

Caracterização do ambiente durante episódios de branqueamento dos corais do Estado da Bahia, Brasil.

Lilian Anne Krug¹

Douglas Francisco Marcolino Gherardi¹

José Luiz Stech¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Av dos Astronautas, 1758. Jardim da Granja.

São José dos Campos - SP, Brasil CEP 12245-970

{licakrug, douglas, stech}@dsr.inpe.br

Abstract. The determination of environmental variables spatial-temporal patterns is a necessary matter to understand the relation between environment and bleaching susceptibility. It is equally important the identification of bleaching pattern according its intensity, localization or year of occurrence. Knowing these patterns, is possible to create and test realistic coral bleaching prediction models. Through Principal Component Analysis were constructed variation amplitude maps of maximum summertime sea surface temperature (MaxSST), light attenuation in water (K_{490}), rainfall (PPT), magnitude $|W|$, zonal (U) and meridional (V) surface wind to Bahia State coast, the highest concentration of coral reefs in South Atlantic Ocean. Multivariate statistical analysis showed a north-south geographic division of reefs based on MaxTSM and K_{490} variation amplitude. The same technique was used to observation of bleaching patterns, which showed that cases of strong bleaching intensities are different in north and south reef areas.

Palavras-chave: coral reefs, bleaching, climate variability, recifes de coral, branqueamento, variabilidade climática.

1. Introdução

Frente às recentes alterações climáticas, tornou-se maior a atenção voltada aos recifes de corais, ecossistemas bastante sensíveis a mudanças no seu entorno. As anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) são possivelmente as causas dominantes dos grandes eventos de branqueamento nos recifes. Entretanto, as condições do ambiente podem maximizar ou minimizar o estresse sobre os organismos coralíneos. Ventos fortes e circulação oceânica realçada permitem uma mistura da água superficial e conseqüente resfriamento (Nadaoka et al., 2001). Por outro lado, estresse termal pode ser o resultado de baixa intensidade do vento e da corrente superficial, expondo corais a altas temperaturas por longos períodos de tempo. Do mesmo modo, a cobertura de nuvens e a presença de material em suspensão na coluna d'água reduzem a incidência de radiação solar sobre os corais, especialmente a prejudicial radiação UV. Porém, em grandes quantidades, a turbidez da água pode inibir a fotossíntese das zooxantelas simbióticas, essenciais para o desenvolvimento dos corais construtores de recifes. Soma-se a toda esta complexidade de relações a suscetibilidade inter e intraespecífica dos diferentes corais presentes em uma mesma área recifal.

As implicações do branqueamento de corais para os recifes do Estado da Bahia vão além da perda de serviços ecológicos. A Bahia compreende a maior concentração de recifes de corais e de maior taxa de endemismo de espécies coralíneas do Oceano Atlântico Sul. O objetivo do presente trabalho é caracterizar as condições do ambiente durante episódios de branqueamento registrados nos recifes da plataforma da Bahia entre os verões (fevereiro, março e abril) de 1993 e 2005 utilizando dados de sensoriamento remoto, análises e reanálises. Foram utilizadas variáveis derivadas de dados de TSM, atenuação da luz na coluna d'água, precipitação e vento na superfície do mar e índices de *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) para caracterizar o comportamento das variáveis ambientais entre os verões dos anos de 1993

a 2005, investigar diferenças entre grupos de áreas de recifes de corais da costa da Bahia com base no comportamento das variáveis ambientais e analisar similaridades entre 16 registros de branqueamento de corais.

2. Metodologia de Trabalho

Delimitaram-se sete áreas que correspondem à ocorrência de construções recifais do Estado da Bahia: 1) Litoral Norte (LN), 2) desembocadura da Baía de Todos os Santos (BTS), 3) Tinharé, Boipeba e Baía de Camamu (T/B), 4) Cabralia (CAB), 5) Recifes de Itacolomis (ITA), 6) Arco Costeiro dos Abrolhos (ABC), e 7) Parcel e Arquipélago dos Abrolhos (PAB) (Leão et al., 2003). Como os eventos de branqueamento foram registrados predominantemente no período de verão, as análises descritas no presente trabalho se restringiram aos meses de fevereiro a abril. Uma série de 13 anos (1993 a 2005) de dados de sensoriamento remoto, análise e reanálise foi utilizada para caracterizar o ambiente de branqueamento.

Campos diários e médias de 5 dias (pêntadas) de verão (fevereiro, março e abril) de TSM, com resolução espacial de 4 km foram obtidos das imagens de *Best Sea Surface Temperature* (BSST). A BSST é obtida pelo *Advanced Very-High Resolution Radiometer* (AVHRR) da NOAA (<http://data.nodc.noaa.gov/pathfinder/Version5.0/>). Sabe-se hoje que a TSM é o fator mais importante no processo de branqueamento dos corais e, por isso, foram construídas duas variáveis relativas ao estresse termal derivadas da TSM. Uma indica o valor máximo que atingiu a TSM em uma determinada área (MaxTSM) e a outra diz respeito à persistência de altas temperaturas por um período de cinco dias consecutivos (TSMac5d).

O coeficiente de atenuação da luz em 490 nm na coluna d'água (K_{490}) é um indicativo da turbidez, pois calcula o quanto a luz da região visível do espectro eletromagnético é atenuada quando penetra na camada d'água. O *Goddard Space Flight Center* (GSFC) disponibiliza K_{490} do *Sea-viewing Wide Field of View Sensor* (SeaWiFS). Com uma resolução espacial de 9 km, foram utilizadas imagens K_{490} de nível três, versão *mapped*, composição de oito dias para os verões de 1998 a 2005, disponíveis em <ftp://oceans.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/Mapped/8Day/K490/>.

Em relação a precipitação, foram adquiridas as composições de cinco dias para os verões de 1993 a 2005 da versão *Enhanced* das análises *Merged Analysis of Precipitation* (CMAP) do *Climate Prediction Center* (CPC). A série está disponível no endereço do CPC em <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.cmap.html> e possui resolução espacial de 2,5°.

Foram obtidas médias diárias de vento a 10 m da superfície do mar em suas componentes zonal (U) e meridional (V) para os meses de verão de 1993 a 2005 do projeto de reanálises do *National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR). Os dados possuem resolução espacial de 1,875° e estão disponíveis no endereço do *Climate Diagnostics Center* em <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.gaussian.html>. A magnitude da velocidade do vento resultante (|W|) para o mesmo período foi construída a partir da soma vetorial das suas componentes.

O índice de ENOS utilizado foi o MEI (Multivariate *El Niño* Index), o qual é baseado na pressão ao nível do mar; componentes zonal e meridional do vento na superfície do mar; temperatura da superfície do mar e do ar na superfície e fração da cobertura de nuvens no céu sobre o Oceano Pacífico Tropical (Wolter e Timlin, 1998). O índice está disponível em <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/>. Os valores do MEI foram defasados negativamente em sete meses (MEI₋₇), pois, de acordo com Soppa (2007), esta defasagem apresenta a maior correlação cruzada ($R=0,3$) com a TSM no Estado da Bahia.

Obtidos na literatura (Castro e Pires, 1999; CEPEMAR, 2005; Leão et al., 2008), os 16 registros de branqueamento tiveram esforço amostral comparável e todos os resultados foram

dados em percentagem de superfície branqueada ao longo de transectos. Os dados foram organizados por mês de registro, área de ocorrência e intensidade de branqueamento. As intensidades de branqueamento foram divididas em ausente, fraca e forte. Seis dos 16 registros foram considerados de intensidade forte, com o total de colônias branqueadas acima de 20%. Dez casos apresentaram percentagens abaixo deste valor, denominados eventos fracos. Houve um único relato de ausência de branqueamento, na área de Cabralia (CAB), em março de 2004. Foram registrados cinco casos nas áreas ABC e PAB, três casos em T/B e um caso nas áreas LN, ITA e BTS. Este último refere-se exclusivamente à desembocadura, visto que os dados de sensoriamento remoto e reanálises não possuem resolução espacial adequada ao interior da Baía.

Os padrões espaço-temporais da variabilidade atmosférica e oceânica foram obtidos utilizando Análise de Componentes Principais sobre os dados padronizados. O conjunto de dados consiste em uma série temporal de uma variável e a Primeira Componente Principal (1^aCP) indica a maior fração possível da variabilidade contida em toda a série original (Eastman, 1992; Wilks, 2006). Cada pixel é tratado como uma variável e as imagens anuais são as amostras da variável, totalizando 13 amostras para a série de 1993 a 2005, exceto para o K₄₉₀, cuja série inicia-se em 1998. As imagens anuais de cada variável foram construídas a partir da máxima de verão para a TSM (MaxTSM) e das médias de verão para as demais variáveis. As médias dos autovetores da 1^aCP, referentes à amplitude da variabilidade espaço-temporal, da MaxTSM e do K₄₉₀ nas sete áreas recifais foram utilizadas para investigar a similaridade entre as mesmas usando o Escalonamento Multi-Dimensional (EMD). O EMD ordena as amostras de acordo com suas semelhanças por meio da matriz de similaridade e finaliza com a construção de um mapa que indica o melhor agrupamento das amostras de acordo com suas semelhanças em um espaço bidimensional, quanto mais próximas, mais similares são duas amostras (Clarke e Warwick, 2001). A baixa resolução espacial das outras variáveis impediu sua utilização nesta análise específica.

Para analisar a semelhança entre grupos, foram realizadas Análises de Similaridade (ANOSIM) em agrupamentos diferentes. A ANOSIM possui um valor R global para verificar o ajuste das amostras agrupadas por fatores e estes são testados par a par para verificar quão diferentes são entre si. As análises geram, para cada teste pareado, um valor R e um nível de significância, aqui transformado em *p*-valor. O R global pode variar entre -1 e 1 e é calculado com base na diferença entre todos os grupos, onde valores próximos a 0 indicam que não há diferenças significativas entre os grupos. Quando calculada entre dois subgrupos denomina-se R local. A significância é determinada pelo teste de Monte Carlo (Clarke e Warwick, 2001). O EMD e a ANOSIM também foram utilizados para procurar por similaridades entre os casos de branqueamento registrados. Foram utilizados os valores médios (máximos para as variáveis termais) das variáveis atmosféricas e oceânicas para o mês e área de ocorrência dos branqueamentos.

3. Resultados e Discussão

Os mapas da 1^aCP mostram os padrões espaciais (autovetores) da amplitude de variação de verão, quanto maior o valor absoluto do autovetor, maior a amplitude da variação. A 1^aCP da MaxTSM reúne 92% da variação dos dados originais, enquanto a 1^aCP da PPT apresenta 76%, do K₄₉₀ apenas 37% e as 1^aCP do |W|, (U) e (V) detém 49%, 55% e 54%, respectivamente, da variância das suas séries originais. O mapa da 1^aCP referente ao extremo da TSM (Figura 1A) mostra uma concentração das maiores amplitudes de variação no centro do mapa, na região *offshore*. Esta região de maior amplitude experimenta variações bruscas ao longo dos verões da série, enquanto a parte norte (sul) da área de estudo mantém-se geralmente com altos (baixos) valores de TSM ao longo dos 13 anos. Por tratar-se da máxima TSM, uma maior amplitude de variação indica que podem ocorrer tanto valores elevados

quanto valores mais baixos de MaxTSM durante os verões. Por outro lado, uma área que possui valores tipicamente elevados de MaxTSM (como o norte da área de estudo, por exemplo) com uma baixa amplitude de variação, ou seja, uma maior persistência de uma mesma TSM ao longo dos verões, poderia estar mais sujeita a estresse e, conseqüentemente, ao branqueamento. Observando a média dos autovetores para as áreas nota-se que a diferença de valores entre as sete áreas recifais é bem pequena e todos se encontram mais próximo do máximo de amplitude que do mínimo.

O mapa da 1ªCP para o K_{490} apresenta valores negativos de autovetores para quase toda a área de estudo (Figura 1B). Nos limites norte dos bancos Royal Charlotte e Abrolhos ocorrem valores positivos. Estas áreas têm valores tipicamente elevados de K_{490} e, ocasionalmente, apresentaram valores abaixo da média. Como o contrário ocorre com o restante da área de estudo, estas áreas em particular têm autovetores de sinais opostos. Nas regiões mais rasas ocorrem os maiores valores de K_{490} , que acompanham o aumento da extensão da plataforma sobre os bancos indicando uma possível influência da batimetria. A turbidez na coluna d'água está relacionada com a ressuspensão de sedimentos e com a precipitação, a qual contribui para um aumento da descarga de sedimentos pelos rios. Embora o verão seja uma estação com taxa maior de precipitação, a ocorrência de frentes frias é menor, e são estes os responsáveis pela intensificação dos ventos e aumento da ressuspensão de sedimentos de fundo sobre o Banco dos Abrolhos (Evangelista et al., 2007; Segal et al., 2008). A amplitude de variação deste parâmetro é maior para os recifes do norte da Bahia (LN, BTS e T/B) que para os demais recifes (CAB, ITA, ABC e PAB). Estes estão sujeitos a maiores e mais constantes valores de K_{490} , e conseqüentemente um maior grau de turbidez. Porém, a variância explicada pela 1ªCP do K_{490} é baixa (37%) e, portanto pode não ser muito representativa.

Para a 1ªCP da PPT (Figura 1C), todas as sete áreas recifais estão localizadas em uma área de alta amplitude de variação, indicando que todas estão sujeitas tanto a períodos de alta precipitação (dias nublados) quanto de baixa precipitação (sem cobertura de nuvens). Os mapas das 1ªCP do $|W|$ e de (U) têm em comum uma área de autovetores de maior valor sobre o Banco dos Abrolhos e em *offshore* ocorrem as menores amplitudes de variação (Figuras 1D e 1E). Segundo Soppa (2007) é durante o verão que ocorrem as maiores intensidades do vento, com predominância de ventos nordeste, leste e sudeste na região do nordeste brasileiro. Esta predominância do quadrante leste sobre os ventos justifica a maior semelhança entre a resultante do vento e sua componente zonal. A característica de alta amplitude das variáveis relativas ao vento pode ser considerada favorável aos corais visto que nestas áreas podem ocorrer ventos de baixa intensidade, permitindo a passagem de luz e maior aquecimento da água (favorecendo o crescimento do coral), e ventos fortes, onde a alta energia favorece a remoção de resíduos e inibe a fixação de outras espécies competidoras. O padrão espacial das amplitudes de variação da (V) apresenta direção diagonal (SE – NO) onde os maiores valores estão no centro e diminuem em direção aos limites (Figura 2F). A região de maior amplitude de variação (entre 13° e 17°S) coincide com a região da bifurcação do ramo sul da Corrente Sul Equatorial (Peterson e Stramma, 1991; Rodrigues et al., 2007). Esta região apresenta a maior amplitude de variação provavelmente devido à migração da zona de divergência, identificada pelas menores intensidades do (V) (faixa de 0 m/s).

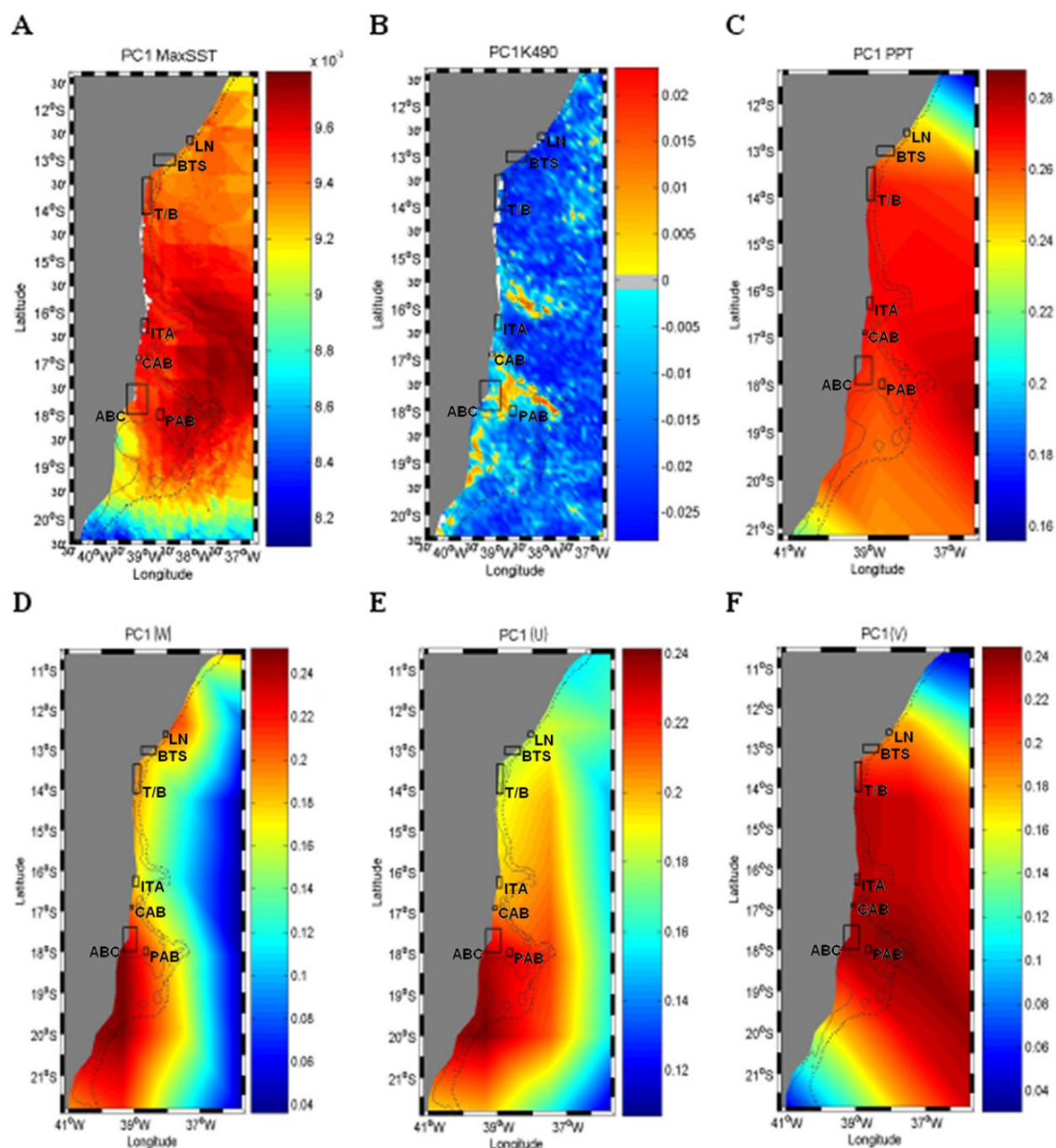


Figura 1 - Mapas das 1ªCP. A) Máxima Temperatura da Superfície do Mar; B) Coeficiente de atenuação da luz a 490 nm; C) Precipitação; D) Vento; E) Componente zonal do vento; F) Componente meridional do vento. As unidades são adimensionais.

Os gráficos de *loadings* ilustram a influência das amostras (imagens dos verões) na composição da 1ªCP. A relação entre eventos ENOS e os parâmetros aparece nos *loadings* da MaxTSM e da PPT (Figura 2A e 2C), particularmente em períodos de *El Niño* como 1998 e 2003 onde ocorreram máximos de MaxTSM e mínimos de precipitação. Os anos de 1998 e 2003 apresentaram MaxTSM mais elevadas em toda a área de estudo. O ano de 1997 registrou a maior precipitação, seguido por 2000, 2004 e 2005, enquanto os anos de 1993, 1998 e 2001 destacaram-se como os verões mais secos. Os *loadings* de PPT e K_{490} são similares (Figura 2C e 2A) evidenciando uma correlação positiva entre as mesmas. As variáveis relativas ao vento $|W|$ e (U) registraram 2005 como o ano de ventos menos intensos enquanto 1998 e 1999 apresentaram os maiores valores da série (Figura 2B). Para (V), no entanto, os anos de menor intensidade foram 2000 e 2003 enquanto 2004 foi um ano de ventos mais intensos (Figura 2C). Segundo Brown (1997), um ambiente altamente propício a branqueamentos ocorre em períodos de ventos fracos, céu limpo, mar calmo e pouca turbidez.

Buscando estas características nas séries apresentadas nos *loadings*, durante os verões de 1993, 1996, 1998, 2000 a 2003 e 2005 em ao menos uma das variáveis houve condições favoráveis à ocorrência do fenômeno. Considerando que a elevação da TSM é apontada pela literatura como o fator mais relevante, os anos de 1996, 1998, 2003 e 2005 são os anos com maiores tendências ao branqueamento em toda a série. Os registros de ocorrência de branqueamento parecem confirmar esta relação visto que estes foram mais evidentes nos anos 1998 e de 2000 a 2005. Deve ser considerado, porém, que as visitas aos recifes com caráter de monitoramento iniciaram-se a partir de 2000 (Leão et al., 2008).

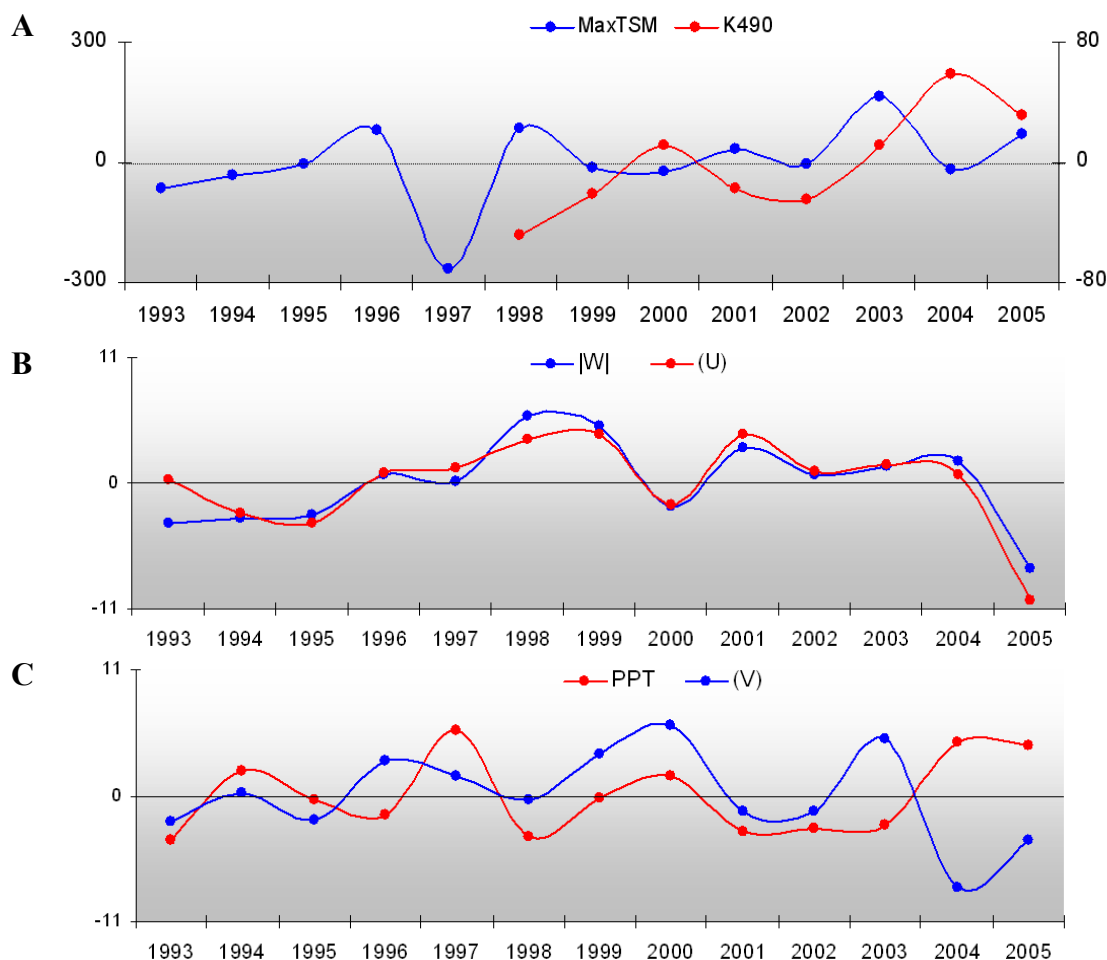


Figura 2 - *Loadings* das 1^{as}CPs das variáveis A) Máxima temperatura da superfície do mar e coeficiente de atenuação da luz a 490 nm; B) Vento e sua componente zonal; C) precipitação e componente meridional do vento.

Para as análises de similaridade entre as áreas recifais foram definidos agrupamentos de áreas, baseando-se em proximidade geográfica. A divisão entre os três recifes do norte (LN, BTS e T/B) e os quatro recifes do sul (ITA, CAB, ABC e PAB) mostrou-se significativa no ANOSIM ($R=0,98$, $p < 0,01$) e evidente no mapa de EMC e no dendrograma (Figura 3). Embora T/B pareça isolado no mapa de EMD (Figura 3A), tanto no dendrograma quanto na ANOSIM esta área não é significativamente distinta de LN e BTS ($R=1$, $p = 0,33$), sugerindo um caráter de transição a T/B.

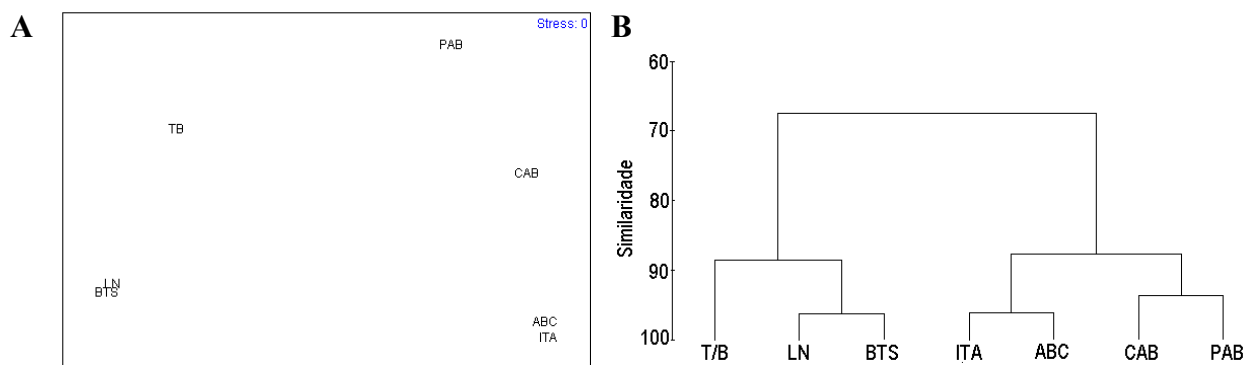


Figura 3 – A) Mapa de EMD e B) dendrograma de similaridade entre as áreas recifais de acordo com a variabilidade interanual de MaxTSM e K_{490} . Medida de Bray-Curtis.

Foram investigados os possíveis efeitos do local, ano e intensidade de branqueamento na ordenação e classificação dos casos registrados para procurar padrões de semelhança entre os mesmos. O mapa de EMD (Figura 4A) e o dendrograma (Figura 4B) segregaram os casos de branqueamento das áreas do norte LN e BTS (grupo I) e os casos de branqueamento de intensidade fraca dos recifes do sul (ABC e PAB - grupo II). As demais amostras foram agrupadas com presença de eventos fracos e fortes e uma mistura de recifes do norte (T/B) e sul (ABC, PAB e ITA - grupo III), tornando difícil sua interpretação. Os ambientes de branqueamento de LN e BTS foram agrupados com o mais baixo nível de similaridade. Apesar da similaridade geral alta, a classificação das amostras com baixos valores de R global (abaixo de 0,5) computados nos testes ANOSIM ofereceram evidências adicionais de que a influência da localização do recife, ano e intensidade do branqueamento podem produzir um efeito combinado. Quando elaborada uma variável baseada no efeito das intensidades de branqueamento e de localização das áreas onde estes ocorreram em conjunto, os resultados mostram que foi alcançado um melhor valor de R global (0,64, $p < 0,01$), com diferenças significativas entre ambientes de branqueamento de intensidade forte separando os recifes do norte (LN e BTS) dos recifes do centro (T/B e ITA – R local= 1, $p < 0,01$) e dos recifes do sul (ABC e PAB – R local= 0,83, $p < 0,05$). Diferenças entre os ambientes de branqueamento de intensidade fraca não foram significativos exceto para os recifes do centro e do sul (R local= 0,81, $p < 0,01$).

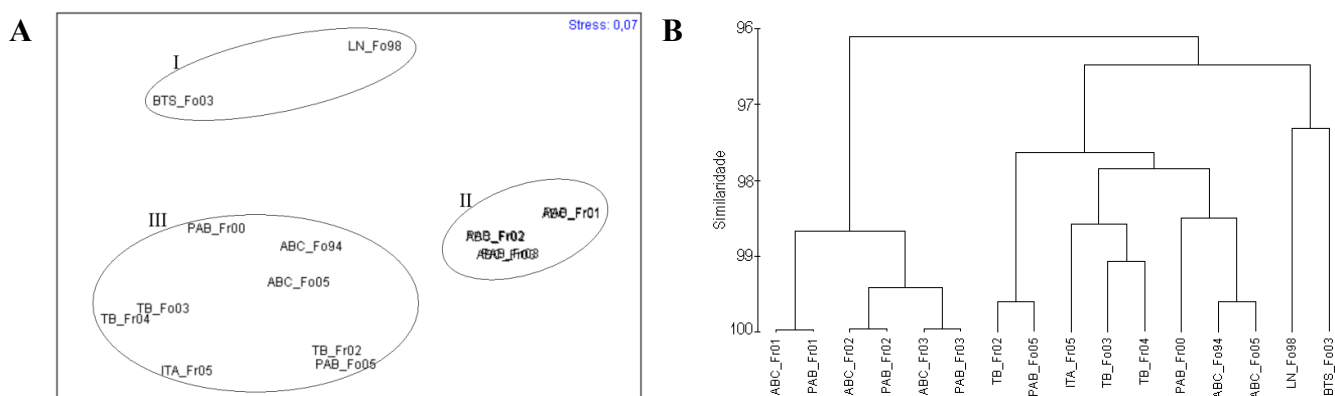


Figura 4 – A) Mapa de EMD e B) Dendrograma de similaridade dos casos de branqueamento registrados na Bahia. Medida de Bray-Curtis.

4. Conclusões

A caracterização ambiental mostrou que os recifes da costa do Estado da Bahia estão em áreas de média a alta amplitude de variação. As sete áreas recifais podem ser separadas entre as áreas ao norte (LN, BTS, T/B) e ao sul (CAB, ITA, ABC, PAB) baseando-se na

variabilidade interanual da TSM e do K_{490} . Quanto a análise dos ambientes de branqueamento, verificou-se que fatores como área, intensidade ou ano de registro isoladamente, não mostram um padrão de ocorrência. Porém, quando os eventos foram agrupados de modo a observar a influência de eventos de intensidades distintas em regiões da costa, observou-se que os episódios de branqueamento forte dos recifes mais do norte do Estado (LN e BTS) foram significativamente distintos dos eventos que ocorreram sobre o Banco dos Abrolhos (áreas ABC e PAB). Isto mostra que as condições ambientais que disparam o fenômeno de intensidade forte são distintas para estas duas áreas.

Estes resultados serviram de base para a construção de um modelo de previsão que utiliza as condições ambientais para apontar as probabilidades de ocorrência de branqueamento nos recifes do Estado da Bahia.

Agradecimentos

Este trabalho é uma contribuição ao Projeto Pro-Abrolhos, financiado pelo CNPq (420219/2005-6). Os autores agradecem Z.M.A.N. Leão, R.K. Kikuchi; R. B. Souza, L. P. Pezzi, M. A. L. Caetano e M. A. Soppa. Lilian Krug agradece à CAPES pela bolsa de mestrado.

Referências bibliográficas

- Brown, B. E. Coral bleaching: causes and consequences. **Coral Reefs**, v.16, n. 1, p. 129-138, 1997.
- Castro, C. B.; Pires, D. O. A bleaching event on a brazilian coral reef. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, n.1, p. 87-90, 1999.
- CEPEMAR - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. **Terminal de barcaças de Caravelas – Monitoramento dos recifes de corais**. Relatório Consolidado Período 2001-2005. Relatório Técnico. 44 p., 2005.
- Clarke, K. R.; Warwick, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2 ed. Plymouth: Natural Environment Research Council, 2001. 172 p.
- Eastman, R. J. Time series map analysis using standardized principal components. In: **ASPRS/ACSM/RT 92 Technical Papers**. Global Change and Education, v.1, p. 195-204, 1992.
- Evangelista, H.; Godiva, D.; Sifeddine, A.; Leão, Z. M. A. N.; Rigozo, N. R.; Segal, B.; Ambrizzi, T.; Kampel, M.; Kikuchi, R. K. P.; Le Cornec, F. Evidences linking ENSO and coral growth in the Southwestern-South Atlantic. **Climate Dynamics**, v. 29, n. 7-8, p. 869-880, 2007.
- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Oliveira, M. D. M. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 69-82, 2008.
- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Testa, V. Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortez, J. **Latin American Coral Reefs**. New York: Elsevier, 2003. p. 9-52.
- Nadaoka, K., Nihei, Y., Wakaki, K., Kumano, R., Kakuma, S., Moromizato, S., Omija, T., Iwao, K., Shimoike, K., Taniguchi, H., Nakano, Y., Ikema, T. 2001. Regional variation of water temperature around Okinawa coasts and its relationship to offshore thermal environments and coral bleaching. **Coral Reefs**. 20(4): 373-384.
- Peterson, R. G.; Stramma, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, n.1, p. 1-73, 1991.
- Rodrigues, R. R.; Rothstein, L. M.; Wimbush, M. Seasonal Variability of the South Equatorial Current Bifurcation in the Atlantic Ocean: A Numerical Study. **Journal of Physical Oceanography**, v. 37, n. 1, p. 16-30, 2007.
- Segal, B.; Evangelista, H.; Kampel, M.; Gonçalves, A. C.; Polito, P. S., Santos, E. A. Potential impacts of polar fronts on sedimentation processes at Abrolhos coral reef (South-West Atlantic Ocean/Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 4-5, p. 533-544, 2008.
- Soppa, M. A. **Caracterização da variabilidade climática nos ecossistemas recifais brasileiros e sua relação com a biodiversidade de corais**. 2007-02-04. 209 p. (INPE-15147-TDI/1279). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/12.07.11.55>>. Acesso em: 06 maio 2008.
- Wilks, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. 2ª Ed. Londres: Academic Press. 2006. 648 p.
- Wolter, K.; Timlin, M.S. Measuring the strength of ENSO - how does 1997/98 rank? **Weather**, v. 53, n. 9, p. 315-324, 1998.