexuada por conjugação....(Zygnematophyceae)... 13
8. Elementos móveis de reprodução estefanocontes .....(Chlorophyceae)(em parte)... 9
8. Elementos móveis de reprodução não estefanocontes, mas flagelados.....(Ulvophyceae)
9. Filamentos simples (não ramificados) .....*Oedogonium*

## ANEXO 2

**RETIRADO DE:** MIOSSI, W.; AQUJE, GMFVA; ALVES, J. P. A. Levantamento das Clorófitas (Chlorophyta) marinhas bentônicas do litoral de Aracruz, estado do Espírito Santo, Brasil. *Natureza online*, v. 2, n. 2, p. 37-44, 2004.

(2) *Codium*

Ia- Plantas de hábito foliáceo expandido .....	2
I b- Plantas sem hábito foliáceo expandido.....	3
2 a- Talo constituído por células cenocíticas repetidamente ramificadas e unidas lateralmente .....	Anadyomene
2 b- Talo sem esta característica.....	Ulva
3 a- Plantas plurisseriadas a tubulares ocas .....	Enteromorpha
3 b- Plantas nunca plurisseriadas e nem ocas.....	4
4 a- Plantas unisseriadas .....	5
4 b- Plantas cenocíticass .....	6
5 a- Filamentos ramificados.....	7
5 b- Filamentos não ramificados.....	Chaetomorpha
6 a- Planta constituída por filamentos entrelaçados.....	8
6 b- Plantas não constituídas por filamentos entrelaçados.....	9
7 a- Ramos separados por um septo.....	Cladophora
7b- Ramos, no início, sem septo separado do eixo principal.....	Cladophoropsis
8a- Plantas eretas ou crostosas com região cortical constituída por vesículas.....	<b>Codium</b>
8b- Plantas formadas por segmentos discóides separados por nítidas constrições .....	Halimeda