

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**“REINTERPRETAÇÃO DOS ESTROMATÓLITOS  
DO GRUPO ITAIACOCA ENTRE ABAPÃ-PR E  
BOM SUCESSO- SP E SEU SIGNIFICADO  
PALEOAMBIENTAL E ESTRATIGRÁFICO”**

**Adriano Azevedo dos Santos**

Orientador: Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF/08-01)**

TF  
S237  
AA.r

**SÃO PAULO  
2008**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

REINTERPRETAÇÃO DOS ESTROMATÓLITOS DO GRUPO  
ITAIACOCA ENTRE ABAPÃ-PR E BOM SUCESSO-SP E SEU  
SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E ESTRATIGRÁFICO

Adriano Azevedo dos Santos



Orientador: Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025636

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2008/01)

SÃO PAULO  
2008

TF  
S237  
A.A.N

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

REINTERPRETAÇÃO DOS ESTROMATOLITOS DO GRUPO  
EALACOA ENTRE ARARA-PI E BOM SUCESSO-SP E SEU  
SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E ESTRATIGRÁFICO



Arara-PI e Bom Sucesso-SP

Orientador Prof. Dr. Thomas Kemp

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE ESPECIALIZAÇÃO  
(1977)

SÃO PAULO  
1977

## RESUMO

Estromatólitos são estruturas biossedimentares originadas de atividade microbiana e do seu meio. São conhecidos desde o Arqueano, sendo ainda hoje encontrado em locais com condições físico-químicas especiais. No Brasil, essa estrutura foi reconhecida por Almeida em 1944, ao sul de Itapeva (SP) em rochas proterozóicas hoje incluídas no Grupo Itaiacoca. Na época foi identificada como *Collenia itapevensis*. Mais tarde Fairchild os atribuiu a *Conophyton garganicum* e a um outro morfotipo estromatolítico ainda sem identificação formal.

Foram reunidas amostras de calcárias calcíticas e dolomíticas coletadas por Fairchild na região de interesse deste trabalho, em Bom Sucesso, SP e Abapã, PR. Foram descritas usando-se um guia especialmente desenvolvido para simplificar a descrição de microbialitos. Duas categorias principais de estromatólitos foram diferenciadas: microbialitos estratiformes e estromatólitos colunares ramificados. As formas estratiformes apresentavam lâminas onduladas escuras, ricas em material orgânico intercaladas com lâminas claras a brancas. Uma segunda forma de microbialito estratiforme que é caracterizada por uma textura laminar fenestral (estruturas birds eyes). As formas colunares compreendem colunas retas, cilíndricas e subcilíndricas, assimétricas, paralelas entre si, sem ornamentação, mas com ramificação. A sua laminação é muito convexa. Em planta os contornos das colunas são alongados e assimétricos, evidenciando inclinação original das colunas e desenvolvimento laminar preferencial do lado que mais recebia o impacto de sedimento fino em suspensão.

O paleoambiente é interpretado como parecido com o dos estromatólitos modernos em Shark Bay (Austrália). Lá, em ambiente de plataforma muito rasa, estromatólitos estratiformes se desenvolvem nas partes mais expostas da zona entre-marés. Aparecem também estruturas colunares ramificadas e discretamente inclinadas na direção dos ventos dominantes na área e que se formam mais pela aglutinação de sedimentos trazidos pela corrente do que pela precipitação de carbonato.

## ABSTRACT

Stromatolites are biosedimentary structures that originate through the interaction of microbial activity and the surrounding sedimentary environment. They date from the Archean, but may still be found today in certain localities under special conditions. In Brazil, stromatolites were first recognized by Almeida in 1944 south of Itapeva (SP) in Proterozoic rocks now included in the Itaiacoca Group. At that time these stromatolites were identified as *Collenia itapevensis*, but Fairchild reclassified them as *Conophyton garganicum* and a second morphotype, yet to be formally identified.

Samples of limestones and dolostones collected by Fairchild near Bom Sucesso, SP, and Abapã, PR, were described using a guide especially developed to simplify the morphological description of microbialites. Two main categories of stromatolites were distinguished: stratiform microbialites and branched columnar stromatolites. The stratiform microbialites present dark, wavy laminae, rich in organic matter, that intercalated with light-colored to white laminae having a very fine carbonate matrix. A second variety of stratiform microbialite is characterized by a laminar fenestral fabric (birds' eye structures) resulting from early diagenetic decomposition of organic clumps. The columnar stromatolites comprise parallel, asymmetric, cylindrical to subcylindrical straight columns lacking surficial ornamentation but exhibiting branching. Laminae are very convex. In plan view the columns exhibit asymmetrical elongate outlines, that evidence original inclination of the columns and preferential laminar development towards the side that received the greatest impact of fine, suspended sediment.

The paleoenvironment is interpreted as similar to that for the modern stromatolites at Shark Bay (Australia). There, on a very shallow platform, stratiform stromatolites develop under calm conditions in the upper intertidal zone. Columnar stromatolites incline discreetly into the direction of prevailing winds and form more by agglutination of sediment brought by bottom currents than by *in situ* carbonate precipitation.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pela dedicação no ensino das várias disciplinas que compõe o curso de Geologia.

Um especial agradecimento ao Professor Doutor Thomas Rich Fairchild pela imensa paciência, dedicação e amizade desde o meu início na graduação, quando apresentou estes tais estromatólitos. O apoio que sempre ofereceu inclusive agora para a realização deste trabalho.

Aos estagiários que trabalham no Laboratório de Paleontologia Sistemática (LPS), à secretária Ivone. Ao pessoal do Setor de Laminação por aceitar em preparar algumas lâminas no último momento. A aluna de pós-graduação Evelyn Aparecida M. Sanches pelo auxílio no microscópio.

Aos meus amigos da graduação, em especial aqueles da turma de 2001, especialmente aos amigos do banco do pátio, Julio Cesar "Capitão", Cica, Satan, Mauricio Pavão, Rafael "Vivi" Mota, Gustavo, Leandro, Graziani Gobato, Susi Olivieri, Itamar, Camila, Leila, Marcela, Maria Kazue, Michele Tizuka, Patricia, Diana, Penélope, Marina, Saulo, Rosa, Sérgio Yoshida, Vidya, Walter, Ricardo Wolverine, Elder, Naira, Gabriela, Emiliano Kiwi. Aos que eu conheci e os nomes não estão aqui, perdão.

Um agradecimento muito especial aos meus pais, Carlos R. M. dos Santos e Inez Azevedo dos Santos pelo carinho, amor, apoio e principalmente pela paciência. Muito obrigado.

## ÍNDICE

<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Metas e objetivos</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Área de Estudo</b>	<b>2</b>
<b>3. Trabalhos Prévios</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Geologia Regional</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Estromatólitos</b>	<b>5</b>
<b>3.2.1 Conceitos Gerais</b>	<b>5</b>
<b>3.2.2 Estromatólitos no Grupo Itaiacoca</b>	<b>6</b>
<b>4. Materiais e Métodos</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Materiais</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Descrição dos Estromatólitos</b>	<b>9</b>
<b>4.3 Trabalho de Laboratório</b>	<b>9</b>
<b>5. Caracterização das Estruturas Analisadas</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Estromatólitos Estratiformes</b>	<b>11</b>
5.1.1 Estromatólitos Estratiformes sem Birds Eyes	11
5.1.2 Estrutura Estratiforme com Birds Eyes	11
<b>5.2 Oólitos</b>	<b>11</b>
<b>5.3 Estromatólitos Colunares</b>	<b>12</b>
5.3.1 Amostras da região de Abapã-PR	12
5.3.2 Amostras da região de Bom Sucesso-SP	13
5.3.3 Descrição de Estromatólitos Colunares usando Vetores de Crescimento	18
5.3.4 Descrição estratigráfica	18
<b>5.4 Descrição do Trabalho Realizado</b>	<b>24</b>
<b>6. Interpretação da Estruturas</b>	<b>26</b>
<b>6.1 Estromatólitos Estratiformes</b>	<b>26</b>
6.1.1 Estromatólitos Estratiformes sem Birds Eyes	26
6.1.2 Estromatólitos Estratiformes com Estrutura Birds Eyes	26
<b>6.2 Oólitos</b>	<b>27</b>
<b>6.3 Estromatólitos Colunares</b>	<b>27</b>
<b>6.4 Interpretação da coluna estratigráfica</b>	<b>27</b>
<b>6.5 Comparação com Outras Localidades</b>	<b>28</b>
6.5.1 Grupo Itaiacoca	28
6.5.2 Grupo Açungui	28
6.5.3 Grupo Piracicaba	29
<b>7. Conclusão</b>	<b>30</b>

**ÍNDICE DAS FIGURAS**

<b>Figura 1: Mapa dos principais pontos de ocorrência</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2: Guia para Descrição de Estromatólitos</b>	<b>14, 15, 16</b>
<b>Figura 3: Afloramento de Carbonato em Taquaruçu e Coluna Estratigráfica Simplificada</b>	<b>23</b>

**ÍNDICE DAS TABELAS**

<b>Tabela 1 com as amostras e localização nas regiões de Bom Sucesso, SP e Abapã, PR:</b>	<b>8, 9</b>
<b>Tabela 2: identificação de Macroestruturas</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 3: identificação de Mesoestruturas</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 4 com as medidas das estruturas</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 5 com as medidas da amostra GP/6E 159.</b>	<b>20, 21</b>
<b>Tabela 6 abaixo é o cronograma das atividades realizadas</b>	<b>24</b>

**ÍNDICE DE ESTAMPAS**

<b>ESTAMPA I</b>
<b>ESTAMPA II</b>
<b>ESTAMPA III</b>
<b>ESTAMPA IV</b>

## 1. Introdução

Estromatólitos são estruturas biossedimentares originadas de atividades microbianas e o meio em que vivem. São distribuídas temporalmente no Arqueano, com poucos registros, tendo maior distribuição e diversidade no Proterozóico (Awramik 1991, 1992), sendo encontrados até hoje em locais com condições físico-químicas especiais como alto pH, temperatura e salinidade. É crescente o interesse dos geólogos no uso prático dessas estruturas, principalmente para o entendimento da estratigrafia, paleogeografia e paleoambiente nas bacias onde se depositaram.

No Brasil, ou melhor, na América Latina estromatólitos foram reconhecidas pela primeira vez por Fernando de Almeida em 1944, como *Collenia itapevensis*, ao sul da cidade de Itapeva, em rochas atualmente incluídas no Grupo Itaiacoca. Posteriormente esses estromatólitos foram objetos de estudo por Fairchild (1977), que identificou duas formas distintas dentre as bioestruturas descritas por Almeida e descobriu outras ocorrências na mesma faixa de estudo. Sallun-Filho (1999) aprofundou o conhecimento dos estromatólitos ao sul de Itapeva, inicialmente estudados por Almeida (1944).

Neste Trabalho de Formatura, propomos a reavaliação de algumas ocorrências de estromatólitos do Grupo Itaiacoca, que não foram abordados no trabalho de Sallun-Filho. Muitos exemplares coletados entre Itapeva, no estado de São Paulo, e Itaiacoca, no estado do Paraná, estão disponíveis para esta finalidade nas coleções de material de campo do Prof. Thomas R. Fairchild. Muitos desses estromatólitos são distintos daqueles que ocorrem próximo de Itapeva. Estas diferenças certamente refletem diferenças nas condições paleoambientais de formação e, possivelmente, em idade também. Acredita-se que a investigação das relações entre morfologia e ambiente de formação dos estromatólitos fora da região de Itapeva possa ser de grande utilidade para esclarecer aspectos sedimentológicos e estratigráficos dos carbonatos do Grupo Itaiacoca.

## **2. Metas e objetivos**

O mérito dos estudos dos estromatólitos da Faixa Itaiacoca ultrapassa a simples descrição dos mesmos, eles podem oferecer uma ampla variedade de informações, os motivos são:

- Existem muitas ocorrências de estromatólitos na Faixa Itaiacoca;
- Existem diferenças morfológicas significativas entre eles;
- Essas diferenças certamente refletem diferenças nas condições de formação desses estromatólitos;
- Essas diferenças possivelmente implicam em diferenças também na idade dos diferentes corpos de carbonatos do Grupo Itaiacoca;
- A estratigrafia do Grupo Itaiacoca está em processo de reavaliação;

Portanto, as metas e objetivos deste trabalho são:

- Preparação e descrição de material já disponível no Instituto de Geociências;
- Para cada forma de estromatólito distinto, interpretação da morfogênese e contexto paleoambiental;
- Comparação das morfologias e paleoambientes das diferentes tipos de estromatólitos observados no Grupo Itaiacoca;
- Síntese dos contextos paleoambientais, estratigráficos e paleogeográficos sugeridos pelos corpos estromatolíticos estudados;

### **2.1 Área de Estudo**

Localiza-se na região da cidade de Bom Sucesso, ao sul do estado de São Paulo, na carta topográfica Folha Barra do Chapéu, escala 1:50.000 – SG. 22-X-B-1-4. E próximo da cidade de Abapã, ao nordeste do estado do Paraná, na Folha Geológica de Abapã, escala 1:50.000 – XVII – 13, feita pela Comissão da Carta Geológica do Paraná e organizada pela Companhia de Desenvolvimento Econômico do Paraná – CODEPAR, com base cartográfica na escala de 1:50.000 da Folha SG. 22-K-I-1 do Serviço Geológico do Exército.

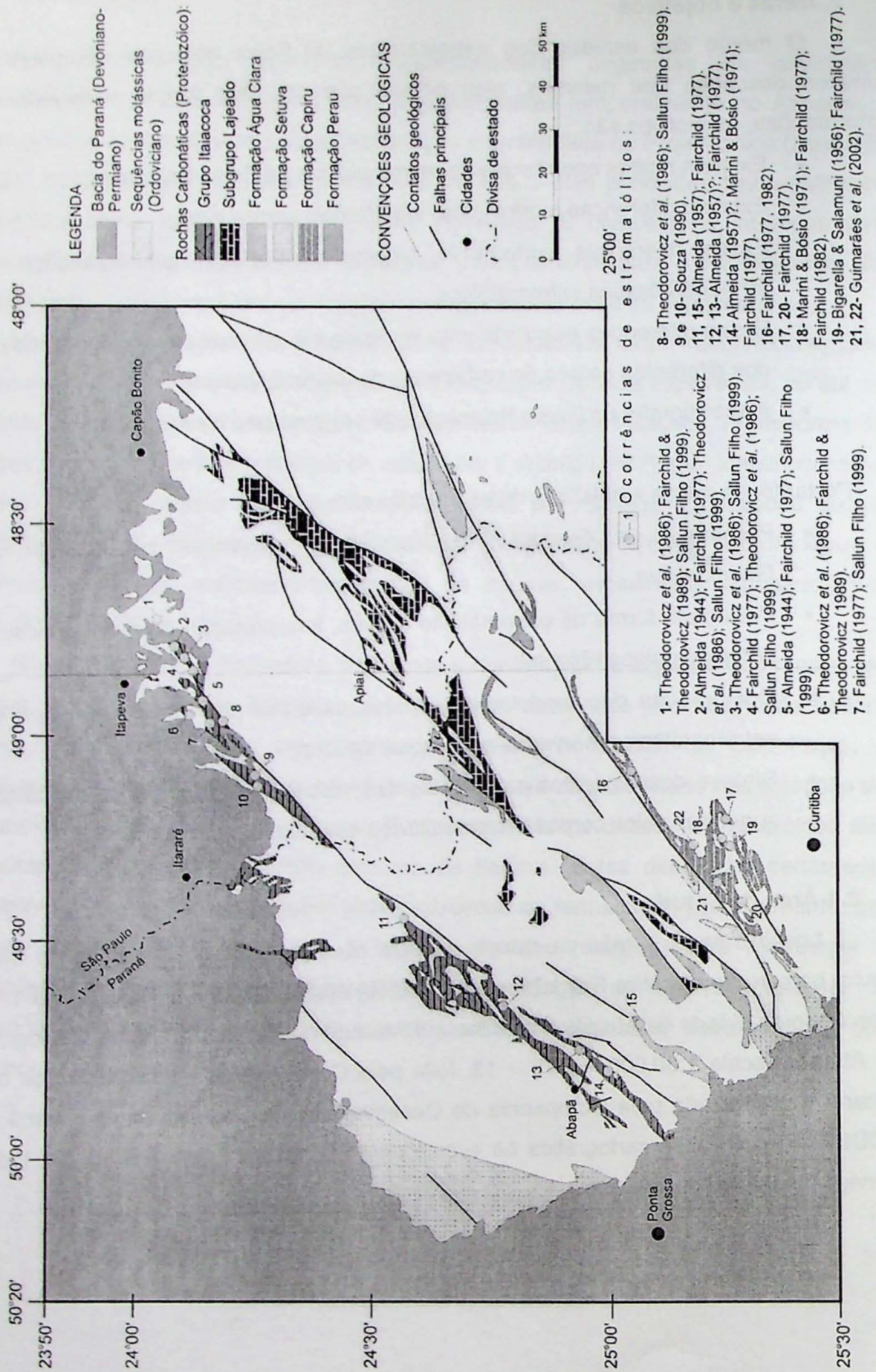


Figura 1: Mapa dos principais pontos de ocorrência de estromatólitos na Faixa Ribeira, entre São Paulo e Paraná, extraído de Sallun-Filho (1999)

### 3. Trabalhos Prévios

#### 3.1 Geologia Regional

Pertencente aos terrenos supracrustais do extremo sul da Faixa Móvel Ribeira, o Grupo Itaiacoca ocupa uma faixa estreita, com direção NE-SW, entre as cidades de Guapiara e Itapeva (SP) e Itaiacoca (PR). Seus limites são marcados pelos batólitos graníticos de Cunhaporanga (NE) e Três Córregos (SW), além da Zona de Cisalhamento de Itapirapuã.

A geologia da faixa Itaiacoca começou a ser descrita a partir do início do século XX, sendo identificado por seus pacotes de calcário sacaróide alinhados e envolvidos por xistos argilosos, tudo isso incluído na então “Série Assunguy”.

Foi Almeida (1944) que reconheceu e descreveu estruturas de origem orgânicas em dolomitos próximos de Itapeva (SP). Posteriormente, Almeida (1957) colocou essas rochas numa posição intermediária na “Série Assunguy” e as denominou como Formação Itaiacoca para caracterizar o pacote espesso de mármore dolomíticos estromatolíticos.

Através de vários estudos geológicos nas áreas onde as rochas Itaiacoca afloravam, percebeu-se que se tratava de uma faixa alongada com direção NE composto por dolomitos, calcários, filitos e intrusões ácidas. No entanto, somente na década de 70 os geólogos começaram a chamar as rochas aflorantes nesta faixa de Formação Itaiacoca. A partir de um trabalho publicado pelo IPT (1985a), o conjunto de rochas desta faixa foi elevado para categoria de grupo, devido à homogeneidade e dimensões dos pacotes e subsequente suas unidades foram chamadas de formações.

A distribuição litológica da faixa compreende uma associação de sedimentos de origem vulcano-sedimentar e outra químico-pelítica (Souza, 1990). A primeira formada por meta-arcósios, metavulcânicas, metaconglomerados e metapelitos e a segunda são formadas por rochas dolomíticas metacarbonáticas, metamargas, filitos carbonáticos e cálcio-filitos.

Não existe uma estratigrafia regional consensual, talvez devido à existência de uma grande complexidade estrutural e variedade faciológica lateral, além da falta de marcos estratigráficos (Sallun-Filho e Fairchild, 2004). No entanto, a descrição realizada por Souza (1990) num trabalho estratigráfico de detalhe para o seu mestrado, serviu como ponto de partida ou modelo para comparação em trabalhos posteriores. Ele subdividiu o Grupo Itaiacoca em quatro formações, da base para o topo:

- Formação Bairro da Estiva: metaconglomerados e metarenitos;
- Formação Água Nova: metapelitos e metacalcários;
- Formação Serra do Macaco: metarenito e quartzito;

- Formação Bairro do Campo: metadolomitos, arenitos e quartzitos.

O trabalho estratigráfico foi todo realizado na região de Bom Sucesso (SP), todavia não é descrito rochas metavulcânicas na sua seqüência, devido ao não aparecimento destas na região estudada.

Somente no trabalho de Reis Neto (1994) realizado nas regiões de Itaiacoca, Abapã e Socavão, todos no Paraná e utilizando o trabalho de Souza (1990) como referência, as rochas metavulcânicas foram colocadas no que ele chamou de Formação Abapã, que possui semelhança litológica com a Formação Bairro da Estiva do trabalho de Souza (1990).

Todas as rochas da faixa são marcadas por um ciclo metamórfico do Neoproterozóico, conhecido por Ciclo Tectônico Brasileiro. O grau metamórfico impresso por este evento nessas rochas é a fácies xisto verde, na zona da clorita, podendo atingir até a zona da biotita.

A história tectônica da faixa é policíclica, com suas seqüência representando a quebra do Supercontinente Rondínia e o seu colamento com o Supercontinente Gondwana, ou seja, suas seqüências envolvem rifteamento, abertura de oceano, arco de ilhas e colisão arco de ilha – continente (Campanha & Sadowski, 1998). A idade da bacia ainda não está totalmente esclarecida, mas trabalho realizado por Siga Jr. et al. (2003), nos zircões presentes nas metavulcânicas apontam para uma idade mais antiga de 635 Ma. A presença de *C. garganicum* implicaria numa idade mais antiga que 850 Ma. (Fairchild, 1977)

### **3.2 Estromatólitos**

#### **3.2.1 Conceitos Gerais**

Por 2 bilhões de anos os procariontes foram os únicos seres vivos na Terra. Entender o registro desses seres é extremamente importante para o conhecimento das interações entre os fatores geológicos e a evolução da vida.

Os estromatólitos, estruturas construídas através da interação entre micróbio e sedimento, nos fornecem informações sobre a biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera numa época em que o planeta era caótico e a vida estava começando a florescer. (Awramik, 1992)

Até o início do século XX, estromatólitos não passavam de curiosidades paleontológicas. Era reconhecido o seu caráter biológico, mas não sua utilidade prática. A partir da década de 30, os cientistas começaram a aprofundar seu uso na geologia, e na década de 50 intensificou-se o interesse em sua utilização para correlação estratigráfica, datar o Pré-Cambriano e interpretações do significado e importância para sedimentologia e paleogeografia.

Com o passar do tempo, a própria concepção do termo estromatólito foi aperfeiçoada, e sua formação foi reconhecida como um processo biossedimentar, unindo assim a paleontologia e a sedimentologia.

Os estromatólitos são estruturas formadas pela ação de microrganismos fotossintetizantes que precipitam e/ou agregam minerais. Esses microrganismos são seres bentônicos, isto é, cianobactérias e bactérias, que se instalam no substrato e que necessitam da fonte de energia, água, grãos minerais para aglutinação e nutrientes para crescerem. E sua estrutura final é o resultado do aprisionamento de sedimentos, precipitação de minerais e por fim a sua litificação.

A morfologia é variada, Hoffman em 1976 (Hoffman, 1976) enquanto estudava os estromatólitos modernos em Shark Bay, na Austrália, demonstrou que as várias formas encontradas era resultado direto da ação do ambiente. Ele percebeu que dependendo da ação dos movimentos da água, na forma de onda ou maré, produzia uma modificação na forma, no tamanho e no relevo das colunas observadas. Essas diferenças encontradas ajudaram a entender as atividades biológicas e as condições ambientais (taxas de sedimentação, influência de correntes, marés, salinidade, dessecação, etc.) como fatores importantes na formação dos estromatólitos antigos, ou seja, no estudo dos paleoambientes. Embora as condições modernas e pré-cambrianas não fossem necessariamente idênticas, são suficientemente semelhantes a permitir comparações.

### 3.2.2 Estromatólitos no Grupo Itaiacoca

Na América Latina, os estudos com estromatólitos começaram com Fernando de Almeida em 1944 (Almeida, 1944), ao sul de Itapeva, São Paulo. Com a descoberta da *Collenia itapevensis* em metacalcários, considerados na época como parte da Série “Assunguy”, Formação Itaiacoca (Almeida, 1957) e mais recentemente modificado para Grupo Itaiacoca.

Ao fazer novos estudos dos exemplares descobertos em Itapeva, Fairchild (1977) percebeu que as formas dômicas e cônicas descritas por Almeida na verdade pertenciam ao grupo *Conophyton* e provavelmente a forma *Conophyton garganicum*, normalmente encontrado no Neoproterozóico inferior e Mesoproterozóico em outros locais do mundo. A atribuição prévia destes estromatólitos a *Collenia* foi descartada, pois ela somente deveria ser usada para oncólitos estromatolíticos.

Mais tarde Sallun-Filho (1999) e Fairchild e Sallun-Filho (2003) publicaram trabalhos sobre o crescimento e o ambiente de deposição do *Conophyton* no Grupo Itaiacoca, além de quantificar a deformação tectônica utilizando os estromatólitos para isso (Sallun-Filho et. al., 2005). Eles concluíram que a forma mais comum de

estromatólito na área era cônica, aparentemente *Conophyton garganicum*. Observaram bioermas tabulares formados de metacalcário dolomítico e lenticulares formados de metacalcário calcítico. Como existia a prevalência da forma cônica e sem traços de retrabalhamento, sugeriu-se um ambiente de águas relativamente profundas, sem ação de ondas. Com relação à deformação tectônica, observou-se ser mais intenso nos estromatólitos metacalcários calcíticos do que nos metacalcários dolomíticos. Foi sugerida para explicar essa diferença a presença maior de impurezas (argila) nos metacalcários calcíticos.

A grande quantidade de *Conophyton* presente na Faixa Itaiacoca permitiu comparações com estromatólitos encontrados em outras faixas, como a Faixa Brasília. Em Sallun-Filho e Fairchild (2005) e Dardenne (2005), foram feitas comparações entre os estromatólitos dessas duas faixas, enquanto nas duas faixas são encontrados estromatólitos do mesmo grupo *Conophyton*, mas de formas diferentes. Na Faixa Itaiacoca, o *C. garganicum* é formado por colunas cilíndricas e contornos circulares transversais a elípticos. Na Faixa Brasília é encontrada dois tipos de *Conophyton*, o primeiro classificado como *Conophyton cylindricum*, com coluna cilíndrica, contorno transversal elíptico, perfil longitudinal pontiagudo e zona axial mal definida. O segundo é classificado como *Conophyton metulum*, com colunas cilíndricas, contornos transversais arredondados a elípticos, perfil longitudinal pontiagudo e zona axial larga. Como foram encontradas diferenças na forma entre os estromatólitos, mas não apresentam grandes diferenças temporais entre eles, concluiu-se que é o ambiente de deposição foi o que os diferencia.

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1 Materiais

Foram selecionadas amostras das regiões de interesse deste trabalho, Abapã, PR e Bom Sucesso, SP, previamente coletadas em trabalhos anteriores, conforme já citado. Todas elas foram analisadas levando-se em conta o seu tamanho, grau de recristalização, alteração superficial, a variedade de morfotipos dos exemplares e sua feição laminar. A identificação das amostras ocorreu de dois modos: exemplares imediatamente selecionados no início do trabalho e que só continham identificação da data de coleta, geralmente guardados em sacos, Outros exemplares que foram obtidos no campo do aluno Sérgio Willians, foram mantidos o seu sistema de numeração ITA-016, por exemplo. As únicas exceções são: uma amostra já registrada no livro de do Laboratório de Paleontologia Sistemática – GP/6E 159 e uma amostra identificada com a data de coleta 1/7/6/92-3. Também foram obtidos amostras identificadas como 3/26.06.77/3, 1/27.06.77/1 e 27.06.77 1-1.

As amostras variam do tom da cor cinza, partido do cinza claro para o cinza escuro, todas elas apresentam recristalização, sendo algumas ocupando porções consideráveis na amostra o que, às vezes, prejudica a observação das estruturas. Apresentam fraturas, além de alterações na superfície pela ação do intemperismo. A maior parte das amostras obtidas possui tamanho centimétrico, sendo que as amostras mais interessantes usadas para descrição dos estromatólitos são blocos tabulares com mais de 10 centímetros de comprimento.

Os exemplares são formados por metacalcários calcítico e dolomítico, com predominância do dolomítico. Quando exposto ao HCl à 10%, o metacalcário dolomítico reage lentamente, com formação de um resíduo branco. O metacalcário calcítico é facilmente reconhecido pela velocidade que reage com o ácido e pela mínima formação de resíduo.

Abaixo tabela 1 com as amostras e localização nas regiões de Bom Sucesso, SP e Abapã, PR:

<b>Localização das Amostras dos Estromatólitos Colunares na Região de Abapã-PR</b>			
<b>Amostras</b>	<b>Localização</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Ano</b>
3/26.06.77/3	Sítio Valdomiro de Almeida de Lara	não tem	1977
,1/27.06.77/1	Ribeirão Palmito.....	...não tem	1977
27.06.77 1-1	Ribeirão Palmito	não tem	1977

<b>Localização das Amostras dos Estromatólitos Colunares na Região de Bom Sucesso-SP</b>			
<b>Amostras</b>	<b>Localização</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Ano</b>
06.VII.86-1	Mineração Geovidro	não existe	1986
08.08.86-1	Mineração Geovidro	não existe	1986
ITA-015	Bota fora de uma das pedreiras da região	0691358x7313237	2000
ITA-016	Pedreira da Companhia Cal Sinhá	070144x7326870	2000
1/7/6/92-3	Pedreira da Companhia Cal Sinhá	070144x7326870	1992
GP/6E-159	Pedreira da Companhia Cal Sinhá	070144x7326870	2000

**Tabela 1 com a identificação da amostra e localização em UTM**

#### **4.2 Descrição dos Estromatólitos**

Será utilizado um guia baseado nos manuscritos de Grey (1989) por Fairchild e Rodrigues (2001), e usado pela primeira vez no trabalho de Sallun-Filho (1999). Esse guia enfatiza critérios objetivos padronizados para a interpretação dos estromatólitos, em quatro escalas:

- Modo de ocorrência: geometria do corpo geológico com a concentração de estromatólitos;
- Macroestrutura: geometria das estruturas individuais;
- Mesoestruturas: feições laminares dos estromatólitos;
- Microestruturas: arranjo interno das lâminas, petrotrama, textura e minerais existentes.

Deve-se deixar claro que as observações do Modo de Ocorrência só podem ser feitas no campo, enquanto os outros itens são aplicáveis nas observações feitas em laboratório.

Das amostras separadas para a descrição, foram utilizadas somente as estruturas colunares, no entanto foram obtidas também, amostras de formas estratiformes ou esteiras e oólitos.

#### **4.3 Trabalho de Laboratório**

Todas as amostras usadas para a confecção deste trabalho, foram examinadas conforme os seguintes procedimentos:

- Limpeza do material.
- Descrição das macroestruturas, mesoestruturas e microestruturas das amostras.
- Lâminas petrográficas de duas amostras, de dimensões aproximadas com 5x3 cm e espessura de 40 µm.

- Registro dos estromatólitos em fotografias digitais, tanto das amostras de mão (99 fotos) como das imagens feitas a partir de lâminas petrográficas de duas amostras (26 fotos), uma de rocha contendo oólitos e outra apresentando uma estrutura colunar. Para as fotos das amostras foi usada uma estiva com duas lâmpadas *photoflood* azuis de 250 watts e máquina fotográfica digital *Sony Cyber-Shot*, modelo DSC-F828. Para as fotos das lâminas, foi acoplada a máquina fotográfica digital citada acima num microscópio *Axiolab a* da marca Carl Zeiss.
- Foram traçados em folhas plásticas transparentes usadas em retro projetor, mostrando os vetores de crescimento e forma de laminação dos estromatólitos colunares.

## **5. Caracterização das Estruturas Analisadas**

### **5.1 Estromatólitos Estratiformes**

#### **5.1.1 Estromatólitos Estratiformes sem Birds Eyes**

As amostras contendo esse tipo de estromatólito são: 08.08.86-1, 06.VII.86-1. Foram retirados da Mineração Geovidro, localizado na estrada para a cidade de Itapeva, ainda na região de Bom Sucesso, no estado de São Paulo.

São facilmente identificados pela observação das lâminas onduladas, bem marcadas, finas e paralelas entre si (Prancha I, A e B). Em alguns momentos essas laminações são interrompidas, dando lugar a pedaços de lâminas em várias direções. São separadas uma da outra por uma matriz metadolomítica com textura muito fina de cor branca.

Apresenta fraturas centimétricas preenchidas com carbonato que as corta, também existem recristalizações que são observadas em alguns pontos das amostras.

#### **5.1.2 Estrutura Estratiforme com Birds Eyes**

A amostra ITA-016 (29.04.01)-4 e 3, na pedreira de calcário Cal Sinhá, de cor bege claro, e de dimensões centimétricas, é também um estromatólito estratiforme, apesar de não ser possível a observação das suas laminações. Em seu lugar, vemos pequenas lojas ou espaços vazios contíguos e paralelos entre si. Resultado do desaparecimento dos filamentos microbianos que existiam no local, causado por dessecação ou soterramento. Esses espaços são chamados de Birds Eyes (Olhos de Pássaro) ou Cavidade Fenestral. (Prancha I C)

### **5.2 Oólitos**

Na amostra 30.11.84/1, obtida próximo da pedreira de calcário Cal Sinhá. Numa primeira observação tratava-se de um conglomerado, com dimensões menores que 1 centímetro, na verdade, são oólitos (Prancha II A). Rochas sedimentares que apresentam grãos acrescionários, de diâmetro entre 2 à 10 milímetros, quando observados em seção apresentam lâminas concêntricas, formados por rolamento em que as partículas se aderem. Tem origem variável podendo ser químico ou bioquímico. (Suguio, 1998)

Na amostra observam-se grãos esféricos, ovais ou achatados, variando de cor, do branco ao marrom escuro ou mesmo preto, numa matriz micrítica bege (Prancha II A). Em lâminas petrográficas feitas da amostra, são observadas as laminações concêntricas bem formadas com núcleo bem diferenciado, formado por material microcristalino e grão maiores de carbonato. Textura interna formada por grãos

recristalizados em mosaico. Foi observado quartzo preenchendo fraturas posteriores a formação do grão (Prancha II B).

Num primeiro momento imaginou-se tratar-se de um oncólito devido às laminações concêntricas bem formadas, dando a impressão que se tratava de filamentos algais que cresceram pelo rolamento da partícula. No entanto, notou-se que as laminações eram contatos de uma outra parede externa, além de não possuir nenhuma irregularidade como ondulações ou interrupções da lâmina, com essas características foram descartadas ser um oncólito.

### **5.3 Estromatólitos Colunares**

Esta categoria que está mais representada nas amostras disponíveis para estudo.

São formadas por metacalcários dolomitos, maciços, de matriz fina e granoblástica variando de cor, do cinza claro ao escuro e as estruturas estromatolíticas com cor cinza escuro. Todas as amostras foram afetadas por recristalização. Também foram observadas fraturas cortado todas as amostras, especialmente naquelas de grande tamanho. Observa-se a presença de cristais euédricos de calcita no sedimento, e principalmente, a existência de pedaços ou partes de lâminas que foram arrancadas da estrutura da coluna e repousam no sedimento que envolve os estromatólitos colunares ramificados. No estromatólitos colunares sem ramificação foi observado que todas as colunas estavam muito próximas e uma lâmina de filito cortava algumas amostras.

#### **5.3.1 Amostras da região de Abapã-PR**

Foram obtidos poucos exemplares, entre junho de 1977. Somente as amostras relacionadas: 3/26.06.77/3, 1/27.06.77/1 e 27.06.77 1-1, foram catalogadas como amostras retiradas dessa região. São amostras de mão com dimensões centimétricas, de rocha metacalcária dolomítica e possui uma das faces polidas, e recristalização entre as colunas. Utilizando o guia adaptado de Grey (1989) por Fairchild e Rodrigues (2001) abaixo, foram descritas como estruturas colunares subcilíndricas simples, sem ramificação e em planta apresentavam-se arredondados. As colunas apresentam uma atitude normal ou reta, com pouco espaçamento entre elas. Todas as amostras apresentavam-se com laminação muito convexa, sem ondulações.

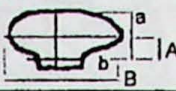
### 5.3.2 Amostras da região de Bom Sucesso-SP





















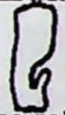


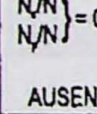
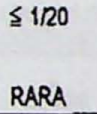
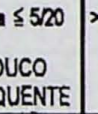
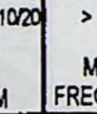
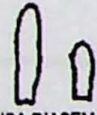


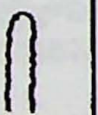


Nessa região é aonde com maior número de amostras foram obtidas, com tamanho, qualidade e diversidade de estrutura. A partir do IT-10 ao ITA-016(A), são todas as amostras recolhidas na região pelo Prof. Thomas no ano de 1976 até 2001, nos campos realizados para o mestrado de Sallun-Filho e no trabalho de conclusão de curso do aluno Sérgio Willians de O. Rodrigues.

Utilizando o guia para a descrição das amostras. Observam-se indivíduos com diversos tamanhos e estruturas que se alternam, ou seja, observamos arranjos de colunas com formas simples cilíndricas e subcilíndricas e acima delas, pontos de restrição que geravam novas colunas. Normalmente estas estruturas subcilíndricas demonstram que o indivíduo é assimétrico ao ângulo do corte ou da fratura da amostra. Muitas vezes o que se observa é uma coluna com a atitude normal ou reta, facilmente visto na amostra. Outras colunas apresentam sua atitude como sinuosa, isto faz com que elas ora entre ora saem do sedimento. Interrupções também podem ser originadas por recristalizações, que alteram a estrutura e o sedimento ao redor impedindo a sua diferenciação. Quando olhadas em planta o contorno do topo dessas colunas mostraram-se tão próximas que pareciam ser coalescidas ou interligadas entre si.

As amostras apresentavam lâminas alternadas brancas e negras de espessura milimétricas. As formas das lâminas foram classificadas como muito convexa e herança laminar baixo (Pranchas II C, III A e C e IV A e C).

Guia adaptado de Grey (1989) por Fairchild e Rodrigues (2001)

A MODO DE OCORRÊNCIA		B I O S T R O M O					ISOLADOS
		1	2	3	4	5	
		$b:a > 50$ TABULAR	$50 \geq b:a > 10$ DÔMICO	$10 \geq b:a; b=B$ LENTICULAR	$10 \geq B:a; b < B$ SUB-ESFÉRICO	$2 \geq B:a; B > b$ ESTROMATÓLITOS ISOLADOS	
M A C R O	B LATERALMENTE CONTÍNUOS	1	2	3	4	5	
		PLANAR ESTRATIFORME	ONDULADO	CUMULADO	PSEUDO-COLUNAR	PONTIAGUDO	
	C LATERALMENTE DESCONTÍNUOS SIMPLES	1	2	3	4	5	6
		$b \geq B, a$ DÔMICO	$B > b; A \leq a/2$ BULBOSO	$B > b; A > a/2$ TURBINADO	TERETIFORME	CILÍNDRICO	SUB-CILÍNDRICO
D LATERALMENTE DESCONTÍNUOS RAMIFICADOS	7	8					
	TUBEROSO	ONCÓIDES					
E FORMAS COMPOSTAS	1	2	3	4	5		
	EM FASCÍCULOS	COALESCIDA (SIMPLES)	COLUNAR-ESTRATIFORME	ANASTOMOSADA	COMPLEXA		
F CONTORNO EM PLANTA	1	2	3	4	5	6	
	ARREDONDADO EQUIDIMENSIONAL	POLIGONAL	ELÍPTICO A OBLONGO	LACEOLADO	CRESCENTIFORME	LOBADO	
	7	8	9				
		COALESCIDO	INTERLIGADO	CUSPIDADO			

M A C R O R A M I F I C A Ç Ã O	G A T I T U D E	1		2		3		4		5		6		
		NORMAL	INCLINADA	PROSTERNADA	CURVA	SINUOSA	DECUMBENTE							
	H P R O X I M I D A D E	I D I C Ô T O M A	7											
			RECUMBENTE											
			1		2		3		4					
			$d \rightarrow 0$ CONTÍGUOS	$d \leq B$ PRÓXIMOS	$d > B$ SEPARADOS	$d \gg B$ ISOLADOS								
			1		2		3		4		5			
$\alpha$			$\beta$	$\gamma$	MODERADAMENTE	MUITO	P A R A L E L A		D I V E R G E N T E					
J M Ú L T I P L A	K D E S I G U A L ( P R O J E Ç Õ E S )	1		2										
		PARALELA	DIVERGENTE											
		1		2		3		4						
		LATERAIS PARALELAS	LATERAIS DIVERGENTES	PROJEÇÃO EM NICHOS	PROJEÇÃO TERMINAL									
L F R E Q U Ê N C I A	E O R N A M E N T A Ç Ã O M A R G I N A L	1		2		3		4		5		$N = n'$ total de indivíduos $N_1 = n'$ de indivíduos com ramificação $N_2 = n'$ de pontos de restrição		
		$N_1/N_2 = 0$ AUSENTE	$\leq 1/20$ RARA	$> 1/20 \text{ a } \leq 5/20$ POUCO FREQUENTE	$> 5/20 \text{ a } \leq 10/20$ COMUM	$> 10/20$ MUITO FREQUENTE								
M A C R O R A M I F I C A Ç Ã O	E O R N A M E N T A Ç Ã O M A R G I N A L	1		2		3		4		5		6		
		LISA OU SEM ORNAMENTAÇÃO	SERRILHADA	FIMBRIADA	COM COSTELAS	ENCAROÇADA	COM PONTES							

M E S O S T R U T U R A	N PERFIL LAMINAR	1		2		3		4		5		6		
		CÔNCAVO	PLANAR	POUCO CONVEEXO	MODERADAMENTE CONVEEXO	MUITO CONVEEXO	PARABÓLICO							
		7		8		9		10		11		12		
		PONTIAGUDO	PONTIAGUDO COM ZONA AXIAL	RETANGULAR	RÔMBICO	ÊNVELOPE	CONCÊNTRICO							
		O	1		2		3		P	1				
			1	2	3	MICRO- DISCORDÂNCIA								
	GRAUS DE CURVATURA													
	Q GRAU DE HERANÇA LAMINAR	1		2		3		4		R	1		2	
		BAIXO	MODERADO	ALTO, SIMÉTRICO	ALTO, ASSIMÉTRICO	BAIXO	MÉDIO							
		ZONA AXIAL												
	S ESTRUTURA LAMINAR MARGINAL	1		2		3		4						
		ADENTRA-SE NO SEDIMENTO	SEM SUPERPOSIÇÃO	SUPERPOSIÇÃO PARCIAL	SUPERPOSIÇÃO EXTENSA	INFLUÊNCIA								

Figura 2: Guia para Descrição de Estromatólitos

## Síntese da Descrição dos Estromatólitos Analisados

Macroestruturas												
Amostras	Lateralmente contínuo	Lateralmente descontinuos simples	Lateralmente descontinuos Ramificados	Formas Compostas	Contorno em planta	Atitude	Aproximidade	Dicótoma	Múltipla	Desigual	Frequência	Ornamentação Marginal
3/26.06.77/3		5			2	1	1					1
1/27.06.77/1		5			2	1	1					1 e 4
27.06.77 1-1		5			2	1	1					1
ITA-015												
ITA-016	1					1 e 5						
1/7/6/92-3		5			1	1	2					2
GP/G6-159		1			3	1 e 5	2					2
ITA-016(A)		6	6		3	5	2					5

Tabela 2: identificação de Macroestruturas

Mesoestruturas						
Amostras	Perfil Laminar	Grau de Curvatura	Micro-discordância.	Grau de Herança	Zona Axial	Estrutura Laminar
3/26.06.77/3	5	2		2		
1/27.06.77/1	5	2		2		2
27.06.77 1-1	5	2		2		
ITA-015	3	1		3		2
ITA-016						
1/7/6/92-3	6	1		3		4
GP/G6-159	5	1	2			3
ITA-016(A)	5	1		2		3

**Tabela 3: identificação de Mesoestruturas**

### 5.3.3 Descrição de Estromatólitos Colunares usado Vetores de Crescimento

Para melhor interpretar essas estruturas foram feitos estudos dos seus vetores de crescimento, com medida de comprimento e de largura de cada coluna em duas amostras (Tabelas 5 e 6). Além dos vetores foram mostradas as laminações que ocorrem em cada coluna. Esse tipo de interpretação só foi feito com amostras de Bom Sucesso, SP, por serem as amostras de maior tamanho. A amostra ITA-016 e a amostra registrada GP/6E -159. (Pranchas III A, B, C e D; IV A, B, C e D)

#### **Amostra ITA-016 (Dimensão: 20 cm de largura X 07 cm de comprimento)**

- Apresentam contornos bem preservados.
- Com recristalização interna na laminação, inclusive entre as colunas, na matriz.
- Crescimento assimétrico, o que pode indicar uma competição entre as colunas para espaço e melhor exposição à luz solar.
- Laminação mais comum é pouco ou moderadamente convexa.
- Forma da base indica uma ação por parte dos ventos ou maré.
- Apresenta material fragmentado das colunas e cristais euédricos de carbonato.
- Na amostra, existe um mesmo padrão crescendo nos dois lados.
- Apresentam uma assimetria no topo, base e colunas.
- Poucos pontos de ramificação marcados, o que pode ser interpretado como um número maior de crescimento.

Portanto, abaixo se encontra duas tabelas com as medidas das estruturas contidas no ITA-016. \* letra p indica medida parcial, sem limite de coluna bem visível.

Amostra ITA-016 - Lateral		
Coluna	Comprimento cm	Largura cm
1	3,00	2,20
2	5,20	3,00
3	2,50	1,2 -2,2
4	2,00	1,90
5	4,80	2,0-2,6
6	1,90	1,50
7	4,20	2,20
8	7,60	a:2,22,4x2,4;b:2,4x2,2
9	1,30	1,30
10	4,20	1,80

Amostra ITA-016 - Topo		
11	p 3,0	2,30
12	5,00	1,8-2,7
13	7,00	p2-2,5
14	5,20	2,00
15	3,00	2,00
16	5,20	1,20
17	p2,3	1,80
18	p3	2,20

**Tabela 4 com as medidas das estruturas**

**Amostra GP/6E 159 (Dimensões: 47,5 cm X 20,6cm X 26cm)**

**Topo da Amostra**

- Topo das estruturas estromatolíticas com zona axial bem visível.
- As estruturas apresentam uma direção comum, ou seja, apresenta orientação.
- Possuem uma assimetria, com diâmetro diferente da largura.
- Apresenta recristalização dentro das estruturas.
- Observam-se grãos escuros na matriz, indicando um retrabalhamento das colunas.
- É observado formas coalescidas em seu contorno de planta.

**Lado da Amostra**

- Observam-se colunas mais alongadas perto do topo do que na base.
- Apresentam assimetria nas colunas.
- Com atitude normal no topo e sinuoso na base.

- Como na amostra anterior, apresentam pouca coalescência, o que pode indicar uma estrutura maior que a amostra.
- Colunas paralelas entre si e sem ornamentação.
- Também apresentam pedaços de estromatólitos na matriz, significando um retrabalhamento.
- É possível observar cristais euédricos de carbonato na matriz.
- Por toda a amostra é possível observar recristalização.

<b>Amostra GP/6E 159 -Topo</b>		
<b>Coluna</b>	<b>Comprimento cm</b>	<b>Largura cm</b>
1	4,80	3,50
2	5,00	2,90
3	10,00	p1,5-2,5
4	8,30	5,20
5	6,40	3,80
6	3,50	2,00
7	6,50	1,90
8	4,60	2,00
9	p3,0	p3,5
10	5,00	1,80
11	7,60	5,00
12	3,40	3,60
13	2,20	3,50
14	2,50	2,40
15	3,50	2,50

Amostra GP/6E 159 - Lateral		
Coluna	Comprimento cm	Largura cm
1	7,00	3,5
2	5,60	2,5
3	5,70	1,2
4	7,50	p2,7
5	6,50	p4,5
6	6,00	p2,7
7	15,90	3,00
8	1,30	1,50
9	7,30	2,40
10	10,50	3,40
11	17,50	2,5-1,9
12	6,00	1,80
13	2,40	1,80
14	p4	p3,2
15	p7,2	3,00
16	p6,7	2,30
17	p5,5	2,80
18	9,20	2,00
19	9,00	2,60
20	9,70	p2,6-2,1
21	12,00	2,50
22	7,70	1,70
23	3,70	1,80

Tabela 5 com as medidas da amostra GP/6E 159.

#### 5.3.4 Descrição estratigráfica da ocorrência de Itaquaruçu, na região de Bom Sucesso, SP

Trata-se de uma pedreira abandonada, pertencente à Companhia Cal Sinhá, que engloba os pontos ITA-016 e a amostra registrada GP/6E 159. Não fica numa bancada, somente uma frente de lavra, sendo parte dela encoberta por escorregamentos de material siltoso que se encontra numa estrada acima do topo da pedreira. Prancha 7.

Esse afloramento é descrito, da base para o topo, como:

P1 - Metacalcário com laminação fina, milimétrica, com níveis cinza escuro alternado com níveis de cinza claro. A altura estimada do pacote é de 10 metros.

P2 - Metaclacário com bandamento centimétrico, com bandamento escuro mais visível (S0). A altura estimada é de 20 metros.

P3 - Bloco ou bioerma com estruturas estromatolíticas colunares ramificadas e paralelas entre si, base das colunas finas e vão engrossando em direção ao topo. Enquanto as estruturas estromatolíticas são de cor cinza escuro, a matriz tem cor cinza parda, com granulação fina. Com altura de 20 metros.

P4 - Metacalcário maciço de coloração branca á cinza, com granulação fina e observam-se restos de estruturas estromatolíticas nele. Altura de 5 metros.

P5 - Metasiltito laminado de cor ocre à roxo. Sem medida de altura.

Na figura abaixo, temos uma pedreira de calcário em Taquaruçu, na região de Bom Sucesso, SP (Pedreira de Clacário Cal Sinhá), ao lado Coluna Estratigráfica Simplificada

Escala: da pessoa à esquerda em pé: 2,0 metros. Da coluna: 1:2

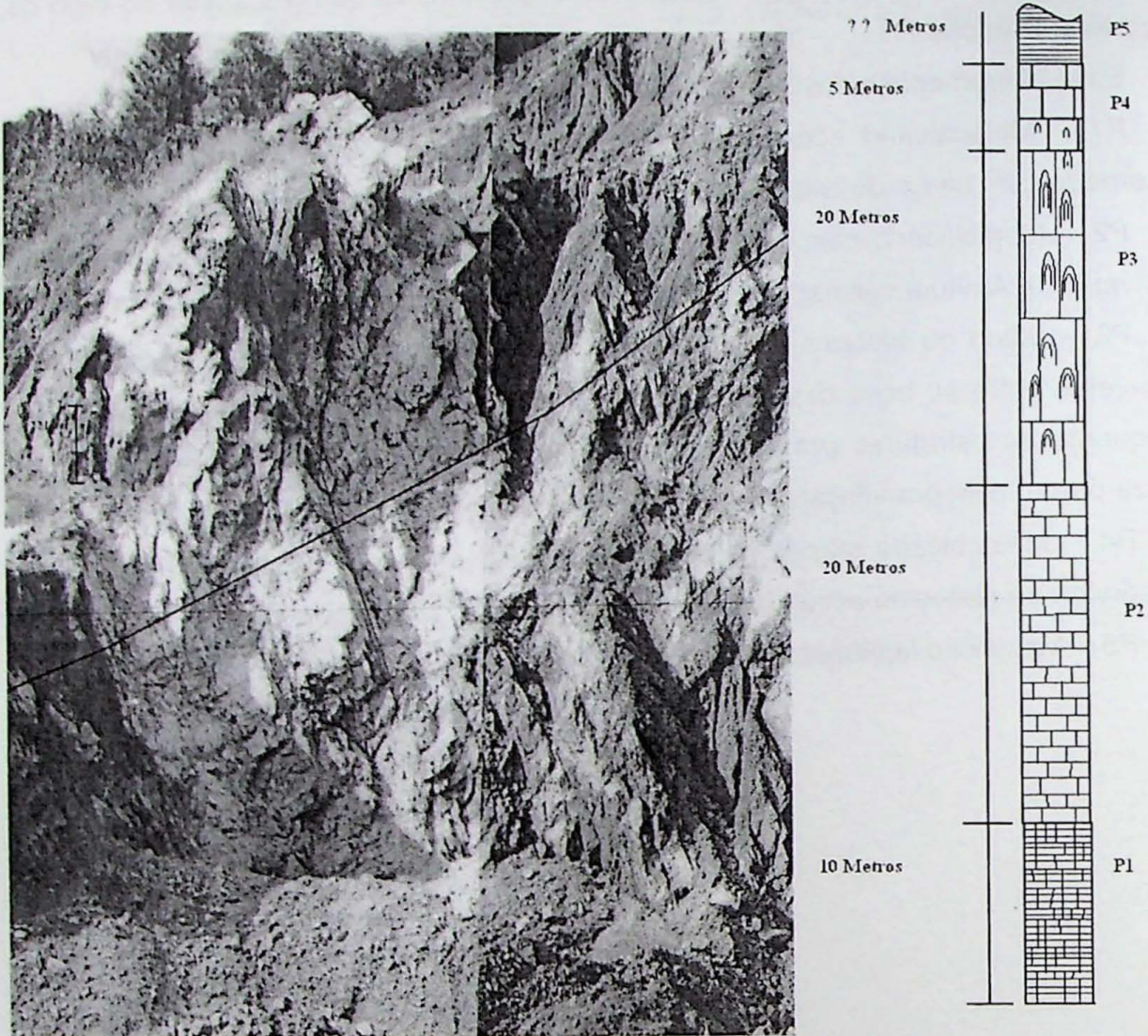


Figura 3: Afloramento de Carbonato em Taquaruçu e Coluna Estratigráfica Simplificada

#### 5.4 Descrição do Trabalho Realizado

Tabela 6 abaixo é o cronograma das atividades realizadas para a confecção deste trabalho.

Atividade / Mês	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pesquisa Bibliográfica	√	√	√							
Trabalho de Laboratório		√	√	√	√	√	√	√		
Trabalho de Escritório		√	√	√	√	√	√	√		
Entrega do Projeto Inicial	√									
Entrega do Relatório de Progresso						√				
Elaboração da Monografia								√	√	
Defesa da Monografia										√

√ - etapa cumprida

Inicialmente procurou-se acumular o maior número possível de informações bibliográficas existente sobre os estromatólitos e suas ocorrências na Faixa Itaiacoca. Além de existir um vasto número de artigos e teses escritas sobre eles e sobre a geologia da faixa.

O segundo passo foi localizar todas as amostras previamente obtidas pelo professor Thomas R. Fairchild em viagens de campo realizadas nas regiões de interesse deste projeto, sendo algumas amostras colhidas para o trabalho de mestrado de Sallum-Filho em 1989 e outras ao acompanhar o aluno de graduação Sérgio Willians de Oliveira em 2001 nas pedreiras para extração de calcário para uso na indústria de cimento.

Após essa etapa começou-se a descrever amostra por amostra usando como referência o guia baseado em manuscritos de Grey (1989) por Fairchild e Rodrigues (2001). Essas descrições é uma tentativa em relacionar o que se observa nas amostras com o que consta nos guias e que geraram as tabelas observadas nesse trabalho, sendo os códigos para identificar cada aspecto estrutural das amostras estão contidas nas cópias do guia presente neste trabalho. Nas páginas 14, 15 e 16.

Devido à variedade de estruturas obtidas e posteriormente analisadas neste trabalho, as amostras foram fotografadas e confeccionadas lâminas para mostrar as estruturas internas não possíveis ao olho nú.

Foi usado um outro método para descrever os estromatólitos colunares, ao invés de somente usar o guia, preferiu-se desenhar, usando uma folha de projetor transparente para orientar os seus vetores de crescimento e mediu-se o comprimento e diâmetro máximo de cada coluna. Para facilitar esse método, somente foi empregado nas amostras maiores.

A dificuldade na realização deste trabalho foi a dificuldade em separar as informações que de fato eram pertinentes ao trabalho e de outras que não havia tanta relevância ou que já foram motivo de estudo em trabalhos anteriores.

## **6. Interpretação da Estruturas**

Estudos comparativos entre os estromatólitos modernos com os exemplares fósseis mostraram a ação direta do ambiente deposicional na formação das estruturas. Para interpretá-las, usaremos Shark Bay que é melhor análogo moderno (Hoffman, 1976) para interpretação dos estromatólitos estudados. Situada na costa oeste da Austrália, banhada pelas águas do Oceano Índico. Os estromatólitos estão localizados numa enseada, Hamelin Pool, protegida por uma barreira de algas que impendem a livre circulação da água do mar com o oceano, numa região semi-árida e com poucas fontes de água doce que abastece a enseada.

### **6.1 Estromatólitos Estratiformes**

#### **6.1.1 Estromatólitos Estratiformes sem Birds Eyes**

Observados as amostras: 06.VIII.86-1 e 08.08.86-1, com sua laminação paralela levemente ondulada típica. Essas estruturas são encontradas abaixo do limite entre-marés, em locais com baixa taxa de sedimentação e raramente são expostos ao ar, podendo assim sofrer dessecação.

Como a zona de entre-marés não tem um substrato firme, esse tipo de estrutura só se fixa em crostas litificadas ou fragmentos dela. Podem formar estruturas domicas ou colunares, para isso basta que uma parte da esteira não consiga ultrapassar os sedimentos soltos que ali chegam. O oposto pode ocorrer, basta que haja uma diminuição do aporte de sedimentos na área onde estão localizados os dômos ou colunas, para que imediatamente ocorra uma expansão lateral do topo da estrutura, criando laminações levemente paralelas ou com baixo ângulo de inclinação, semelhante aos estromatólitos estratiformes. (Prancha I A e B)

#### **6.1.2 Estromatólitos Estratiformes com Estrutura Birds Eyes**

Presente na amostra 1.7.6.92-3 e identificado como um estromatólito estratiforme. Decorrem da morte dos filamentos microbianos, causados: por soterramento ou por exposição ao sol. Assim os filamentos de cianobactérias presentes nas lâminas morrem e se decompõe. Quando se decompõem parte do sedimento que ficava em contato e acima cai, fechando parte desses espaços vazios, assim o que sobra são cavidades vazias ou cavidades fenestrais, os sedimentólogos americanos os chamam de Birds Eyes. (Prancha I C)

## 6.2 Oólitos

São grãos envelopados relacionados a depósitos bem selecionados, com estrutura formada em barras de plataforma rasa e ambiente de alta energia, associadas às vertentes de estruturas estromatolíticas voltadas para o mar aberto (Hashiro & Frascá, 1992). (Prancha II A e B)

## 6.3 Estromatólitos Colunares

Considerando que toda estrutura estromatolítica é resultado da interação entre ambiente e os microrganismos que geram as estruturas.

Em Bom Sucesso (SP) observamos colunas retas com intervalo centimétrico e preenchido de sedimentos entre elas. Significa a existência de uma competição por espaço das colunas para que o topo tenha acesso à radiação solar. Observam-se pontos de ramificação, onde existe um alargamento da estrutura com aumento da extensão da laminação gerando uma estrutura subcônica, a partir desta dela duas colunas desenvolvem-se, paralelas e retas. É provável que o aparecimento destes pontos de ramificação seja devido a uma redução da quantidade de sedimentos que aportava nas estruturas, fenômeno momentâneo e nem sempre acompanhado pelas colunas adjacentes. As lâminas petrográficas revelaram um material escuro com finas lâminas e material amorfo, possível resto do filme orgânico que pertenciam aos filamentos microbianos existentes, tudo colocado numa matriz micrítica. (Prancha II D e E)

Observando as laminações da base, existe uma única direção de orientação. Assim, podemos supor que as estruturas estão inclinadas, sendo resultado da ação do vento, como em Shark Bay ou pela ação da maré. (Prancha II C, D e E)

Nas amostras de Abapã (PR), observamos colunas mais grossas e sem ramificação. Apesar das deformações percebeu-se o pouco espaço entre as colunas, sendo que em algumas foi observado pontes, além de coalescências nas bases, o que indica uma mudança de colunar para estratiforme e vice-versa.

O fato das colunas não terem ramificação indica uma maior profundidade com relação aos estromatólitos ramificados.

A laminação presente, nas amostras das duas regiões, é muito convexa, o que indica uma baixa profundidade da zona entre-maré existente numa plataforma carbonática rasa.

## 6.4 Interpretação da coluna estratigráfica

Observando as diferentes fácies presentes no afloramento. Existe a criação de uma plataforma carbonática devido ao aumento gradativo do nível do mar num embasamento que está sofrendo subsidência. Isto é observado no P1 para o P2. Com o aumento, milimétrico para centimétrico, da espessura das laminações carbonáticas. Em cima destes dois pontos, ponto P3, nesta plataforma aparece os estromatólitos com estruturas colunares e ramificadas, envolvidos por sedimento carbonático, isso indica um recuo do nível do mar que expôs temporariamente a plataforma e servindo de base para a fixação das estruturas.

No P4, representa um retorno da elevação do nível do mar, afogando a plataforma, com a formação de um pacote maciço de carbonato. O P5 representa uma maior profundidade alcançada, quando os carbonatos não são mais depositados, somente chegam ali os sedimentos finos argilosos, representados pelos metapelitos laminados, uma provável paleoplataforma continental.

## 6.5 Comparação com Outras Localidades

O estromatólito pode ser usado para correlação regional, sendo que um mesmo morfotipo pode ser encontrado em diversas localidades, preferencialmente dentro de um mesmo período de tempo.

Neste capítulo tentamos comparar os estromatólitos escritos neste trabalho com estruturas similares descritas na Formação Capiuru do Grupo Açungui (Guimarães et al., 2002) e outra forma similar encontrada na Série Minas (MG) na Formação Fecho do Funil, do Grupo Piracicaba (Dardenne & Campos Neto, 1975).

### 6.5.1 Grupo Itaiacoca

O Grupo Itaiacoca é uma unidade predominantemente carbonática definida como uma faixa entre os Complexos Graníticos Três Coregos e Cunhaporanga (Reis Neto, 1994). A idade da bacia medida nos zircões presentes em metavulcânica realizado por Siga Jr. et al. (2003), apontam para uma idade mais antiga de 635 Ma. Nesta faixa foram descritas várias ocorrências de estromatólitos, sendo a forma cônica mais comum, identificada como *Conophyton*. Existe uma outra forma não cônica que foi associada à forma cônica (Sallun-Filho, 1999).

Neste trabalho foi descrito e identificado à forma não cônica. A amostra da região de Abapã-PR é descrito como colunar sem ramificação, mais grossa. Em Bom Sucesso-SP, o morfotipo encontrado é colunar reto cilíndrico e subcilíndrico, apresentando pontos de coalescência e ramificação. Essa ramificação geram outras duas colunas retas, todas lisas e com laminação muito convexa. É descrito um

morfotipo estratiforme com laminação escura paralela e ondulada. O paleoambiente imaginado para esses morfotipos é o de uma plataforma carbonática rasa e protegida.

#### 6.5.2 Grupo Açungui

Descrito nas regiões de Morro Azul e Morro Grande no leste do Paraná, contendo estromatólios colunares e estromatólitos estratiforme associado à metadolomito da Formação Capiru do Grupo Açungui de idade Proterozóica (Guimarães, S.B. et al., 2002).

Os estromatólitos colunares ramificados são encontrados na região de Morro Grande e são descritos pela autora em seu trabalho como colunar, retos, cilíndricos e subcilíndricos, apresentando formas coalescentes em que saem colunas retas e paralelas. As colunas são identificadas como inclinadas ou recumbentes e com comprimento de 14 centímetros. Possuem laminação moderadamente convexa. É encontrada, também, uma forma colunar sem ramificação, descrito como retos, cilíndricos com separação centimétrica entre eles e possuem coalescência, a laminação também é convexa.

Seu ambiente de formação é descrito como zona de inter-maré e contexto plataformal raso.

O morfotipo estratiforme foi descrito na região de Morro Azul. A rocha é descrita como metadolomitos holocristalinos. A espessura das lâminas são submilimétricas a milimétricas, intercaladas por outras estruturas como a "tepees". O ambiente de formação desta estrutura é descrito como na zona de supramaré com influxo de sedimentos baixo.

#### 6.5.3 Grupo Piracicaba

Pertencentes ao topo da Série Minas, as estruturas aparecem em dolomitos intercalados com filitos,

Descrito por Dardenne e Campos Neto (1976) com estruturas estromatolíticas com laminações convexas e empilhadas uma sobre as outras. Um morfotipo descrito foi caracterizado como colunas finas, estreitas e ligeiramente ondulado, pois ora aparecem ora desaparecem. Apresenta ramificação rara, mas as colunas que saem deste ponto de ramificação são retos e paralelos. A seção transversal descrito é circular para oval. A laminação é subcônica em algumas exposições.

O ambiente de formação é descrito como águas rasas e calmas. No trabalho a idade do Grupo Piracicaba é de 1350 m.a., sendo a do Grupo Bambuí é próxima de 950 m.a.

## 7. Conclusão

No presente trabalho foi possível estudar alguns exemplares de estromatólitos do Grupo Itaiacoca, em afloramentos na região de Abapã, PR e Bom Sucesso, SP. Foi feita caracterização dos seus morfotipos, o seu paleoambiente de formação e uma idéia da sua estratigrafia. As conclusões são:

1) Comparando as descrições Abapã-PR apresenta estromatólitos não colunares, enquanto Bom Sucesso-SP possui estruturas colunares ramificadas. Ambos apresentam laminações convexas.

2) Os estromatólitos estratiformes descritos nesse trabalho são encontrados na zona de inter-maré, com exposição subaérea, baixo aporte de sedimento, corrente e onda. Quando existia um aporte muito grande de sedimento ou total exposição aérea ocorria a morte dessa estrutura formando o estromatólio estratiforme com Birds Eyes.

3) Os estromatólitos descritos neste trabalho são os que Fairchild (1977) e Sallun-Filho (1999) chamaram de forma não coniforme. Por apresentarem laminação muito convexa, sem zona axial estes estromatólitos não podem ser classificados como *Conophyton*. Isto significa que essa estrutura foi formada com pouca profundidade de lâmina d' água na zona de inter-maré.

4) Os oólitos foram formados em local com água agitadas, rasas e saturadas em carbonato. Isto favoreceu a precipitação química carbonática sobre um núcleo também carbonático ou sobre um mineral, como o quartzo. Normalmente formando barras próximo aos locais em que se encontram os estromatólitos.

Usando Shark Bay (Hoffman, 1979) como melhor análogo para o ambiente aonde são encontrados as estruturas acima.

Trata-se de uma plataforma carbonática rasa, protegida das ondas por uma barra. Os estromatólitos estratiformes ficavam no interior dessa plataforma, onde eram protegidos da dessecação, maré e onda. Enquanto os estromatólitos colunares ramificados ficavam próximos dessa barra, numa zona onde essas estruturas tinham exposição aérea freqüente e sujeita a ação do vento. Isso explica a inclinação e uma única orientação de crescimento das lâminas da base. Foram observados pedaços de lâminas nos sedimentos que envolvem as estruturas colunares, isso indica a ação de ondas de tempestade que ultrapassavam a barra e atingiam diretamente os estromatólitos colunares removendo as lâminas os topos e lançando os pedaços no sedimento entre os estromatólitos. No entanto, para as estruturas não ramificadas, por serem mais grossos, possivelmente o ambiente dele era um pouco mais afastado das formas ramificadas, num local com profundidade maior e protegido da ação das ondas. Todos os dois tipos dentro da zona de inter-maré.

5) Comparando as estruturas descritas no Grupo Itaiacoca, no Grupo Açungui e Grupo Piracicaba são semelhantes na forma e ambiente de formação, no entanto, o que os difere são as idades medidas dos grupos.

## 8. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. de. *Collenia itapevensis* sp. n. – um fóssil pré-cambriano brasileiro do Estado de São Paulo. *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras*, Univ. de São Paulo. XLV, *Geologia* 1: 89-106, 1944.
- ALMEIDA, F.F.M de. Novas ocorrências de fósseis no pré-cambriano brasileiro. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 29:63-72, 1957.
- AWRAMIK, S.M. Archaean and Proterozoic stromatolites. In: Riding, R. (ed). *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer-Verlag. 1991. p.289-304.
- AWRAMIK, S.M. The history and significance of stromatolites. In: Schidlowski, M. (eds) *Early Organic Evolution: Implication for Mineral and Energy Resources*. Springer-Verlag. 1992. p. 435-449.
- CAMPANHA, G. A. & SADOWSKI, G. R. Cinturão Ribeira: tectônica e questões pendentes sobre a sua evolução. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, 1998. Belo Horizonte, *Anais*, 1998, p. 17.
- DARDENNE, M.A. (2005). *Conophytions* de Cabeludo, Grupo Vazante (MG) – Registros de construções dolomíticas cilindro-cônicas por cianobactérias no Proterozóico do Brasil. In: WINGE, M.; et al. (ed.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado no site da SIGEP – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, Brasília: UnB, 2005. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio073/sitio073.pdf>>. Acessado em: 22 mar. 2008.
- DARDENNE, M.A., CAMPOS NETO, M.C. Estromatólitos colunares na Série Minas (MG). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.5, p. 99-105, 1975.
- FAIRCHILD, T.R. Conophyton and other columnar stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group near Itapeva, SP, Brazil. In: Simp. Regional Geol., I, 1977, São Paulo. *Atas*, p.179-198.
- FAIRCHILD, T.R. New stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group, eastern Paraná, Brazil, and their potencial stratigraphic use. *Bol. Inst. de Geociênc.-USP*, v.13, p.43-50, 1982. Disponível em: <<http://geologiausp.igc.usp.br/downloads/geoindex442.pdf>>. Acessado em: 22 mar 2008.
- FAIRCHILD, T.R.; RODRIGUES, S.W. de O. Making stromatolite description meaningful: an example from the Proterozoic Itaiacoca Group, southern São Paulo. In: Paleo 2001, Rio Claro, *Resumos*, 2001, p.1.

- FAIRCHILD, T.R.; SALLUN-FILHO, W. Depositional environments and growth of *Conophyton* in the Itaiacoca Group, Meso- or Neoproterozoic, SE Brazil. *In: Latin American Congress of Sedimentologists, III, 2003. Belém. Resumos, 2003, p. 195-196.*
- GUIMARÃES, S.B., REIS NETO, J.M., ROSSANO, B.L.S Caracterização dos Estromatólitos da Formação Capiçu (Proterozóico) nas Regiões de Morro Azul e Morro Grande: Leste do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências, n.51, p.77-88, 2002.*
- GREY, K. Handbook for the study of stromatolites and associated structures. *In: Kennard, J.M. & Burne, R.V., eds. Stromatolite Newsletter. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Canberra, Australia, 1989, v.14, p.82-171.*
- HASHIRO, J, FRASCÁ, M.H.B de O., COIMBRA, A.M.. Barras Oolíticas da Formação Itaiacoca (Bom Sucesso, SP). *In: XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, 1992. São Paulo. Resumos, 1992, p.477-478.*
- HOFFMAN, P. Environmental diversity of middle Precambrian stromatolites. *In: Walter, M. R., ed., Stromatolites. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, p. 599-611, 1976.*
- REIS NETO, J. M. *Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico.* 1994. 253p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- SALLUN-FILHO, W. *Análise dos estromatólitos do Grupo Itaiacoca (Proterozóico), ao sul de Itapeva, SP.* 1999. 126p. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- SALLUN-FILHO, W., CAMPANHA, G. A., FAIRCHILD, T.R. Aspectos deformacionais em estromatólitos do Grupo Itaiacoca, a sul de Itapeva (SP). *Rev. Bras. de Geociênc., São Paulo, v.35, n.3, p. 333-340, 2005. Disponível em: < [http://www.sbgeo.org.br/rgb/vol35\\_down/3503/1503.pdf](http://www.sbgeo.org.br/rgb/vol35_down/3503/1503.pdf) >. Acessado em 10 nov 2008.*
- SALLUN-FILHO, W.; FAIRCHILD, T.R. Estromatólitos do Grupo Itaiacoca ao sul de Itapeva, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. de Paleo., São Paulo, v.7, n.3, p. 359-370, 2004. Disponível em: < [http://www.sbpbrasil.org/revista/edicoes/7\\_3/sallun.pdf](http://www.sbpbrasil.org/revista/edicoes/7_3/sallun.pdf) >. Acessado em: 22 mar 2008.*
- SALLUN-FILHO, W.; FAIRCHILD, T.R. Estudos comparativos entre estromatólitos do tipo *Conophyton* das Faixas Ribeiras e Brasília. *Rev. do Inst. Geol., São Paulo,*

v.26, n.1/2, p.1-18, 2005. Disponível em: <  
[http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista\\_ig/26\\_1-2\\_1.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/26_1-2_1.pdf)>. Acessado  
em: 22 mar 2008.

SIGA Jr., O.; et al. U-Pb (Zircon) Ages of metavolcanic rocks from the Itaiacoca Group: Tectonic implications. *Geologia USP: Série Científica*, São Paulo, v.3, p.39-49, 2003.

SOUZA, A.P. *Mapa geológico na escala 1:50.000 e esboço da evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas Folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde – SP/PR*. 1990. 200p. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SUGUIO, K. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1222p.

TUCKER, M. E. *Sedimentary Petrology*. London: Blackwell Science Ltda, 2001. 262p.

De acordo  
Thomas R. Funchal  
14/10/08

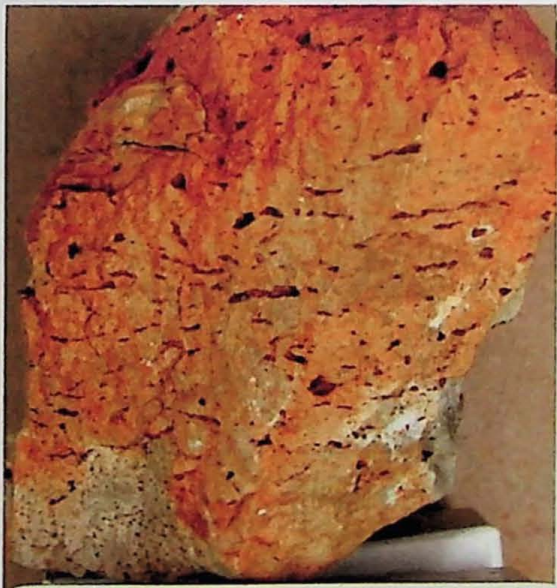
**Prancha I**



**A: amostra 06.VIII.86 Estromatólito Estratiforme com fraturas preenchidas e laminações interrompidas**

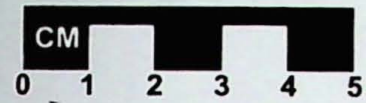


**B: amostra 8.8.86-1 Estromatólito Estratiforme com recristalizações, fraturas e laminações interrompidas**

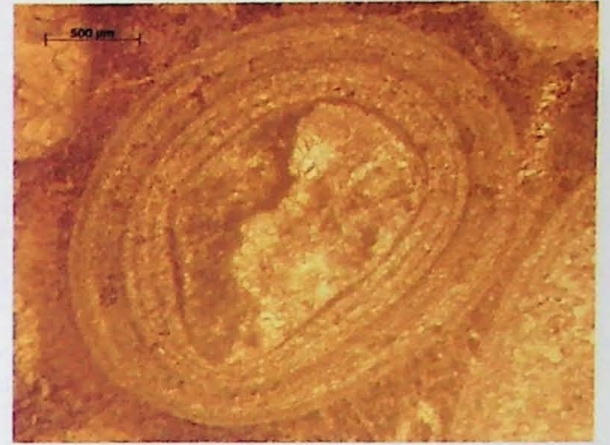


**C: Amostra 1.7.6.92-3 Estromatólito Estratiforme com Birds Eyes**

## Prancha II



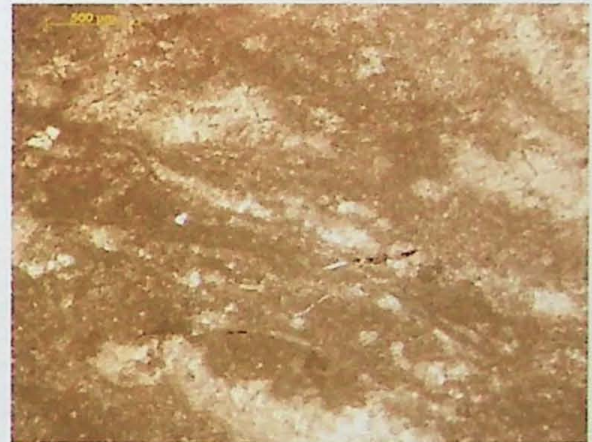
A: amostra 30.11.84/1 rocha com oólitos numa matriz fina



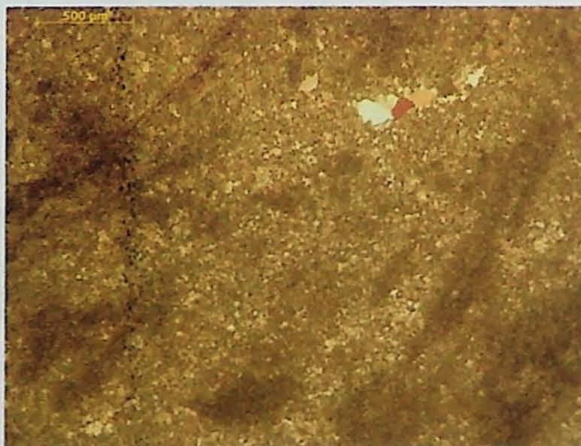
B: Microfotografia de um oólito, notar as laminações concêntricas ao núcleo



C: amostra ITA-016 Estromatólito Colunar



D: Microfotografia do Estromatólito Colunas com as lâminas finas e material amorfo

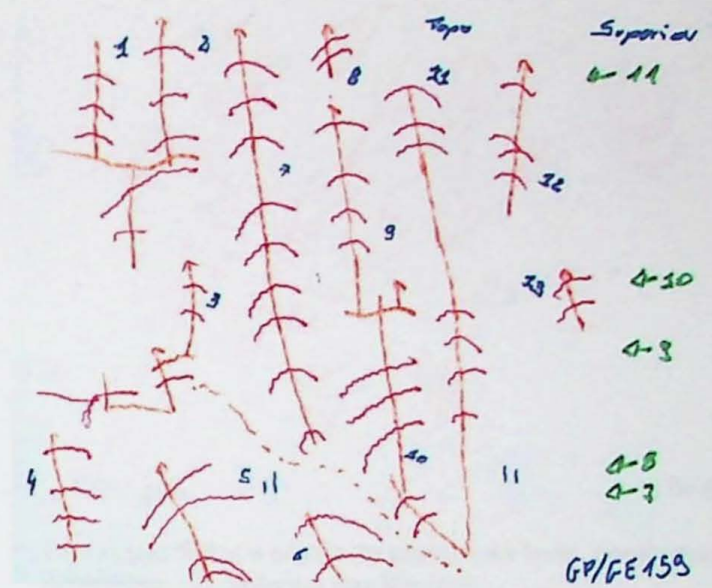


E: Microfotografia de restos de lâminas encontradas no sedimento que envolve as colunas

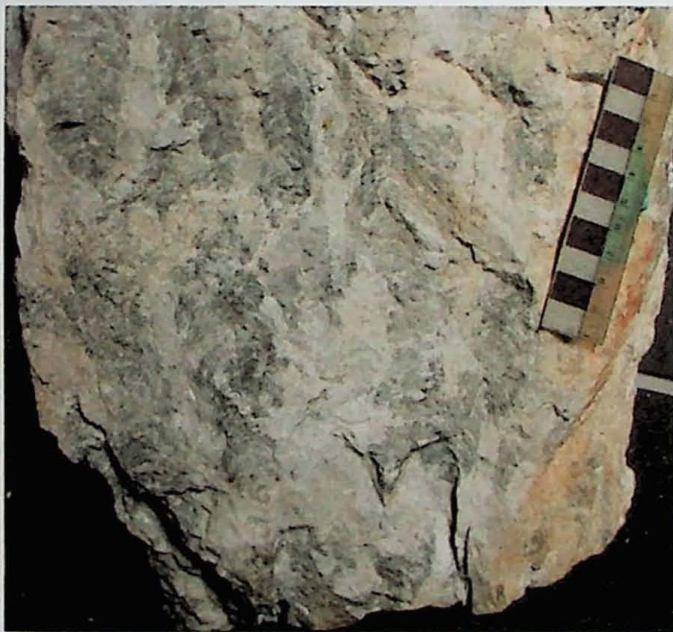
Prancha III



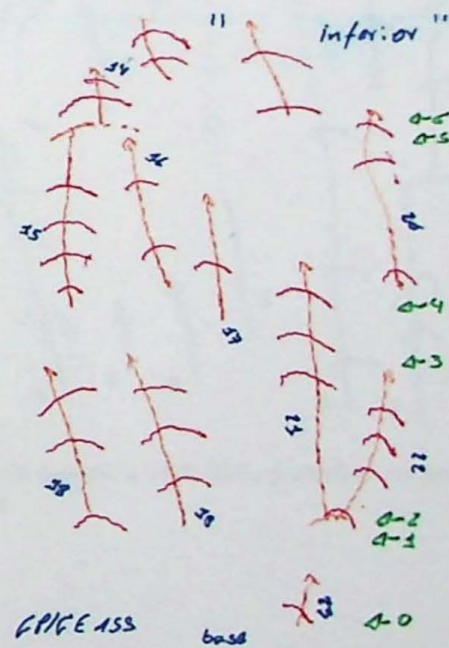
A: amostra GP/GE 159 Estromatólito Colunas Ramificado, escala de 15 cm



B: Vetores de crescimento com laminação desenhada

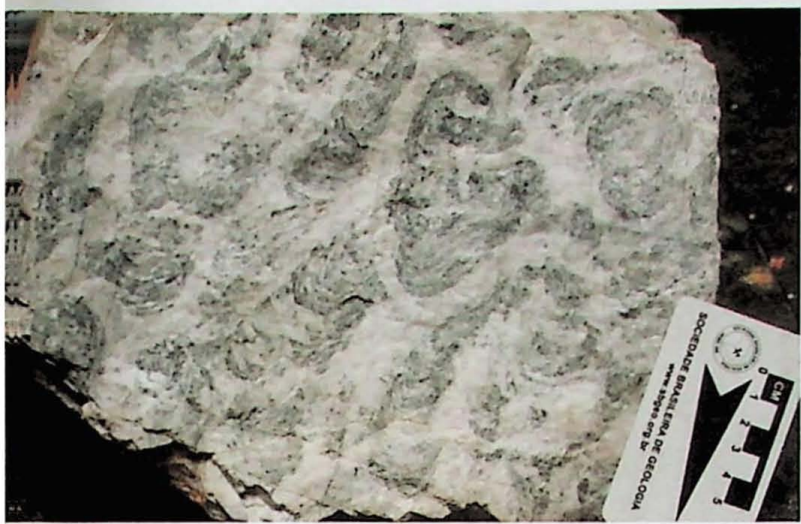


C: parte inferior da amostra GP/GE 159 Estromatólito Colunar Ramificado, escala de 15 cm

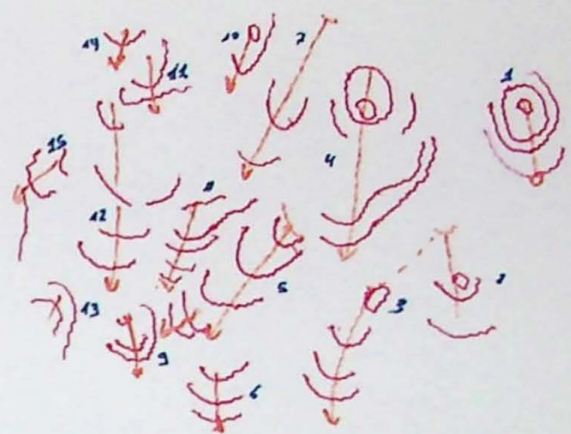


D: Vetores de crescimento da amostra ao lado

# Prancha IV



A: base da amostra GP/6E 159, laminações orientadas para um lado

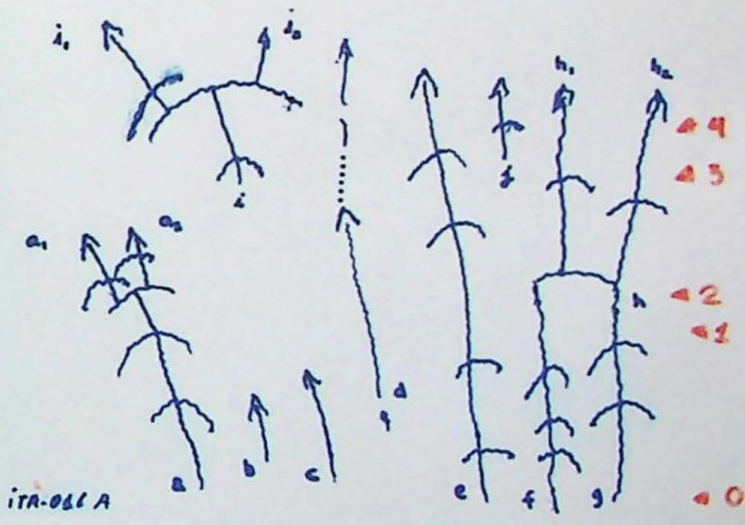


GP/6E 159 VISTA 2

B: Vetores feitos a partir da mostra ao lado, confirmando a orientação preferencial das lâminas



C: Amostra ITA-016 A Estromatólito Colunar Ramificado



D: Vetores da maostra ITA-016, perceber os pontos de ramificação

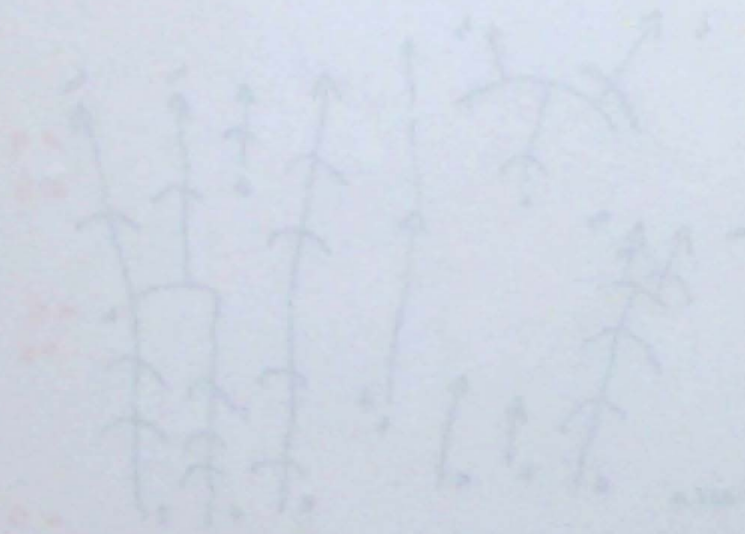


4 800

1000 000

... ..

... ..



... ..

... ..

DOAÇÃO  
IGC-USP  
Data: 20/02/09

