



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

THAISE SENA OLIVEIRA

**CONTROLES AMBIENTAIS DA VARIABILIDADE DA CALCIFICAÇÃO
DO ESQUELETO DO CORAL *Mussismilia braziliensis* EM RECIFES
COSTEIROS DE GARAPUÁ, BAIXO-SUL BAIANO, BRASIL.**

SALVADOR

2014

THAISE SENA OLIVEIRA

CONTROLES AMBIENTAIS DA VARIABILIDADE DA CALCIFICAÇÃO DO ESQUELETO DO CORAL *Mussismilia braziliensis* EM RECIFES COSTEIROS DE GARAPUÁ, BAIXO-SUL BAIANO, BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi

SALVADOR
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

THAISE SENA OLIVEIRA

CONTROLES AMBIENTAIS DA VARIABILIDADE DA CALCIFICAÇÃO DO ESQUELETO DO CORAL *Mussismilia braziliensis* EM RECIFES COSTEIROS DE GARAPUÁ, BAIXO-SUL BAIANO, BRASIL.

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Ruy Kenji Papa de Kikuchi – Orientador

Doutor em Geologia pela Universidade Federal da Bahia

Universidade Federal da Bahia

Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão

Doutora em Geologia Marinha e Geofísica pela University of Miami

Universidade Federal da Bahia

Marília de Dirceu Machado de Oliveira

Doutora em Geologia pela Universidade Federal da Bahia

Universidade Federal da Bahia

Salvador, 11 de dezembro de 2014

Aos meus pais, com carinho.

AGRADECIMENTOS

Inicio agradecendo minha família que, mesmo distante, se mostra presente todos os dias na minha vida. Ao meu pai que sempre fez dos meus estudos e os dos meus irmãos uma prioridade em sua vida. À minha mãe por todo seu amor, zelo e palavras ternas. Aos meus irmãos por todo apoio e incentivo. A vocês, minha eterna gratidão.

Ao professor Dr. Ruy Kikuchi pela oportunidade, confiança e ensinamentos fornecidos durante os anos de graduação e iniciação científica.

À Prof. Dr^a Zelinda Leão e à Dr^a Marília de Dirceu Oliveira por aceitarem participar da minha banca.

Aos professores do Curso de Oceanografia da UFBA que foram fundamentais no meu desenvolvimento acadêmico. Em especial agradeço ao professor Dr. Augusto Minervino pelo apoio e amizade.

A todos do Grupo RECOR, principalmente a Danilo Lisboa, Tiago Albuquerque, Lua Porto, Mariana Thévenin, Lucas Rocha, Clara Kalil e Mariana Medeiros pela ajuda com os campos, aquisição de dados e por dias agradáveis juntos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro essencial para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa.

Aos funcionários da UFBA, especialmente à querida Ritinha e ao grande Marcelinho.

De forma singular e sincera gostaria de agradecer à Cibele, Jéssica, Luanna, Daniela Julianna, Marihane, Lucas, Lílian e Mari, amigos queridos que participaram de forma especial da minha vida durante esses anos de graduação. Estendo meus agradecimentos à minha turma de 2009, com quem vivi momentos inesquecíveis, e a todos que tive o prazer de conhecer e trocar experiências no curso de Oceanografia.

Às irmãs Rangel, Adriane e Andréia, por todo carinho, amizade, afeto e boas risadas. Irmãs amadas que adotei para mim e que levarei no coração para o resto da vida.

Meu profundo agradecimento à Priscila Gonçalves pelos seus conselhos, conversas, ensinamentos e por todo o carinho e amizade.

Finalmente, agradeço o melhor presente que o oceano trouxe pra mim, meu Bonitinho. Grande amigo e parceiro com quem aprendi que doce mesmo são as águas do mar.

“Porque um dia é preciso parar de sonhar, tirar os planos da gaveta e, de algum modo, começar.”

Amyr Klink

RESUMO

A alta biodiversidade encontrada nos recifes de corais faz com que esses ecossistemas sejam classificados como os ambientes costeiros mais ricos dos oceanos tropicais. Esses ecossistemas têm seu desenvolvimento influenciado por fatores ambientais. Este trabalho verificou como se comportam as variáveis ambientais (temperatura, turbidez e pluviosidade) para a região de Garapuá e qual a resposta fisiológica correspondente da calcificação observada nos corais da espécie *Mussismilia braziliensis* a esses parâmetros. O comportamento do coral foi observado por meio de estudos esclerocronológicos, em que foram analisadas sua extensão linear, densidade e taxa de calcificação. Os dados das variáveis oceanográficas foram coletados de bancos de dados orbitais da NOAA, obtidos a partir dos sensores remotos (SeaWiFS e MODIS) a bordo de satélites. As análises da série temporal da temperatura superficial da água do mar mostraram que o período de aquecimento são superiores aos de resfriamento. As bandas de densidade dos corais apresentaram um padrão cíclico anual de crescimento bem definido. A extensão linear se correlacionou de forma moderada com o K490. A correlação entre temperatura e densidade do esqueleto do coral não deixou clara a dependência entre essas duas variáveis. Também não houve correlações conclusivas entre calcificação e variáveis ambientais. O comportamento aleatório com que as variáveis físicas afetaram as características dos corais nos leva a concluir que fatores exógenos possuem uma importância secundária no desenvolvimento dos corais. Este trabalho fornecerá uma contribuição ao entendimento da formação de arquivos naturais de fatores ambientais atuantes na formação de um registro geológico e biológico, simultaneamente.

Palavras-chave: recifes de corais; esclerocronologia; *Mussismilia braziliensis*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Parâmetros Físicos	17
1.1.1 Temperatura	17
1.1.2 Turbidez	18
1.1.3 Salinidade	18
1.2 <i>Mussismilia braziliensis</i> (Verrill, 1868).....	19
2. OBJETIVOS	20
3. METODOLOGIA.....	21
3.1 Área de Estudo	21
3.2 Colônias de coral: tingimento, coleta e procedimentos laboratoriais	23
3.2.1 Tingimento das colônias	23
3.2.2 Coleta das colônias	24
3.2.3 Preparação das lâminas	25
3.2.4 Radiografias	25
3.2.5 Análise das radiografias	26
3.3. Aquisição de dados oceanográficos.....	27
3.3.1 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)	27
3.3.2 Pluviosidade (PLU).....	28
3.3.3 Turbidez (K490).....	30
3.4 Tratamento estatístico dos dados	31
4. RESULTADOS	32
4.1 Variáveis Ambientais	32
4.2 Esclerocronologia	35
4.2.1 Taxa de extensão linear média.....	35
4.2.2 Densidade	41
4.2.3 Calcificação	50
5. DISCUSSÃO.....	55
5.1 Taxa de extensão linear.....	55

5.2 Densidade.....	56
5.3 Calcificação	56
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudos	21
Figura 2 - : Detalhe da enseada de Garapuá mostrando a pequena praia na porção central, o manguezal na porção norte e a área de coleta no recife em franja da margem sul.....	22
Figura 3 - (a) Mergulhador aplica solução violeta de alizarina para marcar colônia. (b) Detalhe de colônia envolta em solução de alizarina para marcação cronológica. Erro! Indicador não definido.	
Figura 4 - (a) Colônia sendo cortada em serra petrográfica; (b) lixadeira utilizada para fazer o ajuste da espessura da placa; (c) placa com espessura aproximada de 1 cm, resultante do processo de corte e polimento da colônia.	25
Figura 5 - (a) Equipamento de radiografia utilizado no estudo; (b) radiografia resultante.....	26
Figura 6 - Transecto feito ao longo do eixo do crescimento do coral.	27
Figura 7 - Mapa de precipitação para o estado da Bahia	29
Figura 8 - Gráficos mostrando valores médios, máximos e mínimos de temperatura (8a), coeficiente de atenuação da luz (8b) e pluviosidade (8c), respectivamente	33
Figura 9 - Gráficos mostrando as séries temporais da temperatura (a), coeficiente de atenuação difusa da luz (b) e pluviosidade (c).	34
Figura 10 - Radiografia das colônias de <i>Mussismilia braziliensis</i> em negativo utilizadas neste estudo. Na porção superior da imagem encontram-se as radiografias das cunhas de aragonita e alumínio, respectivamente.....	35
Figura 11 - Gráfico mostrando o crescimento anual de cada colônia no período entre 2002 e 2012.....	36
Figura 12 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).....	38
Figura 13 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).....	39
Figura 14 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).....	40
Figura 15 - Variação da densidade de um dos transectos da colônia GAR-MB-01-2C comparada à variação da temperatura ao longo dos anos.....	42
Figura 16 - Em rosa, marca da alizarina sódica fixada ao esqueleto de coral referente aos meses de janeiro de 2011 (linha inferior) e maio de 2012 (linha superior).	43
Figura 17 - Variação da densidade ao longo do tempo para cada transecto, na coluna da esquerda, e para os valores médios desses transectos, na coluna da direita.	44
Figura 18 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	46

Figura 19 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	47
Figura 20 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	48
Figura 21 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	51
Figura 22 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	52
Figura 23 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela apresentando as variáveis ambientais utilizadas no estudo ilustrando o período disponível, as unidades e a fonte dos dados.	30
Tabela 2 - Extensão linear média sazonal das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral <i>Mussismilia braziliensis</i> , acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.	37
Tabela 3 - Extensão linear média anual das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral <i>Mussismilia braziliensis</i> , acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.	37
Tabela 4 - Tabela indicando a magnitude correlação de Pearson entre valores padronizados da extensão linear média anual e os parâmetros ambientais, para cada colônia	41
Tabela 5 - Densidade média sazonal das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral <i>Mussismilia braziliensis</i> , acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.	45
Tabela 6 - Tabela indicando a magnitude da correlação de Pearson entre valores padronizados da densidade média anual e os parâmetros ambientais, para cada colônia	49
Tabela 7 - Tabela ilustrando a calcificação média sazonal das bandas de alta e baixa densidade para o período entre 2002 e 2012.....	50
Tabela 8 - Correlação de Pearson entre valores padronizados da calcificação e os parâmetros ambientais, para cada colônia	54

1. INTRODUÇÃO

A composição química e as características físicas dos oceanos desempenham um papel importante na manutenção da vida dos organismos marinhos. Por isso, compreender a vida na Terra requer o conhecimento das relações ecológicas inter e intraespecíficas e sua integração com as informações sobre o ambiente físico que habitam, além de um estudo profundo sobre as características biológicas de cada espécie (GARISSON, 2010; HARRIS, 2012).

Corais são animais que geralmente se agrupam aos milhares para formar colônias que crescem sobre superfícies rígidas do fundo marinho. Os recifes são construídos a partir da atividade dos próprios corais, que secretam carbonato de cálcio na forma de aragonita no processo de formação dos seus esqueletos. Ao longo do processo evolutivo, uma vasta gama de animais e plantas associou-se aos recifes de corais criando um dos mais diversos e complexos ecossistemas da Terra (HUMANN; DELOACH, 2002).

Os corais escleractíneos pertencem ao filo *Cnidaria*, classe *Anthozoa* e são os principais construtores de recifes dos oceanos tropicais. Esses organismos vivem em simbiose com microalgas dinoflageladas fotossintetizantes chamadas zooxantelas, que suprem em grande parte as necessidades nutricionais dos corais. Como os corais se desenvolvem preferencialmente em águas oligotróficas, por conta da baixa turbidez desses ambientes, a relação simbiótica entre corais e zooxantelas torna-se essencial no crescimento dos pólipos individuais, das colônias e, em última instância, na formação dos recifes tropicais locais que possibilitam às diversas espécies marinhas obterem alimento e abrigo em meio a águas tão pobres em nutrientes. No entanto, condições adversas, principalmente oscilações na temperatura da água do mar, podem comprometer o equilíbrio dessa relação (GLYNN, 1991).

Estudos realizados por Knutson *et al.* (1972) foram pioneiros em descrever o padrão de crescimento em forma de bandamentos em esqueletos de corais maciços. Através da análise de radiografias estes autores verificaram que a alternância regular entre bandas claras e escuras são resultado de uma variação cíclica de densidade do material esquelético depositado, em que duas bandas consecutivas representam um ano de crescimento. Medições nas bandas internas de crescimento sazonal permitem a recuperação de informações da taxa de crescimento. O estudo

do crescimento do esqueleto é feito a partir de radiografias tiradas de lâminas longitudinais das colônias que evidenciam tais bandas. Se os procedimentos de corte da colônia e de escolha dos transectos forem adequados, estas informações podem incluir, praticamente, o início de sua formação até o momento de coleta, sem que haja necessidade de acompanhar sazonalmente o desenvolvimento da colônia durante seu período de vida (LOUGH; BARNES, 1996; JONES; MANN, 2004). O processo de crescimento do esqueleto ocorre de forma contínua, onde o coral calcifica sua estrutura absorvendo carbonato de cálcio presente na água do mar. A calcificação pode ocorrer simultaneamente à fotossíntese realizada pelas algas zooxanteladas que vivem em simbiose com o coral, sendo que ambos os processos consomem carbono na sua forma inorgânica (GATTUSO *et al.*, 1998; ITO, 2009; GONÇALVES, 2010; EÇA *et al.*, 2012).

A taxa de calcificação depende de um compromisso mútuo entre diversos fatores ambientais e fisiológicos e representa a massa de carbonato de cálcio que é depositada na colônia por unidade de área e por unidade de tempo. Ela é calculada pelo produto entre a extensão linear da camada (dada em $cm \cdot ano^{-1}$) e a densidade média do carbonato depositado ao longo da sua extensão (medida em $gCaCO_3 \cdot cm^{-3}$) (LOUGH; BARNES, 1997):

$$gCaCO_3 \cdot cm^{-2} \cdot ano^{-1} = cm \cdot ano^{-1} \times gCaCO_3 \cdot cm^{-3}$$

A Convenção das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (UNFCCC, sigla em inglês) define mudanças climáticas como uma modificação no clima ocasionada por atividades humanas, que alteram a composição atmosférica global juntamente com as alterações naturais observadas. O crescimento dos corais é fortemente influenciado por variações climáticas e ambientais e, portanto, os construtores de recifes são capazes de fornecer, através do seu esqueleto calcário de aragonita, informações acerca do local em que vivem. Através dessas informações, é possível caracterizar o ambiente onde esses organismos se desenvolvem e fazer uma distinção entre alterações ambientais naturais e não naturais (LOUGH; BARNES, 1997). Além de possibilitar a reconstrução das condições pretéritas de temperatura superficial do mar, esses organismos ainda são capazes de registrar oscilações climáticas como aquelas decorrentes do fenômeno *El Niño* (GAGAN *et al.*, 2000).

Vários autores discutem quais são os fatores responsáveis e a importância relativa de cada um, pela formação dos bandamentos de densidade e pela taxa de

crescimento nos esqueletos dos corais (BARNES; LOUGH 1996; CARILLI *et al.* 2009). Alguns apontam a temperatura da água do mar e luz disponível como os principais controladores (KNUTSON *et al.*, 1972, OTERO, 2009). Outros acreditam que os fatores externos atuam de maneira secundária na formação das bandas, sendo estas resultado de processos endógenos, tais como o ciclo reprodutivo e a alimentação (KIKUCHI, 2013).

1.1 Parâmetros Físicos

Qualquer aspecto do ambiente que afeta a vida dos organismos é chamado de fator físico. Os fatores físicos mais importantes para os organismos marinhos são disponibilidade de luz, temperatura da água, concentração de nutrientes e gases dissolvidos, salinidade, equilíbrio ácido-base e pressão hidrostática (GARISSON, 2010). Com frequência, o excesso ou a escassez de um único fator físico pode afetar adversamente o funcionamento de um organismo. Denominamos isso de fator limitante, uma necessidade física ou biológica cuja presença em quantidades impróprias limita a ação normal dos organismos.

1.1.1 Temperatura

A temperatura da superfície do mar (TSM) exerce um papel importante no complexo mecanismo de interações entre atmosfera e oceano, controlando as trocas de momento e energia entre os dois sistemas.

Os corais são extremamente sensíveis às variações da temperatura. Um aumento relativamente pequeno da temperatura superficial das águas oceânicas pode ocasionar a morte das zooxantelas ou a perda dessas algas, provocando dessa maneira um fenômeno conhecido como branqueamento dos corais. O coral fornece abrigo e elementos químicos essenciais para a vida das algas. Em contrapartida, as algas fornecem componentes orgânicos que servem de alimento aos corais (LEÃO, 2008). Desta forma, a ausência das algas simbiotes interfere na atividade metabólica do coral, diminuindo assim sua capacidade de reprodução, seu crescimento linear e sua taxa de calcificação. A depender da espécie de coral, da intensidade e duração do estresse, a morte de parte, ou de toda a colônia, pode ocorrer logo em seguida ao início do branqueamento, ou mesmo algum tempo depois (LEÃO, 2009).

A presença de corais construtores de recifes está restrita a regiões de clima tropical e subtropical, entre as latitudes de 30°N e 30°S. Esses organismos são intolerantes a variações abruptas de temperatura e são raros ou estão ausentes em temperaturas extremamente altas, acima dos 28°C, ou abaixo dos 18°C (DODGE; VAISNYS, 1975).

1.1.2 Turbidez

A sedimentação e a turbidez da água do mar são fatores físicos de maior estresse em sistemas coralíneos, pois o aumento dessas variáveis faz diminuir a penetração de luz na coluna d'água, as taxas de fotossíntese das zooxantelas associadas aos corais e, conseqüentemente, as taxas de calcificação dos corais (MORELOCK, 1989). A deposição de sedimento sobre os pólipos também aumenta o gasto energético dos corais utilizado na drenagem destes, podendo causar um estresse nesses organismos. Um aporte sedimentar acima da média pode causar um sufocamento em espécies sob condições extremas, o que, por vezes, contribui para mudanças na comunidade bentônica dominante (OTERO, 2009).

Por causa das necessidades dos dinoflagelados residentes, os corais hermatípicos dependem de luz e calor. Recifes de corais crescem melhor em águas claras e iluminadas por volta de 5 a 10 m de profundidade. Esse intervalo pode ser reduzido em locais onde a claridade da água é afetada por sedimento em suspensão ou pelo aumento da produtividade primária.

1.1.3 Salinidade

A salinidade da água do mar pode variar por causa das taxas de precipitação, e de evaporação, das descargas de água e de sais por meio dos rios, entre outros fatores. Neste trabalho, a salinidade foi avaliada de forma indireta, utilizando a pluviosidade local.

Os corais hermatípicos vivem geralmente em ambientes em que a salinidade está em torno dos 35 psu. Os corais são altamente suscetíveis ao choque osmótico, alterações de salinidade podem danificar fisicamente as membranas e os sais concentrados podem alterar as estruturas das proteínas.

1.2 *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868)

Essa espécie foi escolhida para este estudo devido sua importância como uma das principais espécies construtora dos recifes costeiros da Bahia. Esses corais hermatípicos são caracterizados por apresentar um alto confinamento geográfico, limitando sua ocorrência ao litoral baiano, destacando-se como principal construtor no Banco de Abrolhos (OLIVEIRA, 2007).

Leão e Ginsburg (1997) estudaram essa espécie, destacando a eficiência do seu desenvolvimento para filtração e remoção de partículas presentes nas águas turvas brasileiras. Na região de Abrolhos são encontradas estruturas conhecidas como chapeirões, colunas coralinas isoladas que crescem sobre o fundo oceânico em forma de cogumelo, com base mais estreita e topo mais largo, devido à ação de organismos predadores de corais(HARTT,1870).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi estabelecer uma correlação entre as características atuais de crescimento do esqueleto do coral *Mussismilia braziliensis* (densidade, extensão linear e calcificação) e os parâmetros oceanográficos contemporâneos (temperatura, pluviosidade e turbidez) da região de Garapuí (município de Cairu, BA), a fim de que outras colônias da mesma espécie possam ser utilizadas na compreensão das variações ambientais pretéritas, assim como para prever o comportamento futuro deste organismo diante de alterações climáticas em escala local, previstas para este século.

Inserido neste contexto, os objetivos específicos são:

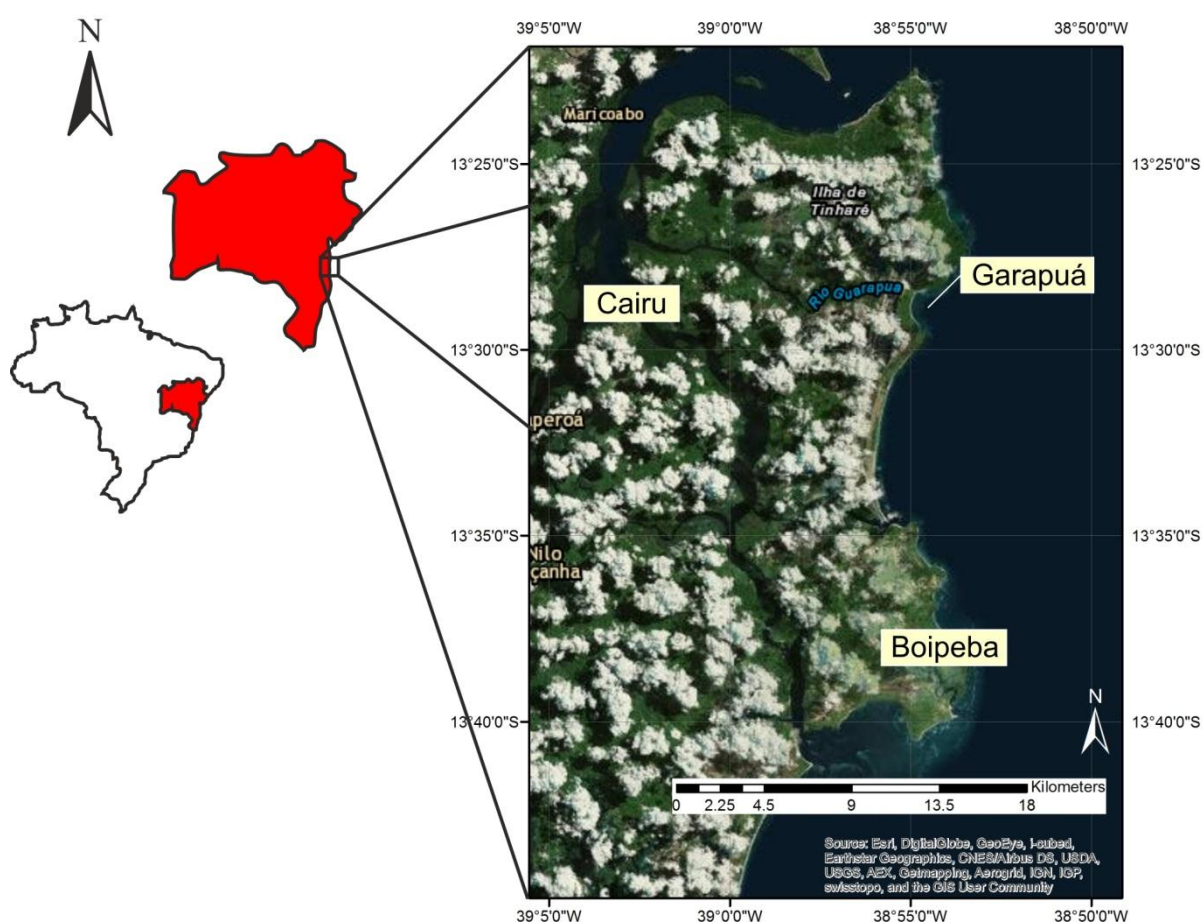
- i. Descrever o comportamento temporal e espacial das variáveis climáticas derivadas de dados de satélite para a região de Garapuí;
- ii. Documentar a variabilidade temporal na densidade, na extensão linear e na taxa de calcificação do esqueleto do coral; e
- iii. Identificar o principal controlador ambiental nos parâmetros de crescimento do esqueleto de coral.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho é a enseada de Garapuá, localizada no complexo estuarino insular Tinharé-Boipeba, no município de Cairu, situada no paralelo de 13°29'36''S e meridiano de 38°54'26''W (Figura 1).

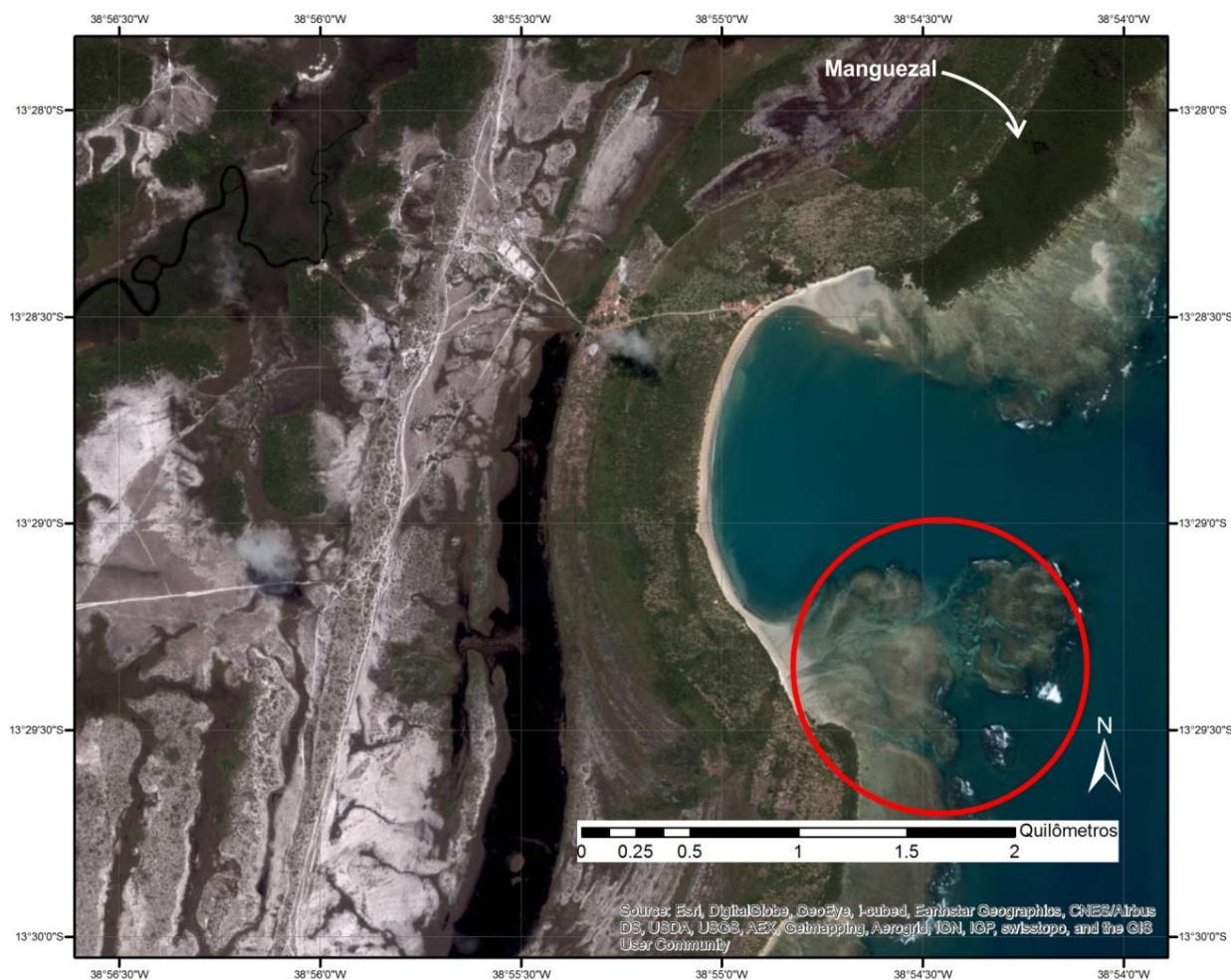
Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



FONTE: Adaptado do mapa de base disponível no software ArcGIS 10.1 (ESRI).

Como pode ser observado na Figura 2, a costa da Vila de Garapuá forma uma baía rasa que pode ser dividida em três partes: manguezais bem preservados nas extremidades norte e sul, recifes de corais na porção submersa adjacente aos manguezais e uma praia arenosa na porção central (SANTOS, 2002).

Figura 2- Detalhe da enseada de Garapuá mostrando a pequena praia na porção central, o manguezal na porção norte e a área de coleta no recife em franja da porção sul



FONTE: Adaptado do mapa de base disponível no software ArcGIS 10.1 (ESRI).

As praias do arquipélago de Tinharé-Boipeba, devido à presença dos recifes de corais, são protegidas da ação das ondas e são formadas por sedimentos bioclásticos de diferentes granulometrias (SILVA, 2007).

Considerando ser a região de Garapuá, bem como todas as ilhas pertencentes ao arquipélago de Tinharé-Boipeba, um relevante patrimônio ecológico de interesse de conservação ambiental e visando o ordenamento das atividades econômicas, de turismo ecológico e outras atividades sociais e humanas, a resolução de n.º 1.692 de 19 de junho de 1998 aprovou o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé e Boipeba (SEMA, 2014).

Os recifes dessa área foram classificados por Kikuchi *et al.* (2008) como recifes em forma de franja, que bordejam a costa das ilhas, com bancos rasos que atingem profundidades entre 5 e 10 metros e recifes profundos entre 10 e 20 metros. Os recifes aflorantes, ou seja, aqueles que permanecem emersos durante as marés baixas de sizígia, abrangem os recifes em franja e os bancos isolados adjacentes à costa. O topo destes recifes apresenta superfície irregular e truncada, cortado por numerosos canais e poças de maré.

3.2 Colônias de coral: tingimento, coleta e procedimentos laboratoriais

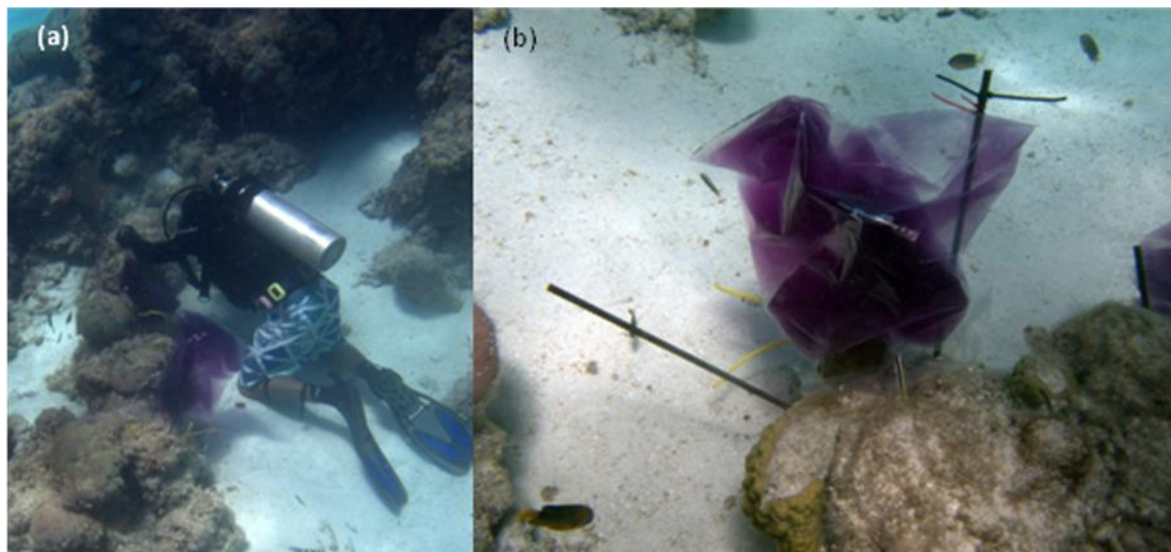
Três colônias da espécie *Mussismilia braziliensis* foram escolhidas para este estudo. A seleção foi feita dando-se preferência a colônias que apresentassem formas regulares, com o mínimo de sinais de tecido branqueado ou morto e preservadas da ação de organismos incrustantes. A escolha dos pontos de coleta foi feita de forma que as colônias representassem bem o ambiente, localizadas em profundidades e distâncias diferentes da linha de costa.

3.2.1 Tingimento das colônias

As colônias foram monitoradas por um período de três anos e, neste intervalo, foram coradas quatro vezes: em 18 de janeiro de 2011, 08 de maio de 2012, 25 de abril de 2013 e 22 de agosto de 2013. O tingimento das colônias foi feito com solução violeta de alizarina sódica, na concentração de 2 mg/L. O violeta de alizarina é o corante que normalmente é utilizado para gerar um marcador no esqueleto de coral, que nos permite estimar o crescimento ou identificar o quanto foi depositado dentro de um determinado intervalo de tempo (HOLCOMB, 2013). O processo de tingimento consistiu em depositar a solução em sacos plásticos que, posteriormente, foram colocados em torno das colônias por um período de 24 horas (Figura 3).

Figura 3- (a) Mergulhador aplica solução violeta de alizarina para marcar colônia.

(b) Detalhe de colônia envolta em solução de alizarina para marcação cronológica



Fotos: Tiago Albuquerque e Lucas Rocha

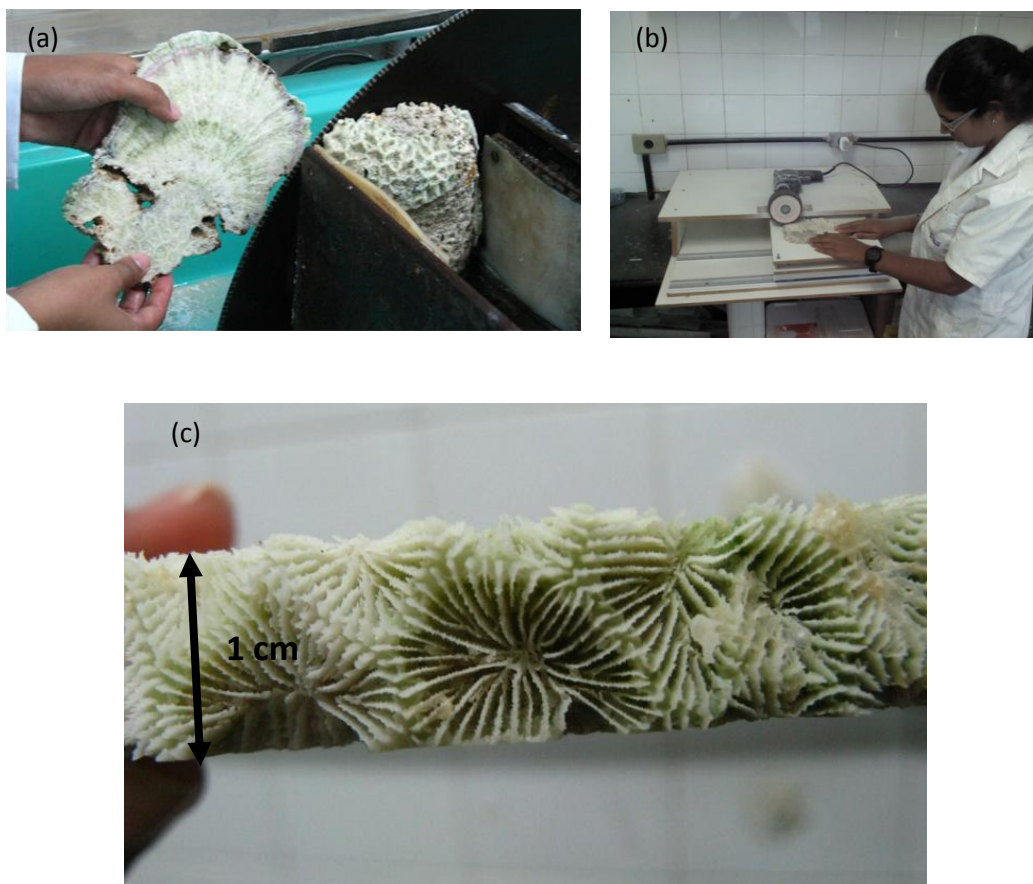
3.2.2 Coleta das colônias

As coletas foram realizadas no dia 22 de novembro de 2013, durante a maré de sizígia, através de mergulho autônomo. Foram utilizados equipamentos de SCUBA (*Self Contained Underwater Breathing Apparatus*), marreta e ponteira para a retirada das colônias do substrato. A primeira colônia estava localizada mais distante da linha de costa, com 22 cm de comprimento de eixo maior e 21 cm do eixo menor, coletada a uma profundidade aproximada de 0,5 m. No momento da coleta esta colônia se dividiu em duas (GAR-MB-01-1D e GAR-MB-01-2C), e posteriormente pôde-se verificar que se tratavam de duas colônias que apresentaram crescimentos independentes. Sendo assim, neste ponto obtivemos duas colônias. A terceira (GAR-MB-2D) encontrava-se localizada na posição central da área de coleta, sendo a maior colônia, com dimensões de 32 cm no eixo maior e 22 cm no eixo menor, coletada a 1,5 m de profundidade. Após a coleta, as colônias foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e transportadas ao laboratório, onde foram lavadas com água de torneira. Foi utilizada também uma escova com cerdas de nylon para auxiliar na remoção do tecido mole do coral e secas a temperatura ambiente.

3.2.3 Preparação das placas

Com o auxílio de uma serra petrográfica (Figura 4a) foram feitas nas colônias cortes longitudinais paralelos ao eixo de crescimento, de modo a se obter uma placa com aproximadamente 1 cm de espessura em torno do eixo central. Após esse procedimento cada placa foi polida (Figura 4b) até que sua espessura atingisse exatamente 1 cm (Figura 4c).

Figura 4 - (a) Colônia sendo cortada em serra petrográfica; (b) lixadeira utilizada para fazer o ajuste da espessura da placa; (c) placa com espessura aproximada de 1 cm, resultante do processo de corte e polimento da colônia.

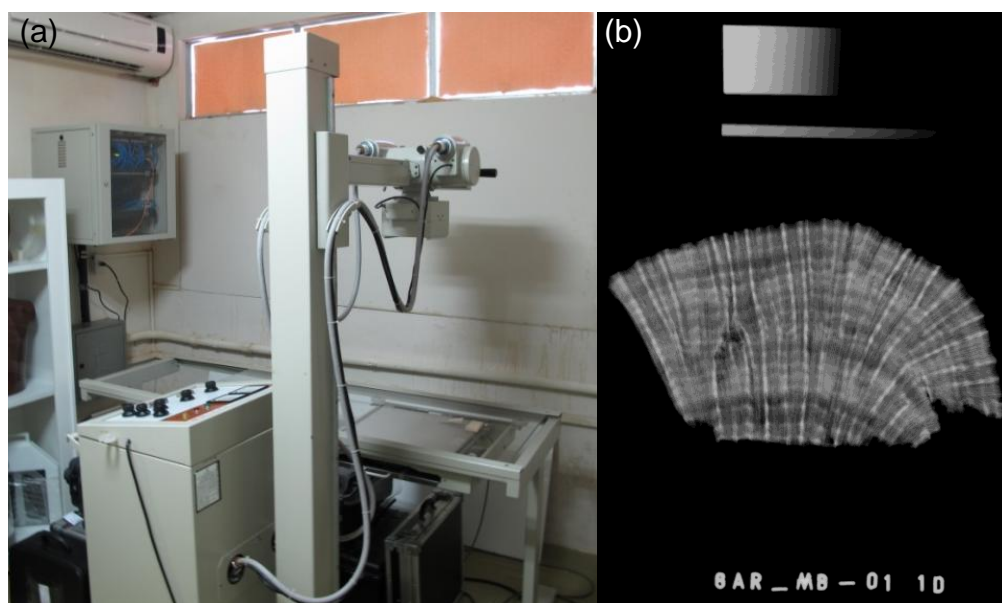


3.2.4 Radiografias

Posteriormente, as placas centrais de cada colônia foram submetidas à análise de raios-X no Instituto Federal de Ensino Tecnológico da Bahia (IFBA)

(Figura 5a). Utilizando filme rápido, sensível à luz verde e uma temperatura de 39° C, os corais puderam ser radiografados com parâmetros de voltagem de 50 kV, amperagem de 100 mA e tempo de 0.03 s (Figura 5b). Também foram radiografadas cunhas triangulares de aragonita e de alumínio e placas de alumínio que foram utilizadas como padrões de densidade.

Figura 5 - (a) Equipamento de radiografia utilizado no estudo; (b) radiografia resultante, ilustrando as bandas de crescimento do coral.

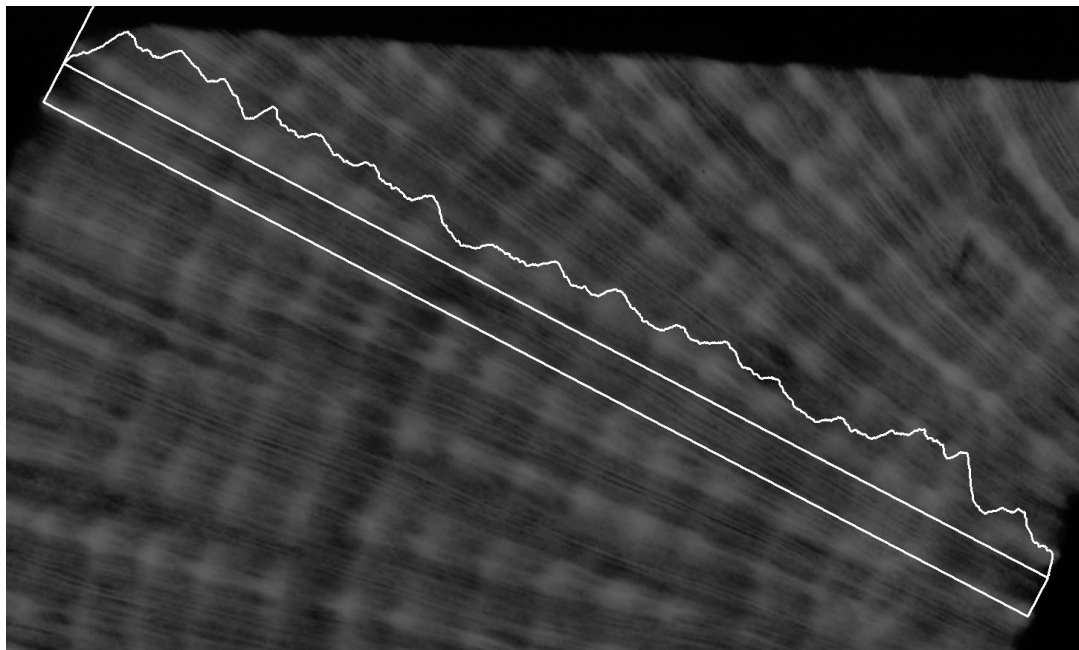


3.2.5 Análise das radiografias

As radiografias foram digitalizadas por um *scanner* de marca Microtek modelo TMA1000XL e em seguida analisadas com o programa *CoralXDS* versão 3.0, do *National Coral Reef Institute of Florida* (EUA), disponível no endereço <http://www.nova.edu/ocean/coralxds/index.html>, para obtenção de valores da extensão linear, calcificação e densidade médias de cada banda. No *CoralXDS*, a radiografia de uma cunha de aragonita de mesma espessura da lâmina do esqueleto e de densidade conhecida, é utilizada a fim de se obter uma relação entre a luminância e a densidade da amostra. Para determinar essa relação, deve-se selecionar um transecto ao longo da cunha. As luminâncias relativas (níveis de cinza que variam de 0 a 255, sendo 0 preto e 255 branco) aos pixels do transecto são convertidas em valores de densidade óptica que, submetidos a uma curva de calibração, são transformados em valores de densidade do esqueleto ao longo do

transecto selecionado na imagem. Finalmente, valores de densidade do esqueleto são diagramados como função da distância ao longo do transecto do coral (Figura 6) (HELMLE, 2002).

Figura 6 - Transecto feito ao longo do eixo de crescimento do coral.



3.3. Aquisição dos dados oceanográficos

3.3.1 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Os dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos a partir do *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA), que é um banco de dados com cobertura global e resolução temporal diária, que podem ser encontrados no seguinte site: <http://data.nodc.noaa.gov/pathfinder/Version5.0/>. Estes dados são disponibilizados pela base operacional do *United Kingdom Meteorological Office* (UKMO), através do projeto *Global High-Resolution Sea Surface Temperature- Pilot Project* (GHRSSST-PP) nível 4, que utiliza a interpolação ótima (OI) em uma grade de resolução de $0,054^\circ$ ($1/20^\circ$), aproximadamente 6 km.

As análises do OSTIA são geradas a partir de dados de satélite provenientes de sensores que incluem o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), o *Advanced Along Track Scanning Radiometer* (AATSR), o *Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager* (SEVIRI), o *Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS*

(AMSRE), o *Tropical Rainfall Measuring Mission Microwave Imager* (TMI), e dados de bóias de deriva e de fundeio.

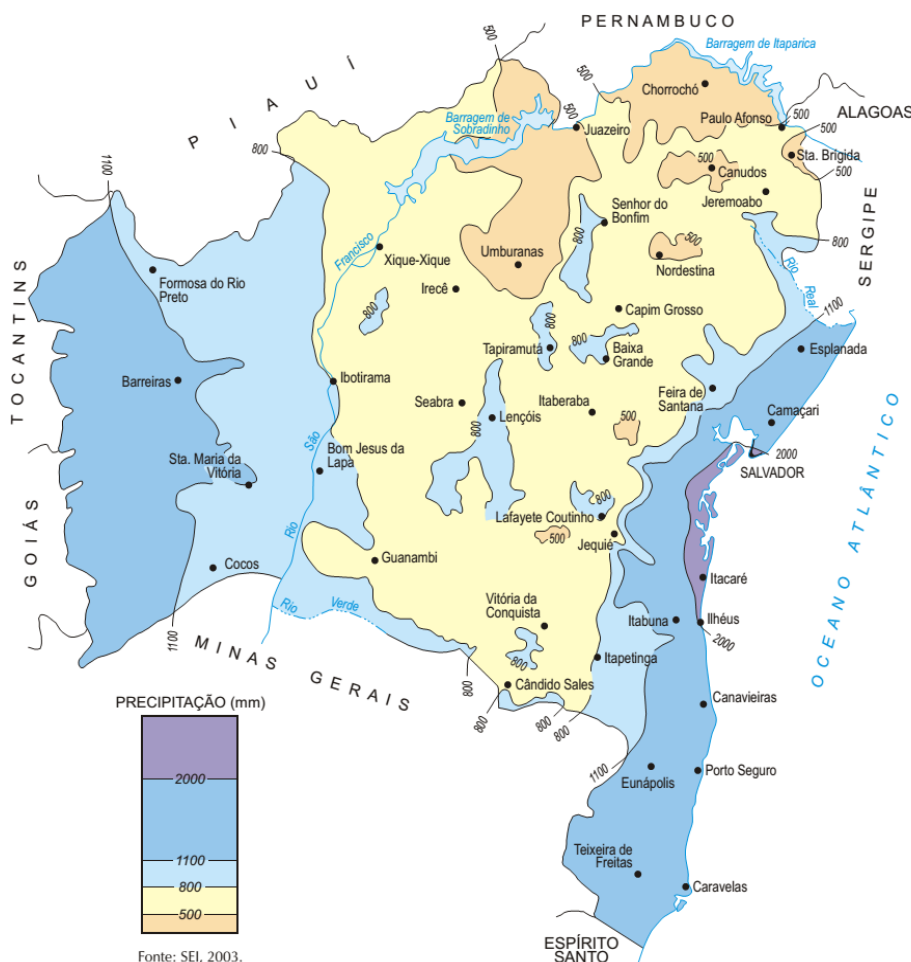
Com os valores de temperatura obtidos a partir do banco de dados do OSTIA, foi possível dividir o ano em dois períodos sazonais distintos: o de aquecimento e o de resfriamento da água superficial do mar. Aqui, definimos como período de aquecimento o tempo em que a temperatura superficial da água do mar leva para ir de um valor médio mensal mínimo de temperatura para um máximo durante o ano, enquanto que os de resfriamento representam o número de meses que duram entre uma média mensal máxima para uma mínima. Para se fazer esta análise, primeiramente foram tiradas as médias mensais das temperaturas. Posteriormente, ao longo de um ano, foram selecionadas as temperaturas médias mínima e máxima, e esse procedimento foi repetido ao longo dos 27 anos da série temporal. Em seguida calculou-se o número de meses existentes entre um mínimo e um máximo e entre um máximo e um mínimo. Então, na série temporal de 27 anos, a duração média aproximada encontrada para os períodos de aquecimento foi de 7,4 meses e 4,6 para os de resfriamento.

3.3.2 Pluviosidade (PLU)

Os dados de pluviosidade foram extraídos de séries contínuas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período entre 31/01/1986 e 31/10/2013.

Garapúa não possui estação meteorológica própria, porém, segundo a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), esta região encontra-se na mesma isoietas, linha que liga pontos de mesma precipitação, que a cidade de Salvador, apresentando clima úmido a subúmido, com precipitação acima de 2000 mm anuais (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de precipitação para o estado da Bahia



FONTE: SEI, 2003

3.3.3 Turbidez (K490)

A turbidez foi medida de forma relativa através do coeficiente de atenuação da luz (K490), que é resultado da razão entre a radiação refletida pela água do mar em dois comprimentos de ondas diferentes (488 e 551 nm). O K490 é obtido por sensoriamento remoto através do instrumento SeaWiFS (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor*) cujos dados refletem a magnitude e a variabilidade da clorofila e produção primária do fitoplâncton marinho nas águas oceânicas.

O K490 é uma medida de transparência da água que determina a quantidade de luz que penetra na coluna d'água e que está disponível para os organismos bentônicos. Desta forma, ele pode ser usado como um índice de qualidade da água para ecossistemas costeiros que são dependentes de reações fotoquímicas (fotossíntese

e foto-oxidação), como os recifes de corais (DORON, 2007; BARNES, 2013; KRUG, 2013). Na Tabela 1, estão parâmetros ambientais selecionados para análise. Estão ilustrados também os períodos das séries temporais, as unidades de medida e a origem desses dados.

Tabela 1 - Tabela apresentando as variáveis ambientais utilizadas no estudo ilustrando o período disponível, as unidades e a fonte dos dados.

Variáveis ambientais	Período	Unidade	Fonte
TSM	1985-2012	°C	OSTIA
PLU	1986-2013	mm	INMET
K490	2003-2012	m ⁻¹	MODIS

3.4 Tratamento estatístico dos dados

Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para fazer a associação linear entre os parâmetros de crescimento das colônias de corais e as variáveis ambientais. O coeficiente varia de -1 a 1. O valor sugere a força da relação entre as variáveis de forma que, quanto mais próximo dos extremos, mais forte é essa relação. Já o sinal indica uma relação direta entre as variáveis, quando é positivo, ou inversa, quando negativo (BARBETTA, 2006).

Neste estudo será utilizado os limites de magnitude dos coeficientes definidos por Cohen (1988). Para este autor, são definidas como correlações fracas aquelas que variam de 0,10 a 0,29, médias as que vão de 0,30 a 0,49 e fortes as de 0,50 a 1,00, podendo ser o sinal positivo ou negativo.

Calcula-se o coeficiente de correlação de Pearson utilizando-se a seguinte fórmula:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left[\left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right) \right]$$

Onde n é o número de elementos amostrais, x_i e y_i são as variáveis, \bar{X} e \bar{Y} são as médias amostrais e s_x e s_y são os respectivos desvios padrões.

Porém, para que seja possível a comparação entre duas variáveis diferentes, no que diz respeito a sua magnitude e dispersão, é necessário que haja uma padronização prévia dos seus valores. Padronizar as variáveis significa diminuir a influência das unidades de medidas e de ordens de grandeza muito díspares. Para tanto, deve-se subtrair cada observação (x_i) pela média (\bar{X}) e dividir o resultado pelo desvio padrão (s_x). Algebricamente, temos:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{s_x}$$

4. RESULTADOS

4.1 Variáveis Ambientais

Na área e no período estudados, a média mensal da temperatura da superfície do mar (TSM) atingiu valores máximos entre os meses de fevereiro e abril, enquanto que os mínimos ocorrem entre os meses de julho e setembro (Figura 8a). A análise da série temporal das temperaturas médias mensais da superfície do mar, que vai de 1985 a 2012, deixa evidente que o período que a água leva para aquecer é maior que o período que leva para resfriar.

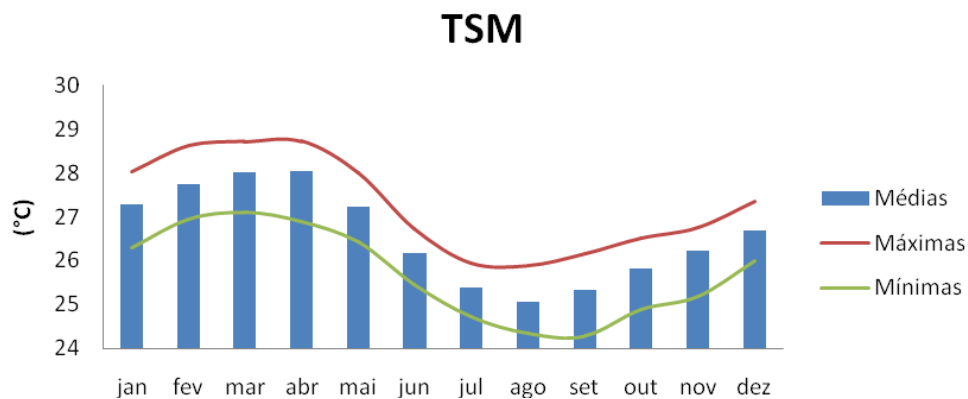
O gráfico da série temporal do coeficiente de atenuação da luz (K490) apresentou um comportamento cíclico bem marcado. Valores mais altos de turbidez foram encontrados entre os meses de maio e agosto, enquanto que os mais baixos de dezembro a fevereiro (Figura 8b).

Diferente do K490 e da temperatura, a pluviosidade não apresentou um padrão sazonal muito definido. As menores precipitações ocorrem geralmente entre novembro e fevereiro e o período mais chuvoso ocorre entre os meses de abril e junho, porém podemos observar chuvas episódicas espalhadas por todos os meses do ano (Figura 8c).

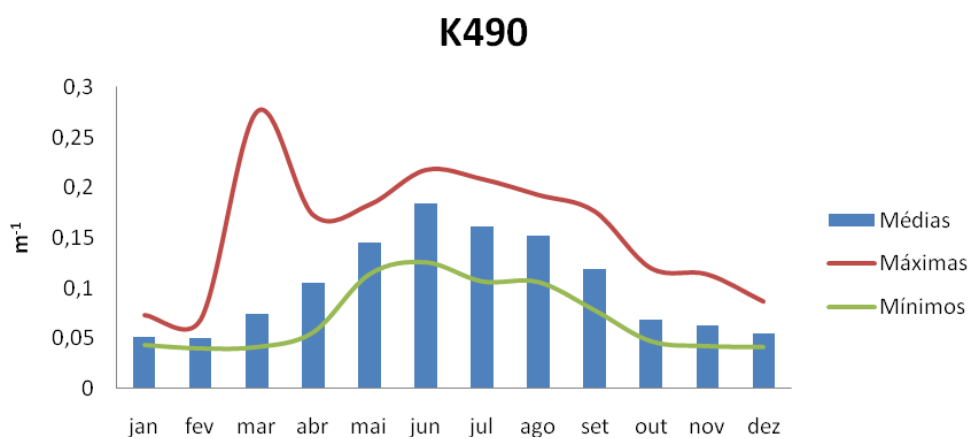
Os gráficos da Figura 9 mostram as séries temporais dos três parâmetros físicos em questão.

Figura 8 - Gráficos mostrando valores médios, máximos e mínimos de temperatura (8a), coeficiente de atenuação da luz (8b) e pluviosidade (8c), respectivamente

(a)



(b)



(c)

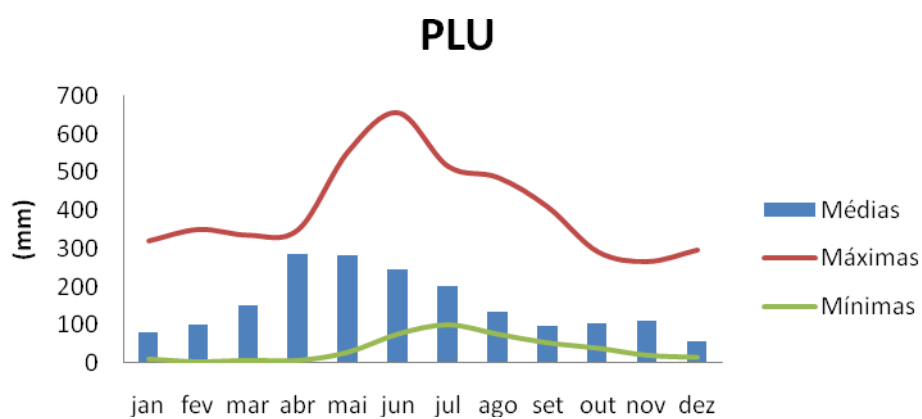
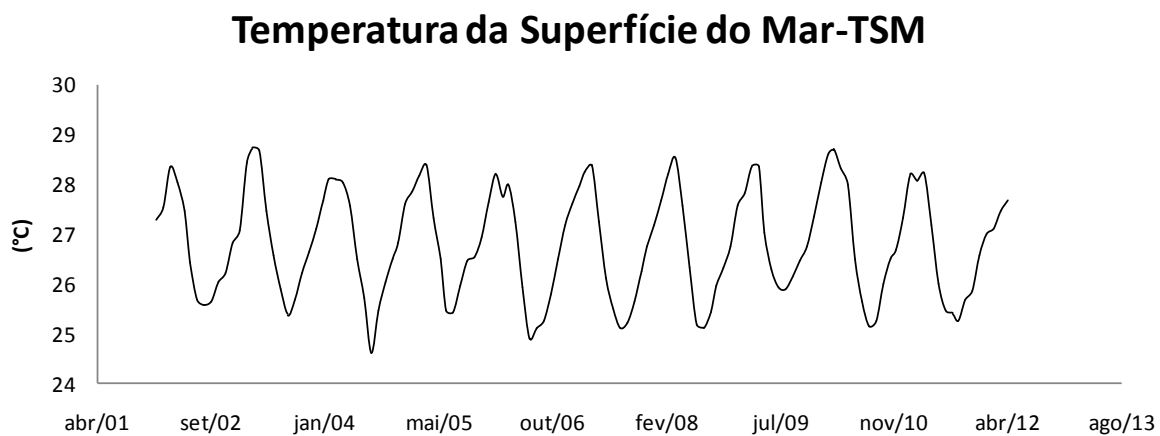
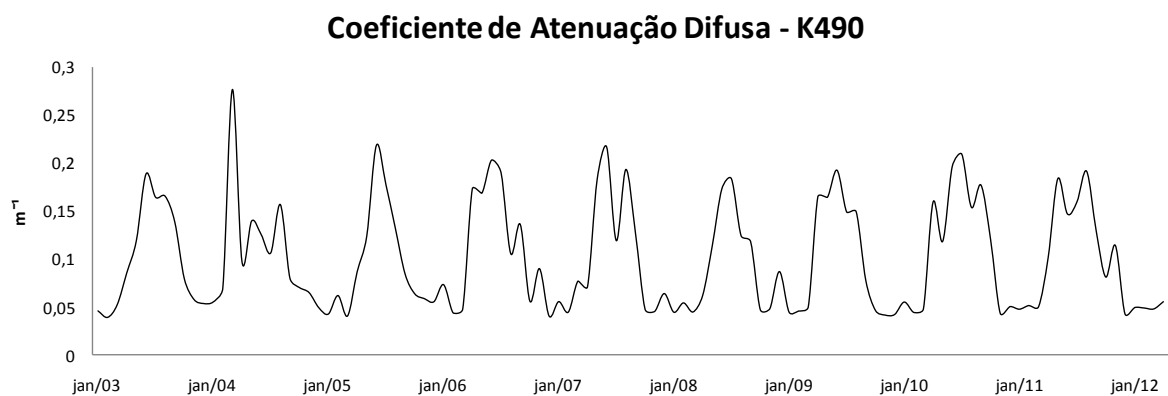


Figura 9 - Gráficos mostrando as séries temporais da temperatura (a), coeficiente de atenuação difusa da luz (b) e pluviosidade (c).

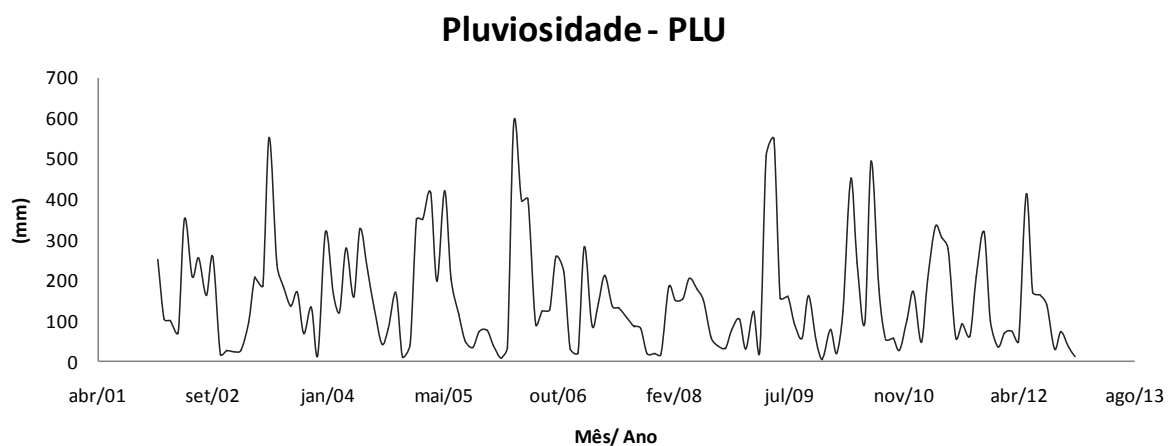
(a)



(b)



(c)



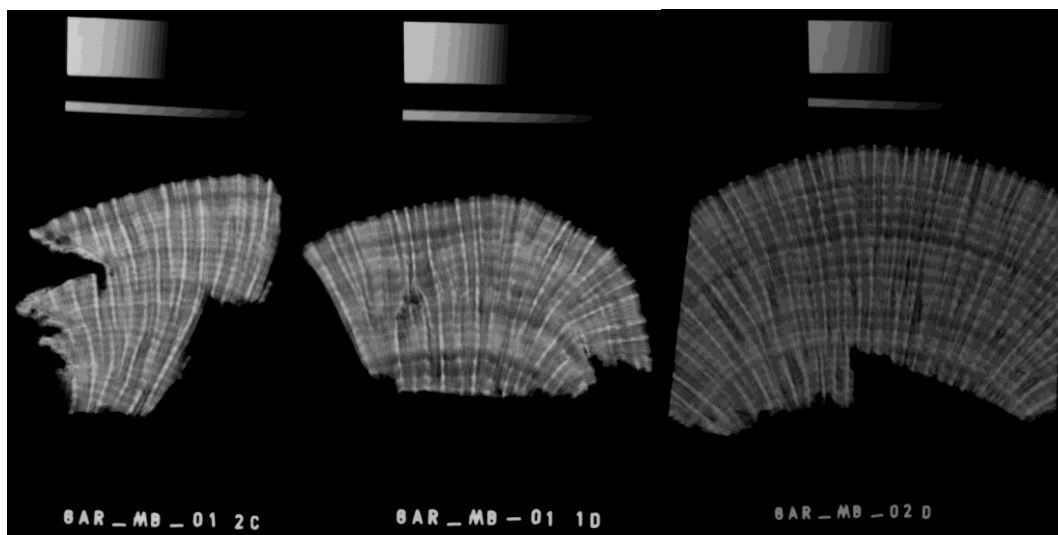
4.2 Esclerocronologia

Para possibilitar as comparações entre as colônias foi adotado um mesmo período de tempo, 2002 a 2012, que foi o período em que essas colônias coexistiram. É importante salientar que, neste trabalho, todos os gráficos e tabelas que correspondem às análises esclerocronológicas apresentam os anos retroagindo no tempo, ou seja, suas datas aparecem do período mais recente para o mais antigo.

4.2.1 Taxa de extensão linear média

Como pode ser visto na Figura 10, as bandas de densidade são bem marcadas. Nas radiografias, as faixas claras representam bandas de alta densidade, enquanto que as mais escuras representam bandas de baixa densidade. Este comportamento se repetiu em todas as colônias analisadas, evidenciando assim um padrão de crescimento anual sazonal já descrito em Kikuchi *et al.*(2013) e Oliveira (2007)

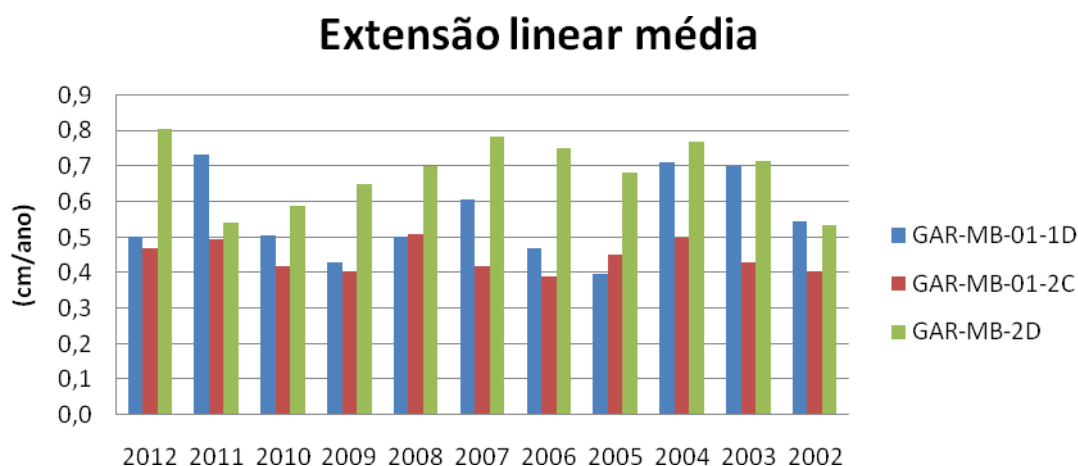
Figura 10 - Radiografia das colônias de *Mussismilia braziliensis* em negativo utilizadas neste estudo. Na porção superior da imagem encontram-se as radiografias das cunhas de aragonita e alumínio, respectivamente



Na análise do crescimento anual das colônias para o período entre 2002 e 2012 (Figura11), fica evidente que a colônia que apresentou a maior taxa de extensão linear média foi a GAR-MB-2D. Esta mesma colônia, juntamente com a

GAR-MB-01-1D, foram as que apresentaram maiores variações na extensão durante o período estudado, enquanto que a GAR-MB-01-2C apresentou um comportamento mais constante, variando pouco ao longo dos anos.

Figura 11 - Gráfico mostrando o crescimento anual de cada colônia no período entre 2002 e 2012



A Tabela 2 apresenta valores de extensão linear média sazonal das bandas de alta e baixa densidade para cada colônia. Os valores médios obtidos para cada colônia ao longo dos anos mostram que as bandas de alta densidade apresentam uma taxa de extensão linear menor que as bandas de baixa densidade. Esse comportamento também é notado quando tiramos as médias das bandas entre as três colônias, para um mesmo ano.

Tabela 2 - Extensão linear média sazonal das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral *Mussismilia braziliensis*, acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.

Ano	Extensão linear média sazonal (cm/ano)							
	GAR-MB-01-1D		GAR-MB-01-2C		GAR-MB-2D		Média	
	BD	AD	BD	AD	BD	AD	BD	AD
2012	0,23 ± 0,11	0,27 ± 0,07	0,22 ± 0,05	0,25 ± 0,06	0,39 ± 0,02	0,42 ± 0,22	0,28 ± 0,05	0,31 ± 0,09
2011	0,47 ± 0,10	0,21 ± 0,06	0,32 ± 0,06	0,18 ± 0,01	0,28 ± 0,15	0,26 ± 0,09	0,26 ± 0,05	0,22 ± 0,04
2010	0,29 ± 0,06	0,21 ± 0,06	0,19 ± 0,05	0,23 ± 0,15	0,35 ± 0,04	0,24 ± 0,07	0,28 ± 0,01	0,23 ± 0,05
2009	0,21 ± 0,03	0,23 ± 0,00	0,21 ± 0,06	0,19 ± 0,08	0,39 ± 0,04	0,27 ± 0,04	0,27 ± 0,02	0,23 ± 0,04
2008	0,27 ± 0,06	0,24 ± 0,06	0,29 ± 0,05	0,22 ± 0,04	0,43 ± 0,06	0,27 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,24 ± 0,02
2007	0,37 ± 0,03	0,24 ± 0,08	0,23 ± 0,02	0,19 ± 0,08	0,51 ± 0,07	0,28 ± 0,08	0,37 ± 0,03	0,24 ± 0,00
2006	0,23 ± 0,06	0,22 ± 0,04	0,20 ± 0,03	0,19 ± 0,04	0,43 ± 0,11	0,32 ± 0,10	0,29 ± 0,04	0,24 ± 0,03
2005	0,18 ± 0,01	0,35 ± 0,03	0,23 ± 0,08	0,22 ± 0,07	0,37 ± 0,09	0,31 ± 0,05	0,26 ± 0,04	0,29 ± 0,02
2004	0,36 ± 0,02	0,36 ± 0,21	0,25 ± 0,05	0,25 ± 0,05	0,49 ± 0,06	0,28 ± 0,04	0,37 ± 0,02	0,30 ± 0,10
2003	0,34 ± 0,13	0,29 ± 0,06	0,24 ± 0,06	0,19 ± 0,06	0,47 ± 0,05	0,25 ± 0,16	0,35 ± 0,04	0,24 ± 0,06
2002	0,26 ± 0,06	0,26 ± 0,21	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,07	0,27 ± 0,04	0,26 ± 0,08	0,24 ± 0,03	0,24 ± 0,08
Média	0,29 ± 0,07	0,26 ± 0,07	0,24 ± 0,08	0,21 ± 0,05	0,40 ± 0,07	0,29 ± 0,09	0,31 ± 0,01	0,25 ± 0,02

Neste estudo, a média de extensão linear para as colônias de *Mussismilia braziliensis* foi de 0,56 (± 0,03) cm/ano (Tabela 3).

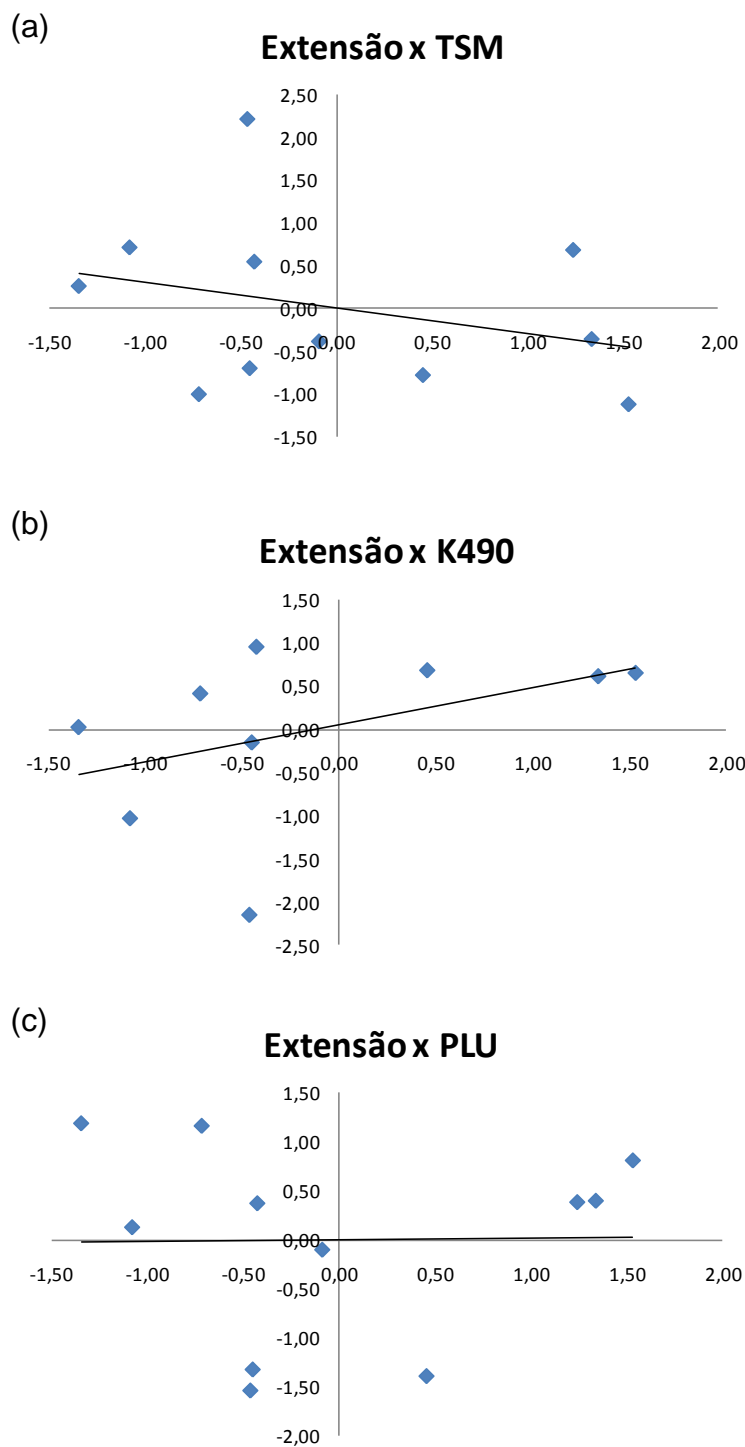
Tabela 3 - Extensão linear média anual das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral *Mussismilia braziliensis*, acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.

Ano	Extensão linear média anual(cm/ano)			
	GAR-MB-01-1D	GAR-MB-01-2C	GAR-MB-2D	Média anual ± D.P.
2012	0,50 ± 0,03	0,47 ± 0,01	0,81 ± 0,14	0,59 ± 0,07
2011	0,73 ± 0,03	0,50 ± 0,04	0,54 ± 0,04	0,59 ± 0,01
2010	0,51 ± 0,01	0,42 ± 0,07	0,59 ± 0,02	0,51 ± 0,04
2009	0,43 ± 0,02	0,41 ± 0,01	0,65 ± 0,01	0,50 ± 0,01
2008	0,50 ± 0,01	0,51 ± 0,01	0,70 ± 0,03	0,57 ± 0,01
2007	0,61 ± 0,04	0,42 ± 0,04	0,78 ± 0,01	0,60 ± 0,02
2006	0,47 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,75 ± 0,01	0,54 ± 0,01
2005	0,40 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,68 ± 0,03	0,51 ± 0,01
2004	0,71 ± 0,13	0,50 ± 0,01	0,77 ± 0,01	0,66 ± 0,07
2003	0,70 ± 0,05	0,43 ± 0,01	0,72 ± 0,08	0,62 ± 0,04
2002	0,54 ± 0,11	0,40 ± 0,04	0,53 ± 0,03	0,49 ± 0,04
Média	0,55 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,68 ± 0,04	0,56 ± 0,03

Para cada uma das três colônias, os valores contidos na tabela 3 foram comparados, ano a ano, com os valores anuais médios dos três parâmetros físicos estudados. Os resultados estão nas figuras a seguir (Figura 12). As extensões lineares aqui apresentadas referem-se à média, calculada entre os três transectos,

da espessura de cada par de alta e baixa densidade, que representa o crescimento linear médio da colônia a cada ano.

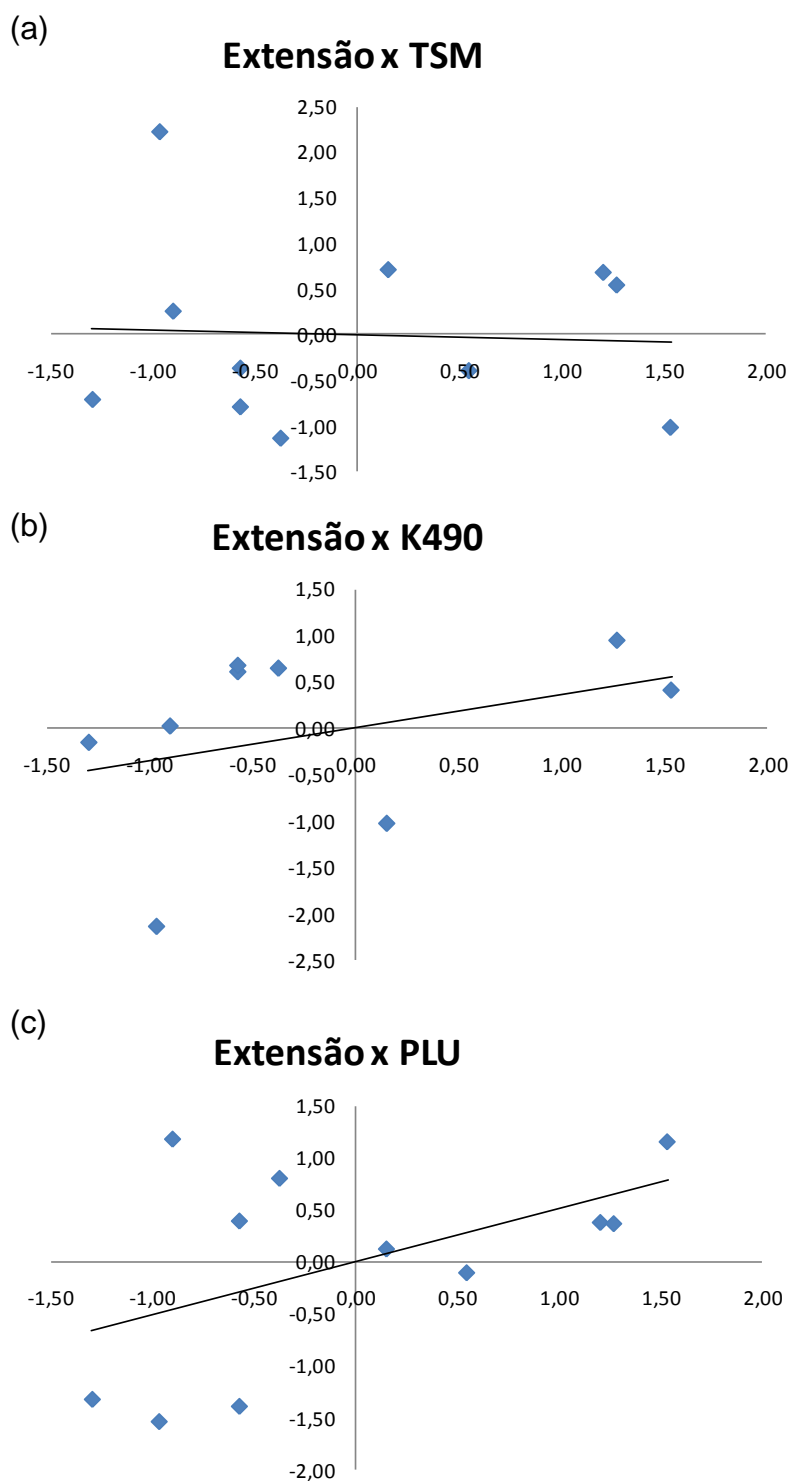
Figura 12 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



Como se pode ver na Figura 12, a extensão linear anual média da colônia GAR-MB-01-1D não apresentou correlação com a pluviosidade (PLU) ($r = -0,02$) e

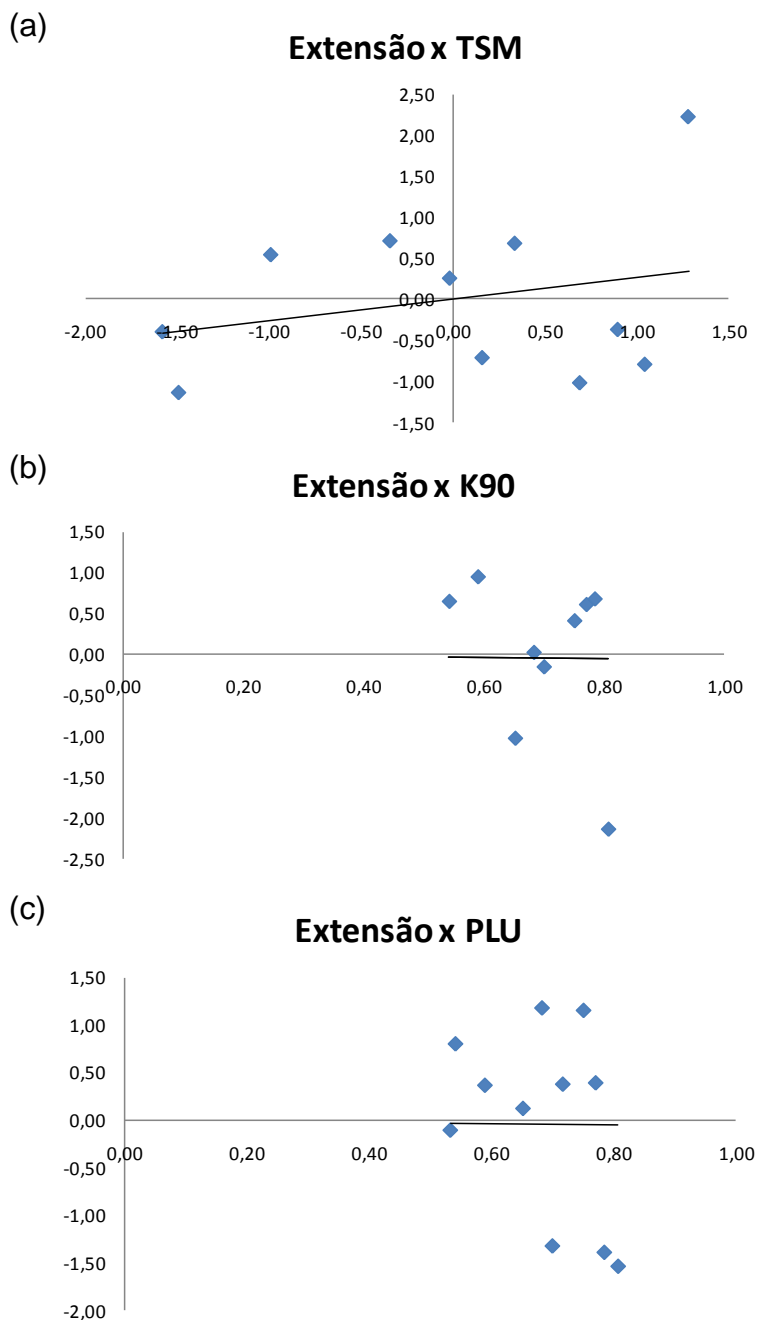
apresentou correlação média, de acordo com a classificação de Cohen (1988), com as duas outras variáveis ambientais, sendo positiva com K490 ($r = 0,44$) e negativa com (TSM) ($r = -30$).

Figura 13 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



Neste caso, a extensão linear anual média da colônia GAR-MB-01-2C não apresentou uma correlação significativa com a temperatura (TSM) ($r = -0,05$) e apresentou correlação média positiva com as duas outras variáveis ambientais, pluviosidade (PLU) ($r = 0,37$) e turbidez (K490) ($r = 0,51$)(Figura 13).

Figura 14 - Diagramas de dispersão entre a extensão linear anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



Para esta terceira colônia analisada (Figura 14), a extensão linear anual média apresentou correlação fracas com todos os três parâmetros, sendo positiva

com TSM ($r = 0,26$) e negativa com as demais, K490 ($r = -0,03$) e PLU ($r = -0,04$).

Como fica claro da análise das últimas figuras e segundo os coeficientes de correlação de Pearson mostrados na Tabela 4, a comparação anual do parâmetro de extensão linear com os parâmetros físicos não apresentou um comportamento uniforme, cada colônia respondeu diferentemente aos parâmetros físicos.

Tabela 4 - Tabela indicando a magnitude correlação de Pearson entre valores padronizados da extensão linear média anual e os parâmetros ambientais, para cada colônia

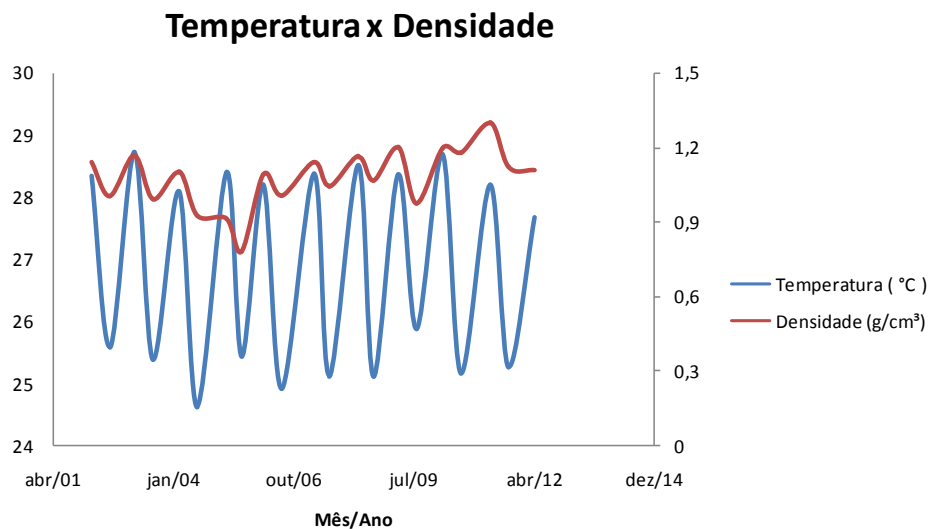
	EXTENSÃO LINEAR MÉDIA ANUAL (cm/ano)		
	GAR-MB-01-1D	GAR-MB-01-2C	GAR-MB-02D
TSM	-0,30	-0,05	0,26
K490	0,44	0,37	-0,03
PLU	0,02	0,51	-0,04

4.2.2 Densidade

Em cada transecto feito ao longo do eixo de crescimento dos corais, através dos valores de luminância medidos e calibrados pelas cunhas de aragonita e de alumínio, foi possível obter valores de densidade dos esqueletos de cada banda de crescimento das colônias de *Mussismilia braziliensis* estudadas. O gráfico da figura 15 exemplifica o resultado fornecido pelo CoralXDS para para a curva de densidade de um do transecto central da colônia GAR-MB-01-1D. A curva se comporta de maneira cíclica, com alternância entre picos e vales. O intervalo entre dois picos (ou dois vales) consecutivos representa um ciclo anual de crescimento do coral. As linhas perpendiculares ao eixo da abscissa representam o limite entre uma banda de alta (AD) e baixa densidade (BD), que é dado pela posição média entre um pico e um vale do valor da densidade. A distância entre duas linhas que limitam um pico representam a extensão linear de uma banda de alta densidade, enquanto que a distância entre duas que limitam um vale, uma banda de baixa densidade.

Como exemplificado na Figura 15, bandas claras, de alta densidade, são formadas durante o verão, enquanto que bandas escuras, de baixa densidade, são formadas durante o inverno.

Figura 15 - Variação da densidade de um dos transectos da colônia GAR-MB-01-2C comparada à variação da temperatura ao longo dos anos.



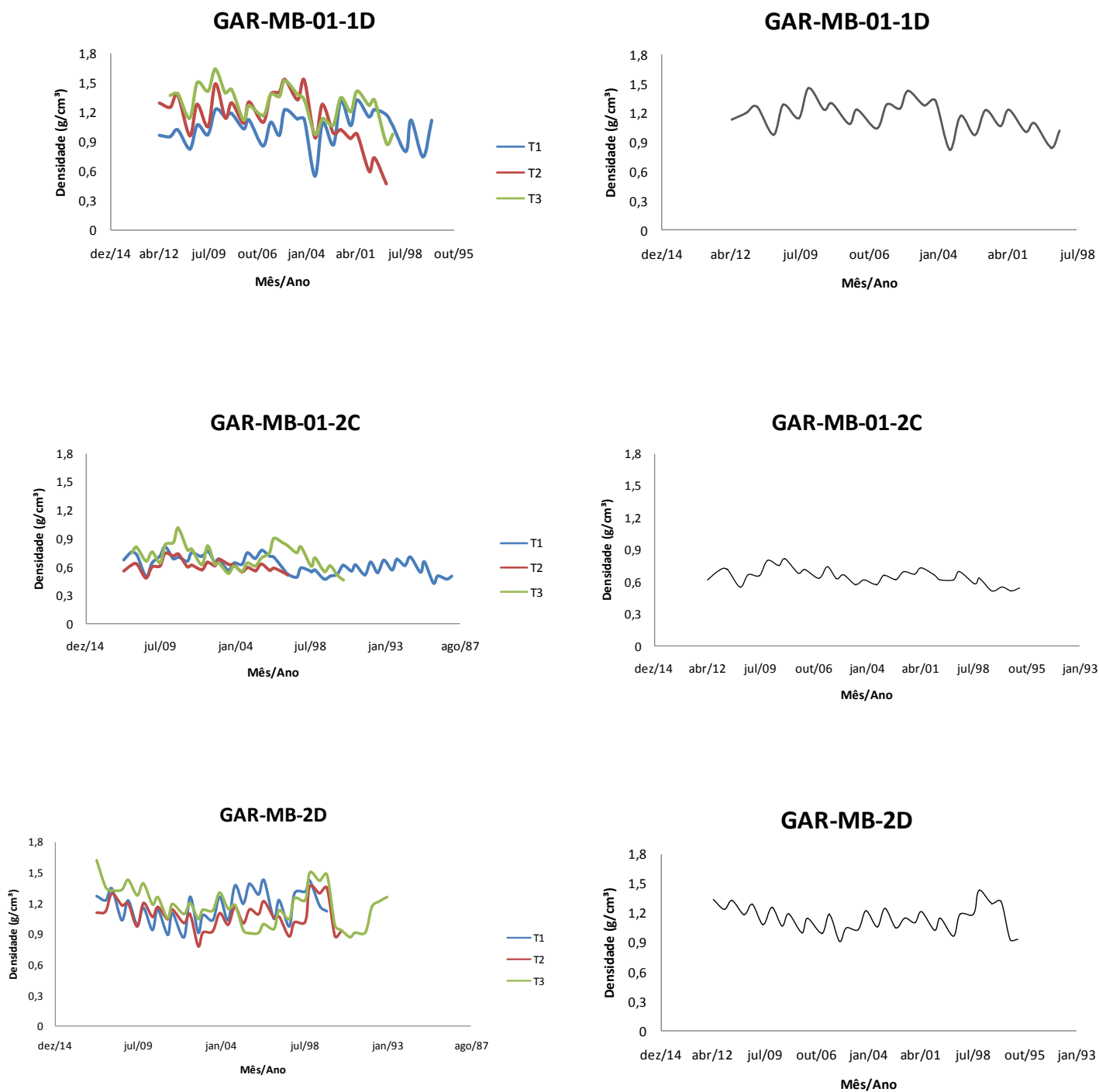
Das quatro campanhas realizadas para tingimento das colônias, apenas nas duas primeiras os corais conseguiram fixar a alizarina ao seu esqueleto, apresentando, portanto apenas duas marcas visíveis correspondentes aos anos de 2011 e 2012 como observado na Figura 16.

Figura 16 - Em rosa, marca da alizarina sódica fixada ao esqueleto de coral referente aos meses de janeiro de 2011 (linha inferior) e maio de 2012 (linha superior).



A alizarina foi utilizada nos corais a fim de se realizar uma conversão temporal através da extensão linear. Para fazer a conversão, foi medida a distância entre o topo da colônia e a base da marca da alizarina. Com a extensão linear podemos então encontrar a posição relativa à linha tingida no gráfico da densidade fazendo uma associação através das bandas de densidade ao mês e ano correspondentes para cada transecto. Em seguida, foram feitos ajustes que igualassem as diferentes densidades médias dos diferentes transectos em uma mesma posição no tempo, para que em seguida fossem tiradas as médias desses valores (Figura 17).

Figura 17 - Variação da densidade ao longo do tempo para cada transecto, na coluna da esquerda, e para os valores médios desses transectos, na coluna da direita.



A Tabela 5 ilustra a variação da densidade média sazonal ao longo dos anos. Ela apresenta os valores médios para as bandas de alta e baixa densidade de cada colônia, e os valores médios das bandas para colônias diferentes.

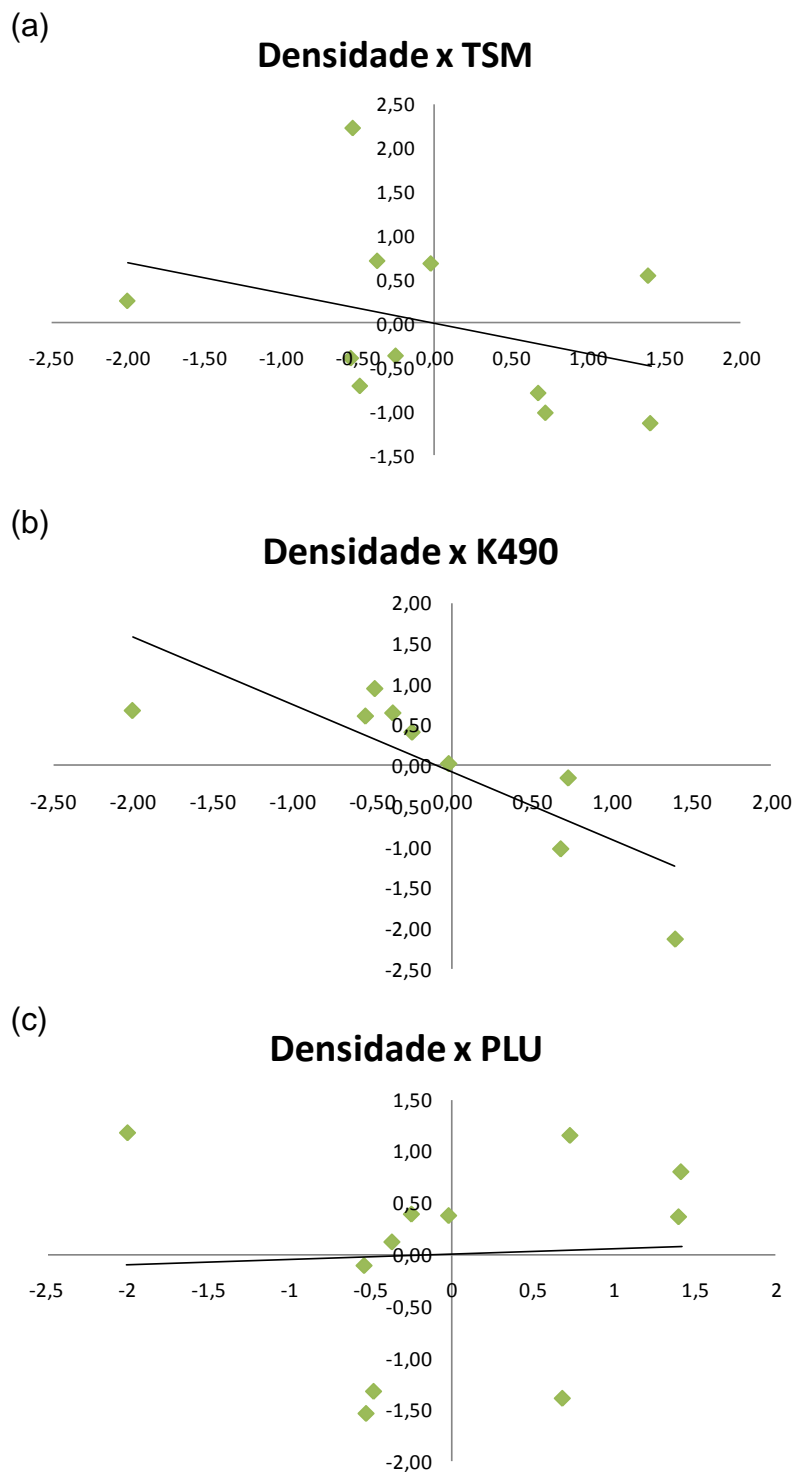
Tabela 5 - Densidade média sazonal das bandas de alta (AD) e baixa (BD) densidade do esqueleto de coral *Mussismilia braziliensis*, acompanhada do desvio padrão, para o período entre 2002 e 2012.

Ano	DENSIDADE MÉDIA SAZONAL (g/cm ³)							
	GAR-MB-01-1D		GAR-MB-01-2C		GAR-MB-2D		Média	
	BD	AD	BD	AD	BD	AD	BD	AD
2012	1,20 ± 0,22	1,26 ± 0,21	0,71 ± 0,07	0,72 ± 0,09	1,23 ± 0,12	1,32 ± 0,02	1,05 ± 0,14	1,10 ± 0,11
2011	0,97 ± 0,16	1,29 ± 0,22	0,55 ± 0,10	0,67 ± 0,08	1,18 ± 0,15	1,29 ± 0,13	0,90 ± 0,13	1,08 ± 0,14
2010	1,15 ± 0,24	1,46 ± 0,21	0,66 ± 0,05	0,80 ± 0,05	1,08 ± 0,17	1,25 ± 0,13	0,96 ± 0,15	1,17 ± 0,13
2009	1,23 ± 0,14	1,30 ± 0,12	0,75 ± 0,09	0,82 ± 0,17	1,07 ± 0,12	1,19 ± 0,06	1,02 ± 0,12	1,10 ± 0,12
2008	1,08 ± 0,05	1,23 ± 0,10	0,68 ± 0,09	0,72 ± 0,09	1,00 ± 0,09	1,14 ± 0,04	0,92 ± 0,08	1,03 ± 0,08
2007	1,13 ± 0,05	1,29 ± 0,17	0,63 ± 0,07	0,74 ± 0,09	0,99 ± 0,11	1,18 ± 0,09	0,92 ± 0,08	1,07 ± 0,11
2006	1,25 ± 0,24	1,43 ± 0,18	0,63 ± 0,02	0,67 ± 0,02	0,91 ± 0,13	1,00 ± 0,12	0,93 ± 0,13	1,03 ± 0,11
2005	1,13 ± 0,04	1,13 ± 0,12	0,57 ± 0,05	0,62 ± 0,02	1,03 ± 0,10	1,22 ± 0,11	0,91 ± 0,06	0,99 ± 0,08
2004	0,66 ± 0,45	1,17 ± 0,10	0,57 ± 0,05	0,66 ± 0,08	1,06 ± 0,08	1,24 ± 0,12	0,76 ± 0,19	1,02 ± 0,10
2003	0,96 ± 0,10	1,23 ± 0,18	0,62 ± 0,07	0,70 ± 0,07	1,04 ± 0,14	1,14 ± 0,24	0,88 ± 0,10	1,02 ± 0,17
2002	1,09 ± 0,11	1,24 ± 0,23	0,67 ± 0,10	0,73 ± 0,16	1,10 ± 0,19	1,21 ± 0,22	0,95 ± 0,13	1,06 ± 0,20
Média	1,08 ± 0,16	1,27 ± 0,17	0,64 ± 0,07	0,71 ± 0,08	1,06 ± 0,13	1,20 ± 0,12	0,93 ± 0,12	1,06 ± 0,12

Como pode ser observado, a colônia GAR-MB-01-1D, localizada na parte mais afastada e rasa da área estudada, apresentou maiores valores de densidade tanto para as bandas de AD como para as de BD, embora os resultados não tenham sido significativamente diferentes daqueles mostrados pela colônia GAR-MB-2D, mais próxima da costa e em profundidade maior. A colônia GAR-MB-01-2C, por sua vez, apresentou valores de densidade visivelmente menores do que as outras duas, o que pode indicar a ocorrência de competição (em que é desfavorecida) com a sua colônia vizinha GAR-MB-01-1D.

De modo semelhante ao que foi feito para a extensão linear, para cada uma das três colônias, os valores anuais de densidade, mostrados na tabela 5 acima foram comparados com os valores sazonais médios dos três parâmetros físicos, TSM, K490 e PLU. Os resultados estão nas figuras a seguir (Figura 18a, 18b e 18c).

Figura 18 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).

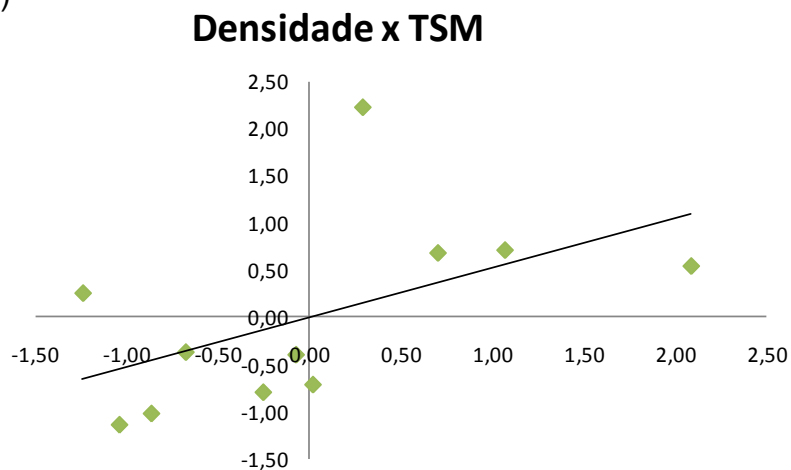


Como se pode notar, a densidade anual da colônia GAR-MB-01-1D não apresentou uma correlação significativa com a pluviosidade (PLU) ($r = 0,05$) e apresentou correlação negativa com as outras duas, sendo mais forte com a turbidez (K490) ($r = -0,81$) do que com a temperatura (TSM) ($r = -0,34$).

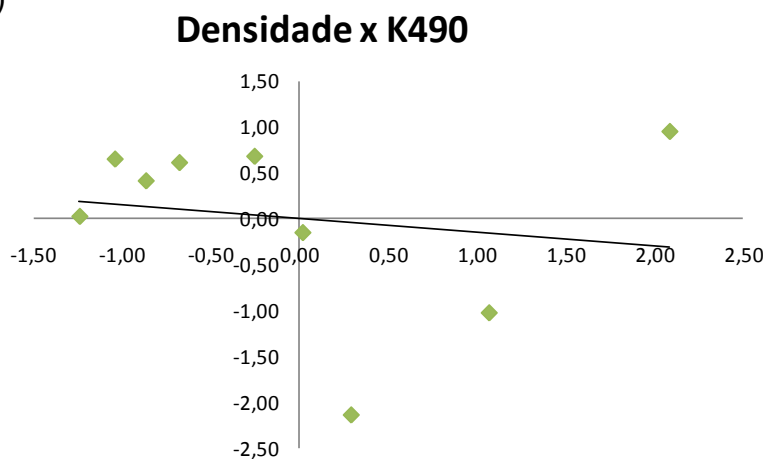
No caso desta segunda colônia (GAR-MB-01-2C) (Figura 19), a densidade anual apresentou uma correlação significativa apenas com a TSM ($r = 0,52$), sendo positiva.

Figura 19 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).

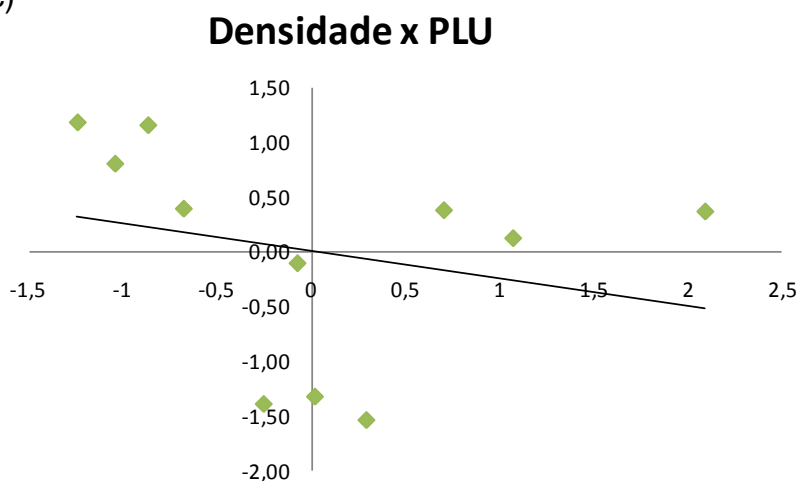
(a)



(b)



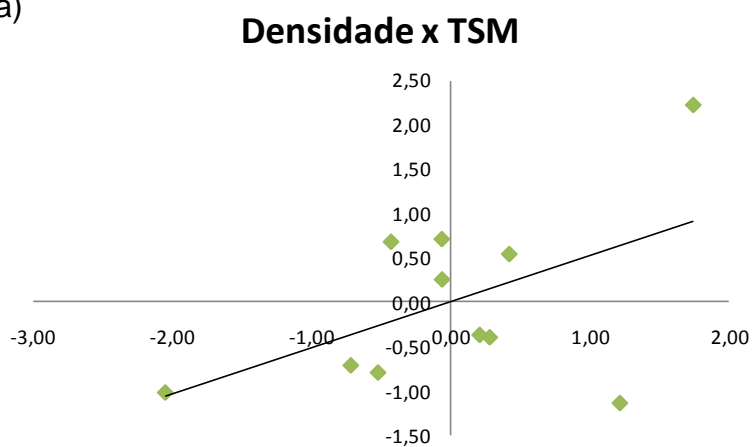
(c)



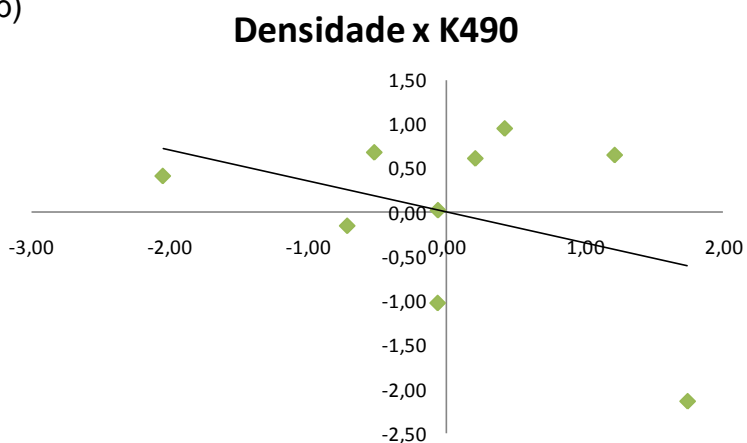
Finalmente, para a colônia GAR-MB-2D (Figura 20), a densidade anual apresentou correlação positiva com a TSM ($r = 0,52$) e negativa com os demais parâmetros, aparentando ser mais forte com K490 ($r = -0,39$) do que com PLU ($r = -0,24$).

Figura 20 - Diagramas de dispersão entre a densidade anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).

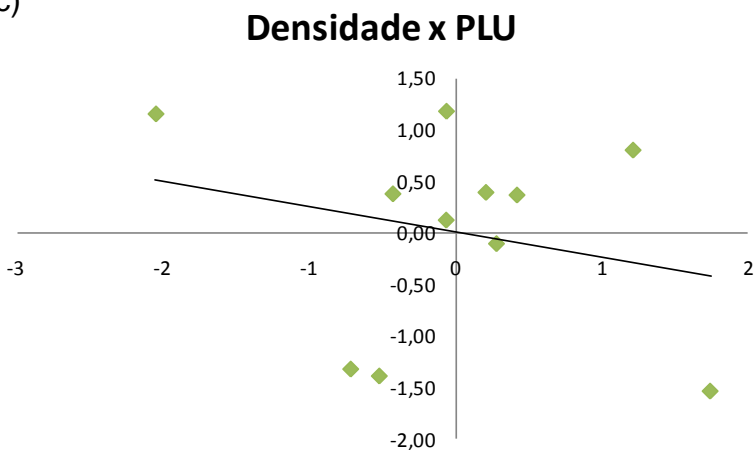
(a)



(b)



(c)



A Tabela 6 mostra o coeficiente de correlação calculado entre cada uma das variáveis ambientais e a densidade de cada colônia. Nota-se que, dentre as colônias analisadas, a TSM apresentou correlação de magnitude forte e positiva com GAR-MB-01-2C e GAR-MB-02D, e magnitude média e negativa com GAR-MB-01-1D.

Tabela 6 - Tabela indicando a magnitude da correlação de Pearson entre valores padronizados da densidade média anual e os parâmetros ambientais, para cada colônia

	DENSIDADE MÉDIA ANUAL (g/cm³)		
	GAR-MB-01-1D	GAR-MB-01-2C	GAR-MB-02D
TSM	-0,34	0,52	0,52
K490	-0,81	-0,16	-0,39
PLU	0,05	-0,25	-0,24

A correlação entre densidade e K490 apresentou o comportamento normalmente esperado. Essas duas variáveis se relacionam de forma inversa, indicando que quanto maior é o coeficiente de atenuação difusa da luz (K490), ou seja, quanto mais turva está a coluna d'água, menos denso será o esqueleto do coral.

A pluviosidade não apresentou correlação significativa com a densidade em nenhuma das colônias analisadas neste estudo. Isso pode indicar que a pluviosidade não tem uma influência linear sobre a densidade do esqueleto depositado pelo coral. A razão para isso é que o coral apresenta melhor desempenho fisiológico para um valor ótimo de salinidade, a variável influenciada pela pluviosidade que realmente afeta o crescimento do coral. Ou seja, tanto o excesso quanto a escassez de pluviosidade (e, portanto, de salinidade) em relação ao valor ótimo, levam ao estresse da colônia. Análise semelhante pode ser feita para a TSM que apresentou correlações não uniformes entre as colônias, como seria de se esperar no caso da TSM ter influência semelhante a da turbidez sobre a fisiologia do organismo.

4.2.3 Calcificação

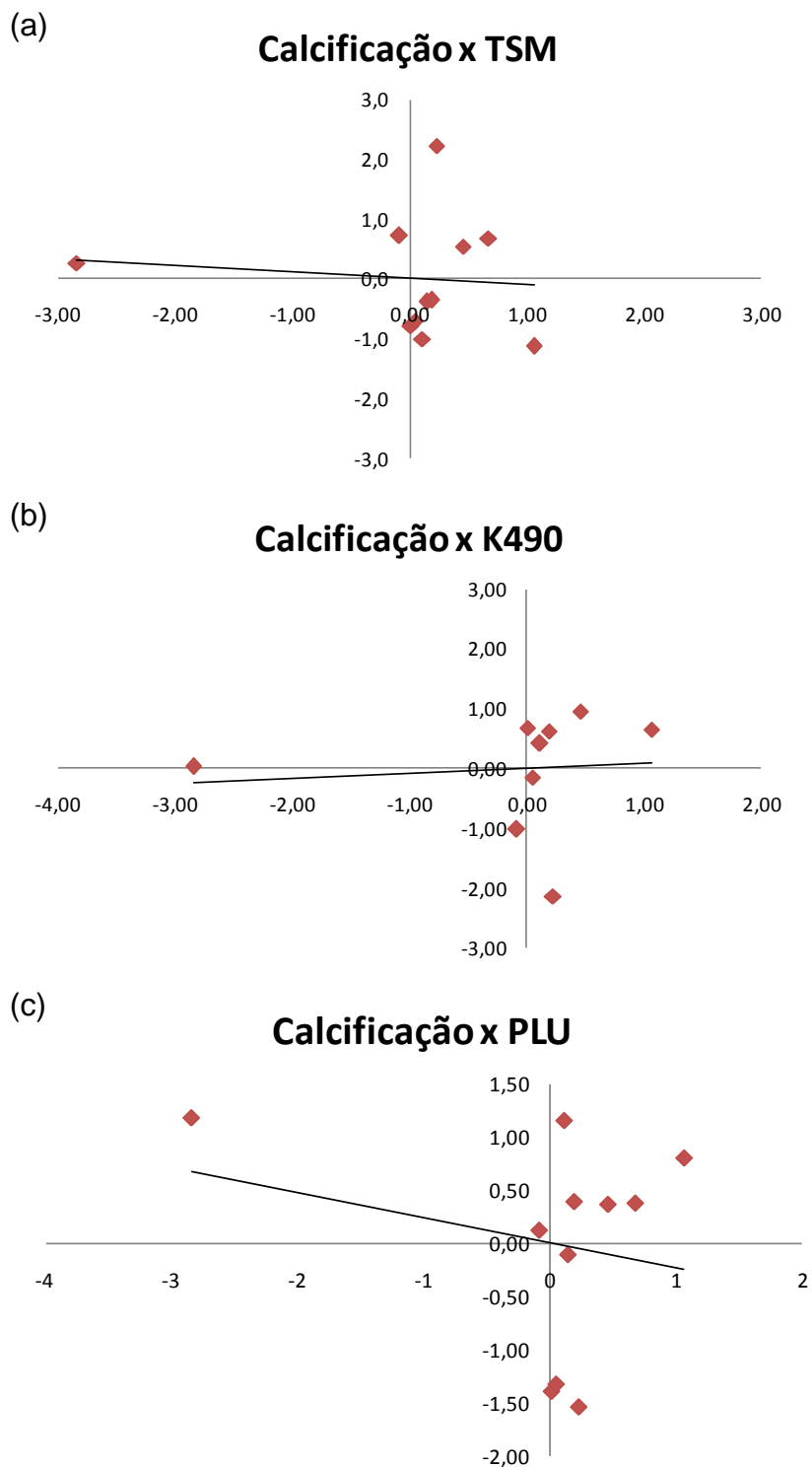
A taxa de calcificação depende de muitos fatores e varia em intensidade de uma espécie para outra. A Tabela 7 ilustra a variação da calcificação média sazonal ao longo dos anos. Ela apresenta os valores médios para as bandas de alta e baixa densidade de cada colônia e os valores médios das bandas para colônias diferentes.

Tabela 7 - Tabela ilustrando a calcificação média sazonal das bandas de alta e baixa densidade para o período entre 2002 e 2012.

CALCIFICAÇÃO SAZONAL (g/cm ² ano ⁻¹)								
Ano	GAR-MB-01-1D		GAR-MB-01-2C		GAR-MB-2D		Média	
	BD	AD	BD	AD	BD	AD	BD	AD
2012	0,26 ± 0,09	0,34 ± 0,13	0,12 ± 0,03	0,18 ± 0,03	0,48 ± 0,03	0,55 ± 0,30	0,29 ± 0,05	0,36 ± 0,15
2011	0,44 ± 0,05	0,28 ± 0,09	0,17 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,32 ± 0,13	0,33 ± 0,09	0,31 ± 0,06	0,24 ± 0,06
2010	0,33 ± 0,07	0,31 ± 0,05	0,13 ± 0,03	0,19 ± 0,13	0,38 ± 0,09	0,30 ± 0,07	0,28 ± 0,07	0,26 ± 0,08
2009	0,26 ± 0,05	0,30 ± 0,02	0,16 ± 0,05	0,15 ± 0,05	0,41 ± 0,02	0,31 ± 0,03	0,28 ± 0,04	0,26 ± 0,04
2008	0,29 ± 0,05	0,29 ± 0,05	0,18 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,43 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,03	0,25 ± 0,03
2007	0,28 ± 0,24	0,30 ± 0,07	0,17 ± 0,02	0,13 ± 0,04	0,50 ± 0,04	0,33 ± 0,10	0,31 ± 0,10	0,26 ± 0,07
2006	0,28 ± 0,06	0,31 ± 0,05	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,03	0,38 ± 0,06	0,22 ± 0,21	0,26 ± 0,04	0,22 ± 0,10
2005	0,20 ± 0,12	0,39 ± 0,23	0,11 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,38 ± 0,06	0,38 ± 0,08	0,23 ± 0,07	0,30 ± 0,12
2004	0,16 ± 0,19	0,44 ± 0,29	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,52 ± 0,08	0,35 ± 0,06	0,28 ± 0,10	0,32 ± 0,12
2003	0,32 ± 0,12	0,35 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,13 ± 0,0	0,49 ± 0,08	0,31 ± 0,26	0,31 ± 0,07	0,26 ± 0,10
2002	0,27 ± 0,04	0,32 ± 0,07	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,08	0,30 ± 0,07	0,33 ± 0,14	0,24 ± 0,05	0,27 ± 0,10
Média	0,28 ± 0,10	0,33 ± 0,10	0,15 ± 0,03	0,15 ± 0,04	0,42 ± 0,04	0,34 ± 0,12	0,28 ± 0,06	0,27 ± 0,09

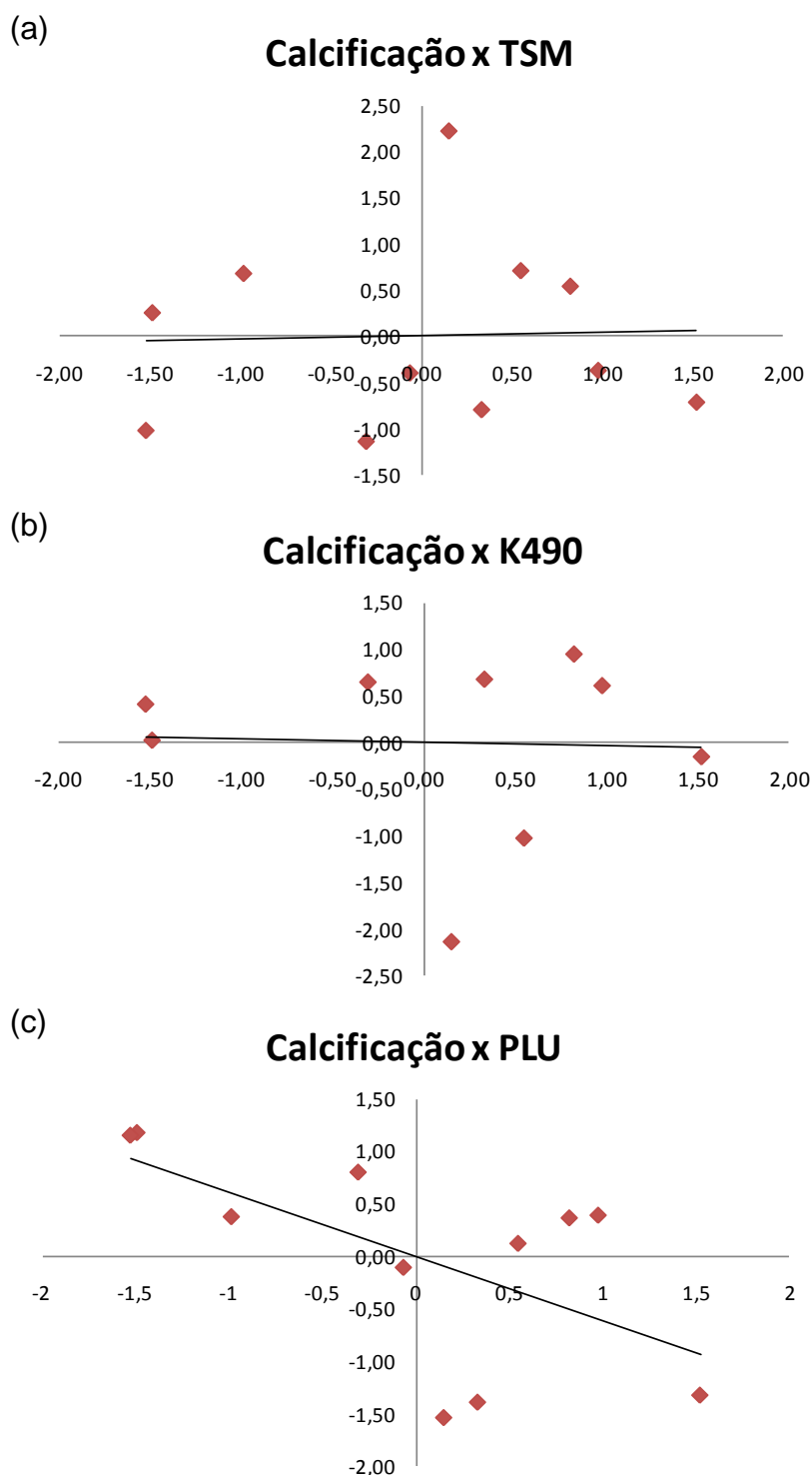
Para a colônia GAR-MB-01-1D (Figura 21) a calcificação anual média não apresentou correlação significativa com nenhum dos parâmetros físicos analisados.

Figura 21 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-01-1D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



Como pode ser visualizado nos gráficos da (Figura 22), tanto a TSM quanto o K490 não apresentaram correlações com a calcificação da colônia GAR-MB-012C. A pluviosidade, por sua vez, apresentou uma correlação forte negativa ($r = -0,61$).

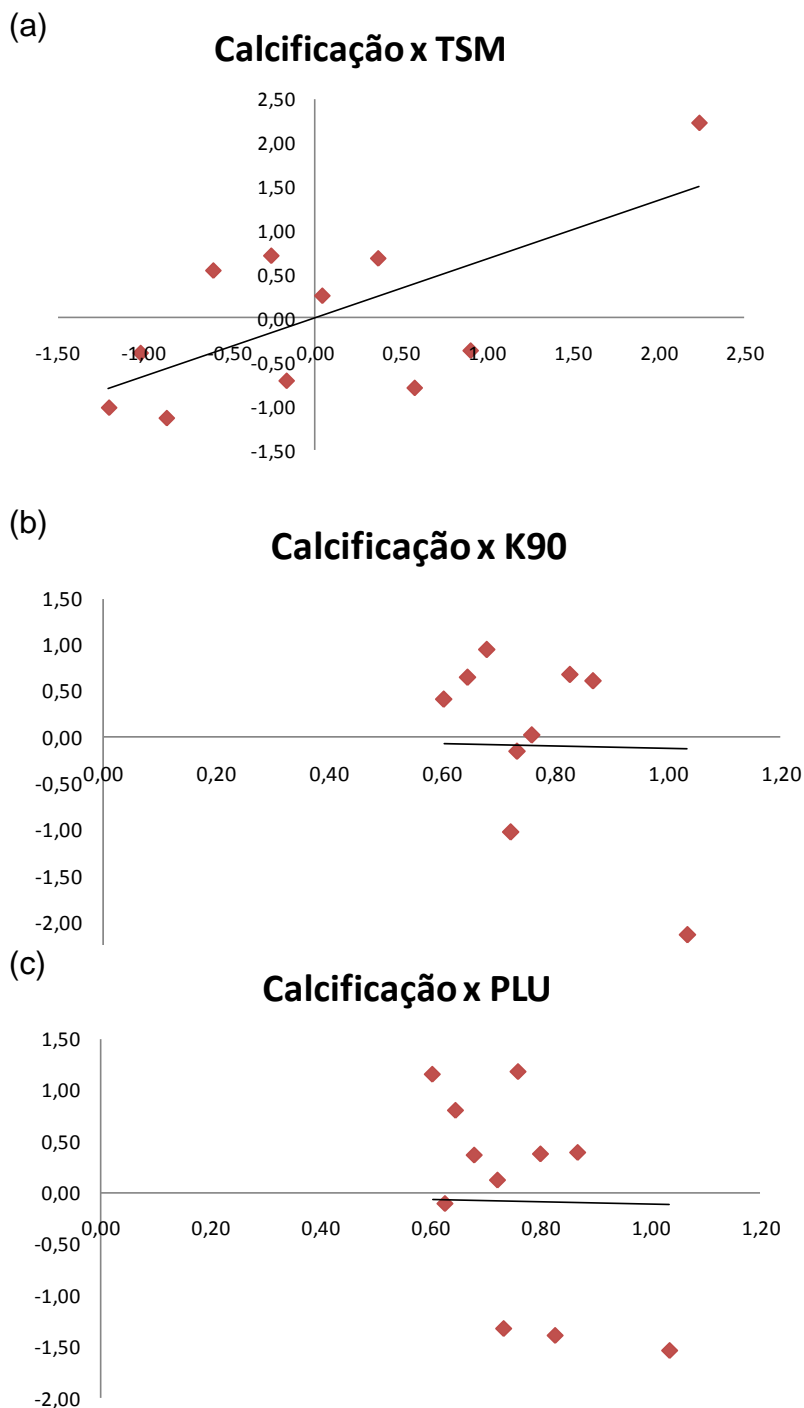
Figura 22 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-01-2C e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



Já para a colônia GAR-MB-02 (Figura 23), O K490 e a pluviosidade apresentaram correlações fracas e negativas ($r = 0,08$) e ($r = 0,07$),

respectivamente. O único parâmetro que se mostrou de magnitude forte e positiva foi a TSM ($r = 0,67$).

Figura 23 - Diagramas de dispersão entre a calcificação anual da colônia GAR-MB-2D e os parâmetros físicos TSM (a), K490 (b) e PLU (c).



A análise dos resultados calculados para o coeficiente de correlação de Pearson entre calcificação e variáveis ambientais mostra que para a TSM e o K490

não há uma relação de magnitude forte desses parâmetros com a calcificação exceto pela colônia GAR-MB-02D que apresentou uma relação forte e positiva com a TSM e forte e negativa com o K490 (Tabela 8).

Por sua vez, a pluviosidade foi o parâmetro que melhor se relacionou à calcificação, apresentando uma correlação negativa entre as variáveis para todas as colônias.

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre valores padronizados da calcificação e os parâmetros ambientais, para cada colônia

	CALCIFICAÇÃO MÉDIA ANUAL (g/cm² ano)		
	GAR-MB-01-1D	GAR-MB-01-2C	GAR-MB-02D
TSM	-0,11	0,03	0,67
K490	0,09	-0,04	-0,08
PLU	-0,23	-0,61	-0,07

5. DISCUSSÃO

5.1 Taxa de extensão linear

Foi verificado através de radiografias o padrão de crescimento cíclico do esqueleto dos corais, com alternância entre bandas claras e escuras que representam a variação da densidade sazonal, assim como sugerido por Knutson *et al.* (1972).

A análise dos valores médios sazonais da taxa de extensão linear indica que existe uma diferença entre bandas de alta e baixa densidade. A TSM também apresentou um comportamento cíclico bem definido. No entanto, os períodos de resfriamento, aqueles em que a temperatura da superfície do mar vai de um valor máximo para a um mínimo, foi distinto dos períodos de aquecimento, em que a água superficial vai de um valor mínimo para um máximo de temperatura. Assim, comparando então a extensão linear com o padrão assimétrico da temperatura, em que o aquecimento dura aproximadamente 7,4 meses (primavera/verão) e o período de resfriamento 4,5 meses (outono/inverno) podemos inferir que as bandas de baixa densidade crescem mais rápido que bandas de alta densidade. Esses resultados concordam com os de Mendes (2004), que propôs que a formação das bandas de densidade está relacionada principalmente a mudanças na taxa de extensão do esqueleto de coral, e que estas mesmas bandas são mais estreitas que bandas de baixa densidade.

Para a extensão linear, não houve boas correlações entre este parâmetro e a temperatura. No entanto, essa variável apresentou uma relação moderada com o K490. O fato dessa característica de crescimento do coral apresentar uma relação fraca com a pluviosidade, somado ao fato de não existirem rios de alta vazão que tragam sedimentos terrígenos para o local onde estão as colônias, indicam que a turbidez talvez esteja relacionada a algum outro fator, como por exemplo os ventos dominantes na região de Garapuá.

5.2 Densidade

Os recifes costeiros da Bahia estão submetidos a constantes variações temporais e espaciais do K490. Como consequência, ao longo do tempo geológico, esses corais sofreram adaptações desenvolvidas para sobreviver em águas com altas concentrações de material em suspensão (SUGGETT *et. al.*, 2012). Porém, no estudo aqui realizado, os resultados obtidos a partir da correlação entre a densidade dos esqueletos de coral e o coeficiente de atenuação difusa da luz (K490) indicam uma relação forte e inversa entre esses dois parâmetros. Isso indica que provavelmente a turbidez da coluna d'água nesta região esteja além dos limites usuais toleráveis pelos corais, afetando assim a densidade do seu esqueleto calcário.

A partir dos resultados obtidos, não se pode afirmar que exista uma correlação linear entre a temperatura e a densidade do esqueleto dos corais. Estes resultados concordam com aqueles encontrados por Kikuchi (2013) que, em trabalho realizado com corais da espécie *Mussismilia braziliensis* coletadas na mesma região que os corais deste estudo, manteve em aquários essas colônias, controlando continuamente os parâmetros físicos da água. Este autor verificou que o padrão cíclico da densidade ocorre mesmo diante da abstenção da sazonalidade da temperatura. Diante disso, fatores externos parecem atuar de maneira secundária na variação da densidade, enquanto que processos internos podem ser os principais controladores desta variação.

5.3 Calcificação

Dentre as colônias analisadas neste estudo, duas apresentaram uma magnitude de correlação fraca quando comparadas temperatura da água do mar e calcificação do esqueleto, de forma que apenas a colônia GAR-MB-02D apresentou uma relação forte, de caráter positivo com esse parâmetro físico ($r = 0,67$). Isso pode estar relacionado ao fato desta colônia ter sido coletada a uma profundidade maior quando comparada com as demais. Assim, durante seu período de vida, esta colônia esteve mais preservada das variações diárias de temperatura da água. Segundo Leão (2005), os corais da costa brasileira apresentam uma grande

resistência às condições estressantes das águas, como alta turbidez e variações diárias na temperatura da superfície do mar. Geralmente, a taxa de calcificação aumenta em consequência do aumento da temperatura. Isso ocorre até que se atinja o ótimo de temperatura, a partir desse ponto a calcificação declina rapidamente. Por esse motivo, acredita-se a correlação fraca com a temperatura, observada em GAR-MB-01-1D e GAR-MB-01-2C, tenha ocorrido por causa da localização destas colônias na porção rasa do sistema recifal. Desta forma, a exposição destas colônias durante as amplitudes de marés podem ter atingido o máximo de temperatura tolerável pelo coral, ocasionando então um declínio na calcificação.

Quanto à calcificação média sazonal, não se pode tirar uma conclusão clara dos dados. No entanto, de acordo com Oliveira (2007) os corais calcificam mais rapidamente no verão, quando a temperatura da água está mais alta.

A calcificação apresentou correlação forte e inversa com a pluviosidade em duas das colônias. De acordo com Lirman (2009), a redução no processo fotossintético é o fator estressante mais comum ocasionado pela variação da salinidade. Sem a fotossíntese, os corais são privados dos nutrientes fornecidos pelas zooxantelas, diminuindo assim seu crescimento e sua taxa de calcificação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo se propôs avaliar como as características de crescimento do coral (taxa de extensão linear, densidade e calcificação) se relacionam com parâmetros ambientais físicos da água do mar. Foi observado que a taxa de extensão linear apresentou uma relação de caráter positivo com turbidez da água, enquanto que a densidade se mostrou afetada de forma negativa por este mesmo parâmetro. A calcificação, por sua vez, apresentou uma relação negativa com a pluviosidade. No entanto, o comportamento aleatório com que as variáveis físicas afetaram as características dos corais nos leva a concluir que fatores exógenos possuem uma importância secundária no desenvolvimento dos corais.

O estudo sobre impactos globais como, por exemplo, as alterações climáticas e fenômenos como os ocasionados pelo *El Niño* e *La Niña*, somente são conclusivos quando feitos baseados em análises de mesma escala. No entanto, o desenvolvimento desse tipo de análise só é possível através da integração de dados locais bem estruturados. Por isso, as análises do comportamento das espécies frente à variação de parâmetros ambientais para regiões como a enseada de Garapua são de extrema importância, pois além de gerar dados para compreensão de um local ainda pouco estudado, essas análises contribuirão na formação de uma rede de dados para as águas tropicais do Atlântico Sul.

Deve-se lembrar que este é um estudo em escala local e que todo ambiente possui suas particularidades. Adicionalmente, devemos também considerar que os corais são organismos vivos que apresentam respostas diferentes às variações que ocorrem em cada localidade. Mesmo que alguns fatores ambientais não se relacionem com os parâmetros físicos do esqueleto de coral, ainda sim esses fatores podem influenciar na distribuição dos corais ao longo da zona costeira.

Com isso, fica evidente que o esqueleto dos corais apresenta um vasto depósito de informações que nos permite entender variações ambientais pretéritas. Entretanto, este trabalho em si não fornece informações conclusivas acerca do comportamento desses corais diante de alterações climáticas, para isso é necessário que novos estudos utilizando metodologias e espécies diferentes sejam realizados para que haja um enriquecimento dos dados gerados nesta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBETTA, Pedro Alberto. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 4 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- BARNES, D.J. Estimation of diffuse attenuation of ultraviolet light in optically shallow Florida Keys waters from MODIS measurements. and coral reefs. in: Lopez, J. (ed), *Proc. Symp. on Energy and Industry in the Marine Environment in Guayanilla Bay*. U. Puerto Rico, p. 46-58, 2013.
- BARNES, D.J; LOUGH, J.M. Coral skeletons: storage and recovery of environmental information. *Global Change Biol* 2:569–582. 1996.
- CARILLI, J. E.; NORRIS, R. D.; BLACK, B.; WALSH, S. M.; McFIELD, M. Century-scale records of coral growth rates indicate that local stressors reduce coral thermal tolerance threshold. *Global Change Biology*, 2009.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences 2 ed. *Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates*,1988.
- DODGE, R. E., VAISNYS, J . R. Hermatypic coral growth banding as environmental recorder. *Nature*. Lond. 258: 706-708, 1975.
- DORON, M., M.; BABIN, A.; MANGIN, J. and HEMBISE, O. Estimation of light penetration, and horizontal and vertical visibility in oceanic and coastal waters from surface reflectance, *J. Geophys. Res.*, 112, 2007).
- EÇA, G. F.; MENDONCA FILHO, C. V. S.; HATJE,V.; SANTOS, W. P. C. Corais como organismos biomonitorios:aplicação, pré-tratamento e determinação de elementos majoritários e minoritários. *Quím. Nova* [online]. 2012, vol.35, n.3, pp. 581-592. ISSN 0100-4042.
- GAGAN, M. K.; AYLIFFE, L.K.; BECK, J.W.; COLE, J.E.; DRUFFEL, E.R.M; DUNBAR, R.B; SCHRAG, D.F. New views of tropical paleoclimates from coral. *Quaternary Sci. Rev.*, 19, 45-65, 2000.
- GARISSON, T. *Fundamentos de Oceanografia*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, p. 268, 2010.
- GATTUSO, J. P.; FRANKIGNOULLE, M.; BOURGE, I; ROMAINE, S.; BUDDEMEIER, R. W. Effect of calcium carbonate saturation of seawater on coral calcification. *Global and Planetary Change* 18: 37- 46, 1998.

- GLYNN, P. W. Coral reefs bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. *Elsevier Science Publishers*, 175 -179, 1991.
- GONÇALVES, P. M. A influência da Temperatura e da Calcificação na variação de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ e Sr/Ca no esqueleto do coral *Mussismiliabraziliensis* (Verrill 1868). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2010.
- GOREAU, T. J.; HAYNES, R.L.; McALLISTER, D. Regional patterns of sea surface temperature rise: implications for global ocean circulation change and the future of coral reefs and fisheries. *World Resource Review*, vol.17, n.3, 350-374., 2005
- HARRIS, P. Biogeography, benthic ecology, and habitat classification schemes. In: Peter Harris & Elaine K. Baker (Eds). *Seafloor geomorphology as benthic habitat: GeoHAB atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats*. London: Elsevier, p. 61- 90, 2012.
- HARTT, F. Geology and physical geography of Brazil. *Boston: Fields, Osgood, & CO.* 577-606, 1870.
- HELMLE, K.P.; KOHLER, K.E.; Dodge; R.E. *Relative Optical Densitometry and The Coral X-radiograph Densitometry System: CoralXDS*. Int. Soc. Reef Studies European Meeting. Cambridge, England, 2002.
- HUMANN, P.; DELOACH, N. *Coral reef identification: Florida, Caribbean, Bahamas*. New World Publications: Jacksonville, 2002.
- INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Website: <http://WWW.inmet.gov.br/>. Acessado em 24 de agosto de 2013.
- ITO, R. G. Acidez em alta, riscos crescentes. *Scientific American Brasil*, São Paulo, p. 32 - 39, 01 jun. 2009.
- JONES, P. D; MANN, M.E. Climate over past millennia. *Rev. Geophys.*, 42, 2004.
- KIKUCHI, R. K. P.; OLIVEIRA, M. D. M.; LEÃO, Z. M. A. N., SILVA, R. M.; MARTINS, P. M. R. Os recifes de Tinharé-Boipeba-Camamu, Bahia. *Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference*, 2008.
- KIKUCHI, R. K. P.; OLIVEIRA, M. D. M.; LEÃO, Z. M. A. N. Density banding pattern of the south western Atlantic coral *Mussismilia braziliensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449, 207-214, 2013
- KNUTSON, D.; BUDDEMEIER, R.; SMITH, S. Coral Chronometers: Seasonal Growth Bands in Reef Corals. *Science* 177: 270-272, 1972.

- KRUG, L. A.; GHERARDI, D.F. M.; STECH, J. L.; LEÃO, Z. M. A. N; KIKUCHI; R. K. P. Characterization of coral bleaching environments and their variations along the Bahia state coast, Brazil. *International Journal of Remote Sensing* 33: 4049-4074, 2011.
- LEÃO, Z.M.A.N.; GINSBURG, R.N.. Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. In: Lessios H.A. & Macintyre I.G. (Eds), Proc. 8th Int. *Coral Reef Symp.*,2: 1767-1772, 1997.
- LEÃO, Z. M. A. KIKUCHI, R. K. P.; A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 515, 99-611, 2005
- LOUGH, J.M.; BARNES, D.J. Several centuries of variation in skeletal extension, density and calcification in massive *Porites* colonies from Great Barrier Reef: a proxy for seawater temperature and a background of variability against which to identify unnatural change. *J Exp. Mar Biol Ecol* 211:29-67, 1997.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Website: <http://www.mma.gov.br/> Acessado em: 13 de novembro de 2013.
- MENDES, J. M. Timing of skeletal band formation in *Montastrea annularis*: relationship to environmental and endogenous factors. *Bulletin of Marine Science*, 75, 423-437.
- MORELOCK, J.; BOULON, K.; GALLER, G. Sediment stress and coral reefs. In: LOPEZ, J. (Ed), *Proc. Symp. On Energy and Industry in the Marine Environment in Guayanilla Bay*. U. Puerto Rico, p. 46-58. 1979.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Website: <http://www.noaa.gov/> Acessado em: 10 de março de 2014.
- OLIVEIRA, M. D. M. Efeito do aquecimento global sobre a extensão linear, densidade e taxa de calcificação do esqueleto do coral *Mussismilia braziliensis* Verrill 1868, no último século (Abrolhos, Bahia). Salvador, 2007.
- OTERO, E. Spatial and temporal patterns of water quality indicators in reef systems of southwestern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 45, 168-180, 2009.
- SANTOS, L. Caracterização hidrológica e produtividade primária da baía de Garapuá (Cairu-BA): um subsídio à pesquisa sobre a capacidade de recarga do ambiente. 106f.2002. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.
- SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Website: <http://www.sei.ba.gov.br/>. Acessado em 15 de julho de 2013.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Website:
<http://www.sema.ba.gov.br/> Acessado em 20 de março de 2014.

SILVA, I. R.; SILVA, S. C. B. M. Caracterização geoambiental e de ocupação das praias da Costa do Dendê- Litoral sul do Estado da Bahia. *Geosul* (UFSC), v.22, p. 27-46, 2007.

SUGGETT, D.J., KIKUCHI, R., Oliveira, M.D.M., SPANÓ, S., CARVALHO, R., SMITH, D.J..Photobiology of corals from Brazil's near-shore marginal reefs of Abrolhos.*Marine Biol.*159,1461-147,2012.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change.Website:
<http://newsroom.unfccc.int/>. Acessado em 6 de abril de 2014.