



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores

Mestrado em Ecologia

**AMANA SILVA CORDEIRO DE ALMEIDA**

**METACOMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA BAÍA DE  
CAMAMU, BAHIA, BRASIL**

**Salvador, dezembro de 2020**

**AMANA SILVA CORDEIRO DE ALMEIDA**

**METACOMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA BAÍA DE  
CAMAMU, BAHIA, BRASIL**

Dissertação  
apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia:  
Teoria, Aplicação e Valores, como parte dos  
requisitos exigidos para obtenção  
do título de Mestre em  
Ecologia.

Orientador: Dr. Doriedson Ferreira Gomes

**Salvador, dezembro de 2020**

Almeida, Amana Silva Cordeiro de.  
Metacomunidade fitoplanctônica na Baía de Camamu, Bahia, Brasil / Amana Silva Cordeiro de Almeida. - 2020.  
56 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, 2020.

1. Ecologia. 2. Ecologia dos estuários - Camamu, Baía de (BA). 3. Fitoplancto de água doce - Ecologia. I. Gomes, Doriedson Ferreira. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título.

CDD - 579.8098142  
CDU - 582.26(813.8)

# ATA DA SESSÃO PÚBLICA DO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E BIOMONITORAMENTO - INSTITUTO DE BIOLOGIA – UFBA

Título do trabalho de conclusão de curso:

**“Metacomunidade fitoplanctônica na Baía de Camamu, Bahia, Brasil”**


Mestranda: **Amana Silva Cordeiro de Almeida**

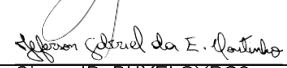
Orientadora: **Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes**


De acordo com o regimento geral da UFBA e com o regimento interno deste programa de pós-graduação, foram iniciados os trabalhos da Comissão Examinadora, composta pelo professor Dr. Doriedson Ferreira Gomes (Presidente), Dr. Jeferson Gabriel da Encarnação Coutinho e o Dr. Pavel Dodonov, às **8:30 h** do dia **18 de dezembro de 2020**. A mestranda fez a apresentação oral da dissertação durante **37 minutos**. Após o encerramento das arguições, às **10:40 horas**, a Comissão Examinadora pronunciou-se pela sua **aprovação**, conforme parecer em anexo. Esta Ata será assinada pelos membros da Comissão Examinadora e deste Colegiado de curso, para compor o processo de emissão do diploma.

Salvador, 18 de dezembro de 2020.

## COMISSÃO EXAMINADORA

  
Membro: Prof. Dr. Doriedson Ferreira  
Gomes Universidade Federal da Bahia

  
Membro: Prof. Dr. Jeferson Gabriel da Encarnação  
Coutinho Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Bahia

  
Membro: Prof. Dr. Pavel Dodonov  
Universidade Federal da Bahia

**“Nada é permanente, salvo a mudança”**

**Heráclito**

*Dedico este trabalho aos meus pais, Túlio e Dalva,  
por todo apoio e incentivo ao longo da minha vida acadêmica.*

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes, por acompanhar de perto o meu crescimento acadêmico e profissional, sempre disposto a ajudar, ouvir e aconselhar, dando liberdade para que eu trilhasse o meu caminho dentro da ciência.

À Angélica Yohana Cardozo Vargas e Pietro Martins Barbosa Noga, pelo auxílio com as análises estatísticas. Gratidão eterna a vocês!

À Jorgelina Loiola Ribeiro Costa e Jocasta da Costa pelas análises de nutrientes no laboratório.

À banca de acompanhamento: Jeferson Gabriel da Encarnação Coutinho e Pietro Martins Barbosa Noga, pela disponibilidade em avaliar o andamento do meu trabalho, mesmo que por pouco tempo, com sugestões e críticas importantíssimas.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa concedida.

À Universidade Federal da Bahia - UFBA e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores e a todos os professores, pelos ensinamentos.

Aos amigos do ECOPALEO, pela ótima convivência e trocas de conhecimento.

## **Fitoplâncton: organismos microscópicos de grande importância ecológica**

**Amana Silva Cordeiro de Almeida**

A palavra fitoplâncton teve origem nas palavras gregas *Phyton*, que significa planta e *Plankton* que significa errante, andarilho. O fitoplâncton é formado por um conjunto de algas microscópicas que realizam fotossíntese e vivem em suspensão nas águas dos rios, lagos, lagoas, estuários e oceanos de todo o mundo. Estas microalgas são a base da cadeia alimentar aquática e por isso se tornam muito importantes para a vida e o desenvolvimento dos outros organismos aquáticos. Além do mais, o fitoplâncton é responsável por produzir aproximadamente 70% do oxigênio atmosférico e por absorver 1,8 gigatonelada de carbono através da fotossíntese.

O fitoplâncton é dividido em grupos conhecidos como cianobactérias ou algas azuis, dinoflagelados, diatomáceas, entre outros, que possuem características bem particulares. Algumas espécies podem ser tóxicas e prejudiciais aos outros organismos marinhos e ao homem. Essas particularidades fazem com que a presença e a quantidade de microalgas desses grupos dependam de diferentes fatores como a temperatura da água, concentração de nutrientes, de predadores, etc e com isso, o estudo do fitoplâncton permite responder a várias questões ambientais, como por exemplo se a água de um reservatório está apropriada para o consumo humano, se um lago está poluído, se as praias estão próprias para o banho e recreação e também responder questões relacionadas ao impacto das mudanças climática globais nos ambientes aquáticos. Com isso, o fitoplâncton é considerado um ótimo bioindicador.

Uma forma de estudar como esses grupos do fitoplâncton estão distribuídos nos ambientes aquáticos e o que influencia nessa distribuição é através de uma teoria ecológica chamada Metacomunidade. Com ela podemos identificar como características do ambiente, as relações com outras espécies e a dispersão desses organismos podem determinar a presença ou ausência de determinados grupos ou espécies em lugares específicos.

Pensando nessa teoria e considerando a escassez de estudos sobre metacomunidades do fitoplâncton em regiões estuarinas – regiões de transição entre o rio e o mar – nós, do Laboratório de Ecologia e Paleoecologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal da Bahia, decidimos investigar como as comunidades fitoplanctônicas em três rios (Maraú, Orojó e Serinhaém) que deságuam na Baía de Camamu, Bahia, Brasil, estão organizadas, quais são os fatores que influenciam na distribuição desses grupos ao longo desses três estuários nessa organização e se haveria diferença nessas respostas entre um período de chuva e outro mais seco.

Nessa investigação nós identificamos que os rios Orojó e Serinhaém, no período de chuva e no período seco, apresentaram diferentes padrões, indicando que os grupos do fitoplâncton estavam organizados de formas diferentes. Já o rio Maraú apresentou o mesmo padrão nos dois períodos. Descobrimos também que tanto os fatores ambientais (características do ambiente e a interação entre espécies) e espaciais (dispersão das espécies ao longo dos estuários) influenciaram na formação desses padrões. Dessa forma, concluímos que mudanças nos padrões de chuva podem interferir nas estruturas das comunidades fitoplanctônicas em ambientes estuarinos tropicais, porém tanto as variáveis espaciais quanto as ambientais serão importantes na estruturação dessas comunidades.



## **Resumo**

A teoria de metacomunidade surgiu com o interesse em investigar como os processos locais e regionais interagem na estrutura da comunidade e a importância dos fatores ambientais e espaciais na determinação dessa estrutura. No entanto, este foco tem sido pouco abordado em regiões estuarinas tropicais para as comunidades fitoplanctônicas, formadas pelo principal grupo de produtores primários dos ecossistemas aquáticos. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo investigar como os filtros ambientais e preditores espaciais influenciam a estrutura da metacomunidade fitoplanctônica dos sistemas lóticos que desaguam na Baía de Camamu. Para tal, utilizamos duas abordagens complementares, uma baseada nos mecanismos através de análises de redundâncias parciais (pRDA) e outra baseada nos padrões com aplicação de um teste hierárquico denominado Elementos de Estrutura de Metacomunidades (EEM). As amostragens foram realizadas em abril e outubro de 2013, contemplando assim um período seco e um chuvoso. A distribuição dos dez pontos de coleta nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém ocorreu ao longo do gradiente de salinidade, onde foram coletadas amostras qualitativas e quantitativas do fitoplâncton; amostras de água para análise de nutrientes: silicato, fosfato, nitrato, amônia e nitrogênio total; e foram medidos parâmetros físico-químicos: pH, oxigênio dissolvido (OD), salinidade, temperatura e sólidos totais dissolvidos (STD). As análises indicaram três padrões de metacomunidade: Gleasoniano, Clementsiano e Quase-aninhado, com mudança no padrão entre os períodos seco e chuvoso. Apenas o rio Maraú exibiu o padrão Gleasoniano nos dois períodos. Quanto aos mecanismos, apenas nos rios Serinhaém (chuvoso e seco) e Maraú (chuvoso) houve predominância de variação total explicada pela influência compartilhada de preditores ambientais e espaciais. Nos rios Orojó (chuvoso e seco) e Maraú (seco) a proporção de variância não explicada pelas variáveis medidas (resíduos) foi alta. Dessa forma, verificamos que mudanças nos padrões de chuva interferiram nas estruturas das comunidades fitoplanctônicas, porém não podemos inferir quais variáveis foram importantes na estruturação dessas comunidades.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, Elementos de Estrutura de Metacomunidades, Partição de variância, Estuário

## **Abstract**

The metacommunity theory arose with an interest in investigating how local and regional processes interact in the structure of the community and the importance of environmental and spatial factors in determining this structure. However, this focus has not been addressed in tropical estuarine regions for phytoplankton communities, formed by the main group of primary producers of aquatic ecosystems. Thus, the present study aimed to investigate how environmental filters and spatial predictors influence the structure of the phytoplankton metacommunity of lotic systems that flow into Camamu Bay. For this, we use two complementary approaches, one based on the mechanisms through Redundancy Analysis (pRDA) and the other based on the standards with the application of a hierarchical test called Elements of Metacommunity Structure (EMS). Sampling was carried out in April and October 2013, thus contemplating a dry and a rainy period. The distribution of the ten collection points in the Maraú, Orojó and Serinhaém rivers occurred along the salinity gradient, where qualitative and quantitative samples of phytoplankton were collected; water samples for nutrient analysis: silicate, phosphate, nitrate, ammonia and total nitrogen; and physical-chemical parameters were measured: pH, dissolved oxygen, salinity, temperature and total dissolved solids. The analyses indicated three patterns of metacommunity: Gleasonian, Clementsian and Quasi-nested, with a change in the pattern between the dry and rainy periods. Only the Maraú River exhibited the Gleasonian pattern in both periods. As for the mechanisms, only in the rivers Serinhaém (rainy and dry) and Maraú (rainy) there was a predominance of total variation explained by the shared influence of environmental and spatial predictors. In the Orojó (rainy and dry) and Maraú (dry) rivers, the proportion of variance not explained by the measured variables (waste) was high. Thus, we found that changes in rainfall patterns interfered with the structures of phytoplankton communities, but we cannot infer which variables were important in structuring these communities.

**Keywords:** Phytoplankton, Elements of Metacommunity Structure, Variation partitioning, Estuary

## **Sumário**

1. Introdução geral.....	1
2. Objetivos.....	5
3. Metodologia Geral.....	6
4. Resultados.....	12
5. Discussão.....	18
6. Referências Bibliográficas.....	21
7. Apêndices.....	27

---

## Introdução

A abordagem metacomunidade - definida como “um conjunto de comunidades locais ligadas por dispersão de espécies que potencialmente interagem entre si” (Leibold *et al.*, 2004) - surgiu com o interesse em investigar como os processos locais e regionais interagem na estrutura da comunidade e tem sido empregada em diversos estudos que investigam a importância relativa de fatores ambientais (interação entre espécies e características do ambiente) e espaciais (capacidade de dispersão) atuando como filtros na determinação da estrutura das comunidades locais (Cottenie, 2005; Heino & Myrkä, 2008; Algarte *et al.*, 2014).

Para avaliar os padrões de variação espacial na composição de espécies em metacomunidades duas abordagens complementares podem ser utilizadas (Presley *et al.*, 2010; Presley *et al.*, 2011). A abordagem baseada nos mecanismos, avalia a importância dos fatores ambientais e espaciais e pode ser explicada por quatro paradigmas teóricos. (Leibold *et al.*, 2004; Cottenie, 2005; Holyoak *et al.*, 2005). Na perspectiva neutra (*Neutral perspective*) a montagem da comunidade é estocástica e regulamentada por eventos aleatórios de dispersão, colonização, especiação e extinção, que operam entre espécies funcionalmente equivalentes (Hubbell, 2001). A perspectiva de dinâmica de manchas (*Patch-dynamic*) assume que a limitação de dispersão explica os padrões de estrutura da comunidade, sendo esta um resultado da dinâmica de extinção e colonização entre *habitats* homogêneos. Na perspectiva da seleção de espécies (*Species sorting*) os diferentes habitats formam um gradiente ambiental, onde em taxas intermediárias de dispersão ocorre um controle ambiental baseado nas diferenças de nicho entre as espécies. Por fim, no caso da perspectiva de efeito de massa (*Mass effects*), ocorre quando as comunidades são muito abertas, e as altas taxas de dispersão impedem que o ambiente selecione os organismos; o resultado final é uma diversidade regional (considerando todos os pontos amostrais) homogênea, mesmo que a diversidade local (um único ponto amostral) das comunidades seja heterogênea.

A abordagem baseada em padrões analisa características da distribuição das espécies ao longo dos gradientes ambientais, que surgem como uma consequência dos mecanismos e

se manifestam como estruturas particulares de metacomunidades (Leibold & Mikkelsen, 2002; Presley *et al.*, 2010). Para a identificação dessas estruturas é realizado um teste hierárquico (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*) que combina três métricas derivadas de ordenações de uma matriz de incidência de espécies por sítio: *coherence* (coerência), *turnover* (substituição) e *boundary clumping* (coincidência de limites), formando pelo menos seis perspectivas ecológicas que tentam esclarecer os padrões de distribuição de espécies entre locais: Clementsiano, Gleasoniano, aleatória, tabuleiro de damas, igualmente espaçado e aninhamento, e identificando uma estrutura idealizada que melhor descreve uma metacomunidade.

No padrão Clementsiano as espécies respondem em grupo ao gradiente ambiental e no Gleasoniano as espécies respondem individualmente. Na distribuição aleatória (Simberloff, 1983) não há gradientes ou outros padrões formados na distribuição das espécies entre os locais. No tabuleiro de damas (Diamond, 1975), os pares de espécies têm distribuições mutuamente exclusivas e ocorrem independentemente de outros pares. O gradiente igualmente espaçado (Tilman, 1982), por sua vez, apresenta espécies distribuídas de um modo mais uniforme que o esperado ao acaso, geralmente resultado de forte competição interespecífica. Por fim, o aninhamento (Paterson & Atmar, 1986) assume que uma assembleia biológica relativamente pobre é composta por subgrupos de espécies que ocorrem em locais mais ricos. Embora cada um desses padrões idealizados tenha sido examinado isoladamente e geralmente contrastados com a distribuição randômica de espécies entre locais, raramente os mesmos têm sido analisados simultaneamente em um contexto de metacomunidade (Leibold & Mikkelsen, 2002; Presley *et al.*, 2009; Henriques-Silva *et al.*, 2013).

De acordo com Heino *et al.* (2015b), os ambientes aquáticos são considerados adequados para abordar questões relacionadas com a organização de metacomunidades. Nesses ambientes, diversos estudos sugerem uma importância conjunta de processos espaciais e fatores ambientais locais como determinantes da estrutura das comunidades, por apresentarem processos em múltiplas escalas, conectividade e na diversidade de grupos biológicos (e.g. macroinvertebrados aquáticos, peixes, zooplâncton, fitoplâncton, etc.) que demonstram alto grau de dispersão e respondem às condições ambientais locais (Heino *et al.*, 2015a). Estudo realizado por Padial *et al.* (2014) sobre o papel dos condutores ambientais, espaciais e temporários da estrutura da metacomunidade,

evidenciou o quanto o potencial de dispersão dos organismos está diretamente relacionado com a conectividade hidrológica entre os habitats. Quanto maiores os níveis de conectividade, maior a semelhança das condições ambientais entre os ambientes (Bozelli *et al.*, 2015), o que facilita o intercâmbio de organismos através de dispersão passiva e aumenta a semelhança na composição de espécies da metacomunidade (Nabout *et al.*, 2009; Warfe *et al.*, 2013). Assim, em ambientes lóticos, quando as taxas de dispersão entre as localidades superam a força dos filtros ambientais, o principal regulador das comunidades é o paradigma *mass effect* (Shurin *et al.*, 2009; Heino *et al.*, 2015a). Porém, o paradigma *species sorting* pode ser importante quando a força dos filtros ambientais supera as taxas de dispersão (Milesi & Melo, 2014). No entanto, qualquer previsão vai depender dos tipos de sistemas investigados, da capacidade de dispersão de organismos e das escalas espaciais (Van Der Gucht *et al.*, 2007; Lindstrom & Langenheder, 2012).

Geralmente, a capacidade de dispersão é inversamente relacionada ao tamanho do corpo (Padial *et al.*, 2014). Microrganismos possuem elevadas densidades demográficas e produzem um maior número de propágulos, o que aumenta seu potencial para eventos de dispersão e, portanto, são menos propensos a eventos de extinção local. Dentre os microrganismos, as populações fitoplanctônicas - principal grupo de produtores primários dos ecossistemas aquáticos – têm a sua distribuição nas massas d'água influenciada tanto por processos abióticos como: advecção, convecção, turbulência, ondas internas, temperatura (Hilligsoe *et al.*, 2011; Thangaradjou *et al.*, 2012; Lips & Lips, 2013) e concentração de nutrientes (Engel *et al.*, 2011; Goodman *et al.*, 2012; Smith *et al.*, 2014) – quanto por processos biológicos – taxas de crescimento (Reynolds *et al.*, 2001; Ciotti *et al.*, 2007; Hallegraeff, 2010), predação, competição e parasitismo (Falkowski *et al.*, 2004).

Na zona costeira, os estuários apresentam-se como ambientes produtivos, contribuindo na fertilidade dos ambientes aquáticos adjacentes. São ambientes altamente dinâmicos, apresentando variações espaciais e temporais (diárias e sazonais) dos gradientes de salinidade, assim como as rápidas modificações nas marés, mistura vertical, nutrientes e turbidez condicionando as variações na comunidade fitoplanctônica (Baek *et al.*, 2008). Portanto, este dinamismo propicia um sistema modelo para avaliar de que maneira as variações ambientais e espaciais afetam a organização das metacomunidades

fitoplanctônicas. Sendo assim, as questões que norteiam este trabalho são: (i) Quais os padrões de distribuição das metacomunidades fitoplanctônicas nos rios Maraú, Serinhaém e Orojó nos períodos seco e chuvoso? (ii) Qual o fator – espacial ou ambiental – é mais representativo na estruturação destas metacomunidades fitoplanctônica?

---

## Objetivos

### Objetivo Geral

Investigar como os filtros ambientais e preditores espaciais influenciam a estrutura da metacomunidade fitoplanctônica dos sistemas lóticos que desaguam na Baía de Camamu.

### Objetivos específicos

I – Identificar os padrões de distribuição das metacomunidades fitoplanctônicas nos rios Maraú, Serinhaém e Orojó.

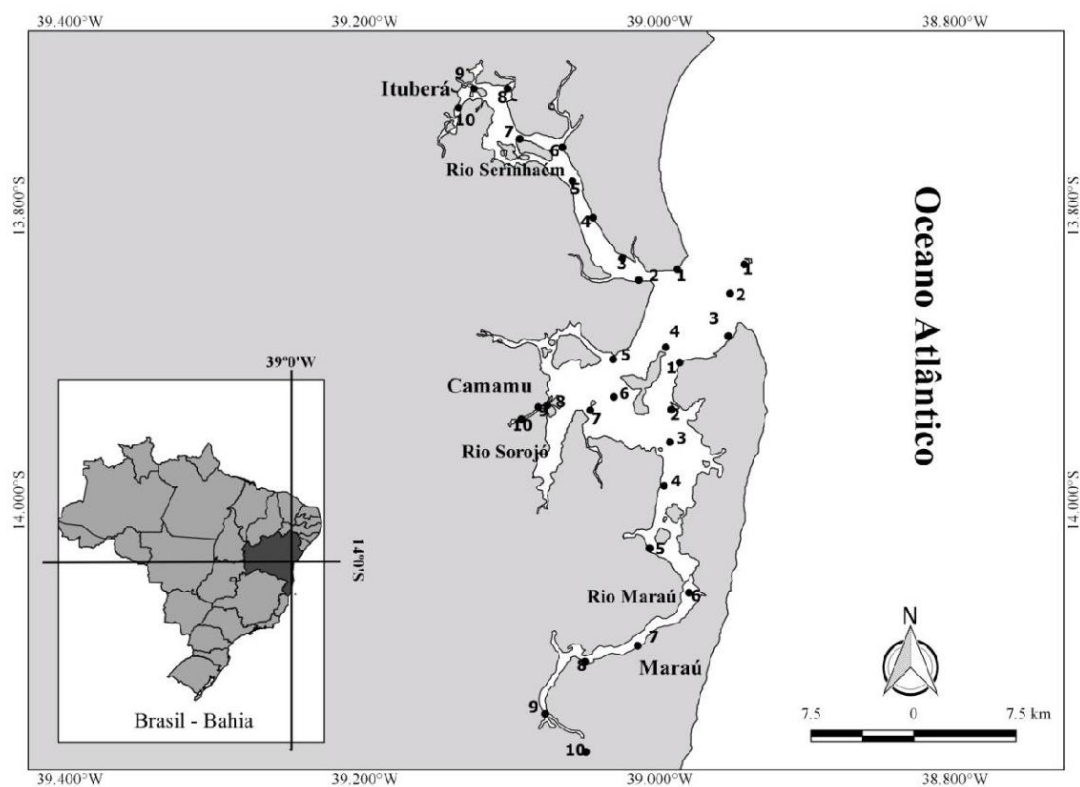
II – Avaliar a importância dos filtros ambientais e preditores espaciais para a estruturação destas metacomunidades em períodos hidrológicos distintos (chuvoso e seco).



### Área de estudo

A Baía de Camamu (Figura 1) possui aproximadamente 384 km<sup>2</sup> e é circundada por uma área de manguezal que ocupa mais de 40 km<sup>2</sup> (Amorim, 2005; Hatje *et al.*, 2008). É considerado um sistema estuarino raso, com profundidade média de 5 metros e as marés na região são semi-diurnas, com altura máxima de 2,7 m e as velocidades de corrente variam entre 0,6 e 1,2 ms<sup>-1</sup> (Amorim, 2005). Os três principais tributários da baía são os rios Marau, Orojó e Serinhaém. A descarga média na baía de Camamu, no período chuvoso, é de 44,59 m<sup>3</sup>/s, sendo Serinhaém responsável por 18,08 m<sup>3</sup>/s, Sorojó por 13,66 m<sup>3</sup>/s e Marau por 12,13 m<sup>3</sup>/s. No período seco, a descarga média é de 40,31 m<sup>3</sup>/s, sendo Serinhaém responsável por 16,52 m<sup>3</sup>/s, Sorojó por 12,59 m<sup>3</sup>/s e Marau por 11,20 m<sup>3</sup>/s (Amorim, 2005). A região é característica de clima tropical úmido, sendo dividida em uma estação chuvosa, compreendida entre os meses de março e julho, e uma estação seca, entre os meses de agosto e fevereiro.

Figura 1: Baía de Camamu, Bahia – Brasil. Figura extraída de Noga (2018)



## **Desenho amostral**

As campanhas foram realizadas em abril (chuvoso) e outubro (seco) de 2013, contemplando assim um período seco e um chuvoso na Baía de Camamu. A distribuição dos dez pontos de coleta em cada um dos rios ocorreu ao longo do gradiente de salinidade, em transecto de 30 km. Em cada ponto foram coletadas amostras qualitativas e quantitativas do fitoplâncton; amostras de água para análise de nutrientes: silicato, fosfato, nitrato, amônia e nitrogênio total; e foram medidos parâmetros físico-químicos: pH, oxigênio dissolvido (OD), salinidade, temperatura e sólidos totais dissolvidos (STD). Para a coleta qualitativa foi utilizada uma rede de fitoplâncton (malha de 20 µm), em arrastos horizontais, em subsuperfície, durante 4 minutos. Amostras de água foram coletadas utilizando uma garrafa Van Dorn, em subsuperfície.

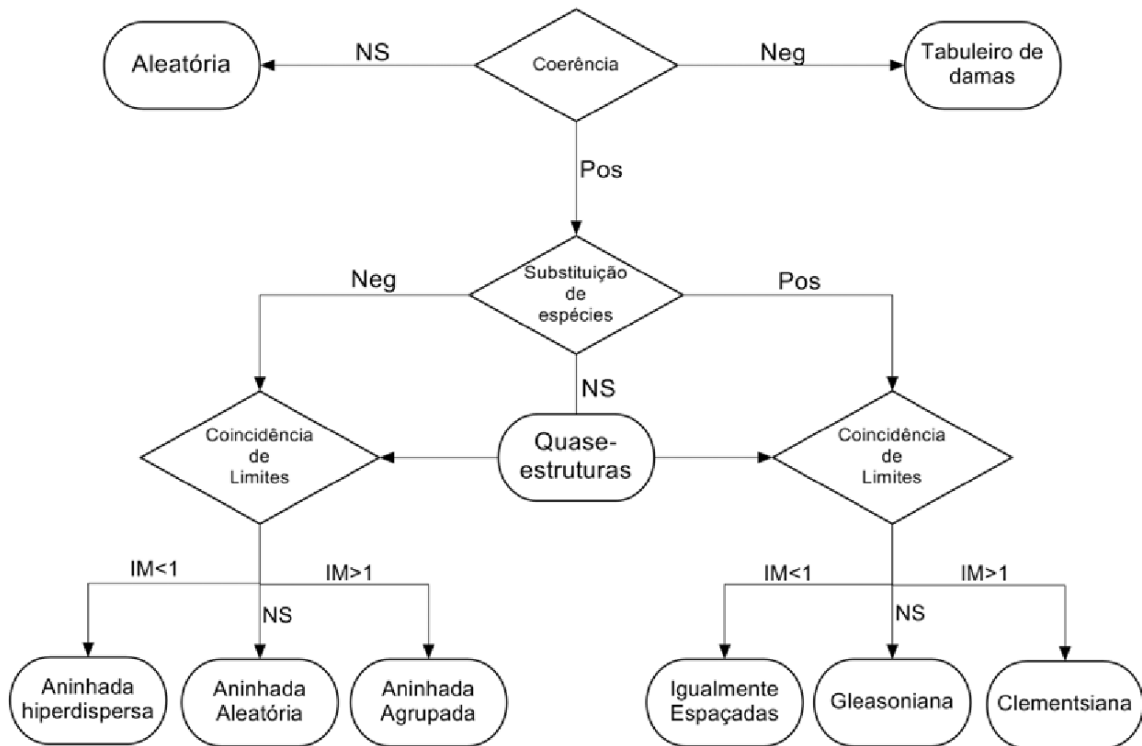
## **Estudo quali-quantitativo do fitoplâncton**

As amostras foram sedimentadas diretamente em lâminas de Utermöhl (1958) e analisadas em microscópio invertido Olympus CKX4. A identificação taxonômica da comunidade fitoplanctônica foi feita através da preparação de lâminas úmidas observadas em microscópio óptico Olympus CX31, com aumento de até 400 vezes e fundamentada na consulta da bibliografia especializada (Tomas, 1997; Witkowski *et al.*, 2000; Semina, 2003).

## **Abordagem de padrões: Elementos da estrutura de metacomunidade**

Para identificar o padrão de distribuição das espécies fitoplanctônicas (tabuleiro de damas, aleatória, aninhada, igualmente espaçadas, Clementsiana, Gleasoniana ou quase-estrutura) utilizamos um teste hierárquico denominado Elementos de Estrutura de Metacomunidades ou EEM (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*), proposto por Leibold & Mikkelsen (2002) e modificado posteriormente por Presley *et al.* (2010). Esse teste permite identificar os padrões de co-ocorrência de espécies que representam a distribuição das espécies ao longo de gradientes ambientais. O EEM é composto de três métricas derivadas de ordenações de uma matriz de incidência de espécies por sítio: a coerência (*coherence*), a substituição de espécies (*turnover*) e a coincidência de limites (*boundary clumping*) (Figura 2).

Figura 2. Teste hierárquico dos Elementos de Estrutura de Metacomunidade (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*). Legenda: NS = Não Significativo; Neg = Negativo; Pos = Positivo; IM = Índice de Morisita. Os Elementos de Metacomunidade estão dentro dos losangos e as Estruturas de Metacomunidade dentro dos paralelogramos. Figura adaptada de Presley *et al.* (2010).



O teste se inicia com o cálculo do elemento coerência, testando se as espécies que compõem a metacomunidade respondem a um mesmo gradiente ambiental. Para o cálculo da coerência é necessário quantificar o número de ausências embutidas numa matriz de incidência (presença-ausência) de espécies por sítio ordenada por Média Recíproca. A ausência embutida é uma ausência localizada entre duas presenças na matriz ordenada, entre os limites mínimos e máximos da faixa do gradiente ambiental em que se espera que a espécie esteja presente. Então esse tipo de ausência não está relacionado ao primeiro eixo de ordenação da comunidade e, portanto, não é em resposta ao gradiente ambiental. A significância da resposta ao gradiente ambiental é obtida por um teste de Monte Carlo, comparando o número de ausências embutidas na matriz ordenada por Média Recíproca com a média em matrizes ordenadas ao acaso. A Média Recíproca, técnica de ordenação proposta por Gauch & Whittaker (1972a, 1972b), ordena as espécies na matriz juntando aquelas com distribuição mais similar e juntando locais também em função da similaridade na composição. Se a diferença não for significativa, o padrão encontrado não é diferente do aleatório (distribuição aleatória), a ordem dos sítios não representa um

gradiente ambiental de resposta conjunta das espécies. Se a coerência for significativamente negativa, o número de ausências embutidas for maior do que o esperado ao acaso, é identificada a primeira estrutura de metacomunidades possível, denominada tabuleiro de damas (*checkerboard*). Se significativamente positivo, os demais elementos são analisados a seguir.

O elemento substituição de espécies (*Turnover*) é medido como o número de vezes que uma espécie substitui outra entre dois locais na matriz ordenada. Se a substituição for significativamente negativa (ou seja, o número de substituições for menor que o esperado ao acaso), há um indício de um padrão aninhado entre as espécies. Se for significativa e positiva (número de substituições maior que o esperado) indica metacomunidade dos tipos Gleasoniana, Clementisiana ou igualmente espaçada. Caso a substituição não seja significativa, os padrões serão interpretados como quase-estruturas (Presley et al. 2010).

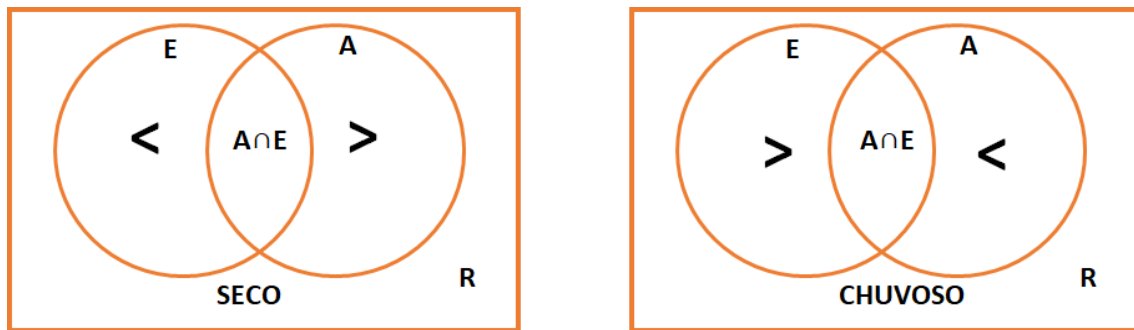
Por fim, o terceiro elemento Coincidência de Limites (*boundary clumping*) analisa se os limites da distribuição de espécies são coincidentes. Para isso, avaliamos o índice de dispersão de Morisita (Morisita, 1971), que mede a distribuição de indivíduos no espaço e um teste qui-quadrado que compara as distribuições observadas e esperadas. Se o índice for menor que um, indica limites de faixa hiper-dispersos, ou seja, um padrão igualmente espaçado; se maior que um, há um indicativo de limites de faixa agrupadas, tipo de metacomunidade Clementisiana e, se não for significativo, indica limites de faixa distribuídos aleatoriamente, distribuição Gleasoniana. Da mesma forma, os tipos de metacomunidade com padrões de aninhamento e quase-estruturas podem ser separados por coincidência de limites (Presley et al. 2010). Esta análise será realizada pelo pacote *metacom* do programa R Versão 3.5.1

## Abordagem de mecanismos: Partição da variância

Para avaliar a importância relativa dos fatores ambientais (variação ambiental – A) e espaciais (variação espacial – E) sobre a estruturação da metacomunidade fitoplanctônica amostrada, realizamos análises de redundâncias parciais (pRDA) (Legendre & Legendre, 1998). A pRDA pode ser entendida como uma extensão da análise de regressão múltipla, possuindo uma matriz dependente (espécies) e diferentes matrizes explanatórias (variáveis espaciais e ambientais) (Beisner *et al.*, 2006). Inicialmente, a matriz biológica foi submetida ao método de transformação de Hellinger, método apropriado para matrizes que apresentam um grande número de zeros, para padronização dos dados (Legendre e Gallagher 2001). A matriz de variáveis ambientais, contendo as seguintes variáveis: amônia, nitrato, fosfato, sílica, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e sólidos totais dissolvidos, foi submetida a padronização Z (equação  $Z = \text{obs} - \text{média} / \text{desvio}$ ), onde *obs* representa o valor da unidade amostral de interesse e os valores da média e do desvio padrão são calculados para cada variável, reduzindo assim o efeito das diferentes escalas de medição (Provet *et al.*, 2011). À matriz de variáveis espaciais, com as coordenadas geográficas em duas dimensões (x e y), foi adicionado um termo polinomial de terceira ordem (Borcard *et al.*, 2011). Usar a altitude, além da latitude e longitude, permite modelar padrões espaciais mais complexos na distribuição das espécies. Depois, nós utilizamos a função “*step.forward*” para determinar os filtros ambientais e espaciais a serem usados na Partição de Variância, retirando as variáveis que apresentaram multicolinearidade e com VIF (Fator de Inflação de Variância) superior a 10.

Para inferirmos quais processos foram mais importantes, a variação da estrutura da metacomunidade fitoplanctônica foi decomposta, segundo o método proposto por Borcard *et al.* (1992), nos seguintes componentes: A+E = variação total explicada pela análise; A = variação ambiental; E = variação espacial; A|E = variação explicada somente pelas variáveis ambientais; E|A = variação explicada somente pelas variáveis espaciais; A∩E = variação explicada conjuntamente pelas variáveis ambientais e espaciais; e resíduos, variação não explicada por nenhum desses componentes (Figura 3). As análises foram realizadas no software estatístico livre R Versão 3.5.1, com a utilização do pacote *vegan*.

Figura. 3 Representação da decomposição da variação da estrutura da metacomunidade fitoplanctônica, enfatizando a influência dos fatores ambientais e espaciais. A = variação ambiental; E = variação espacial;  $A \cap E$  = variação explicada conjuntamente pelas variáveis ambientais e espaciais; e R = resíduos, variação não explicada por nenhum desses componentes. Figura adaptada de Borcard *et al.* (1992) e Legendre & Legendre (1998).



---

## Resultados

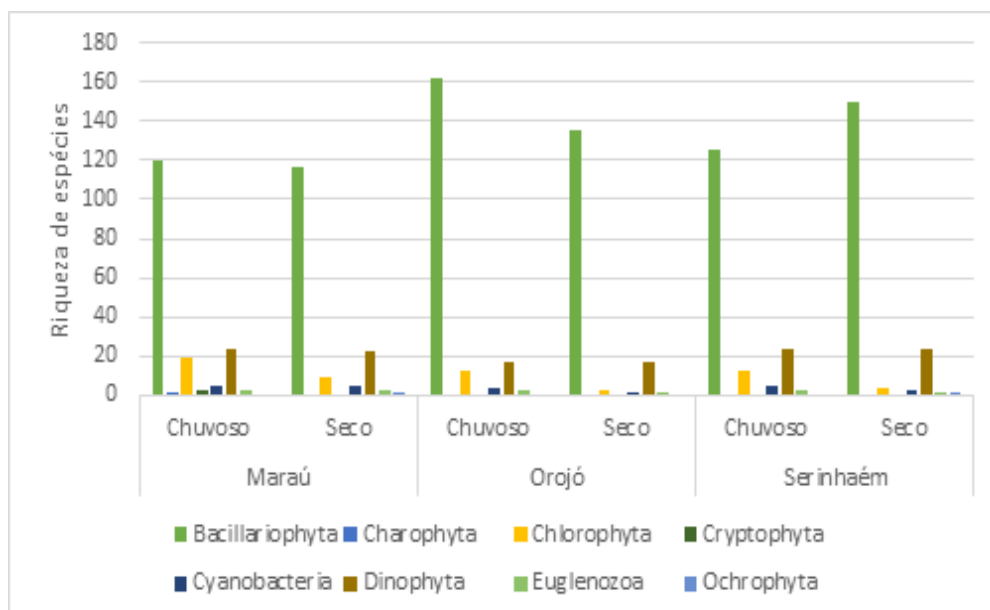
A metacomunidade fitoplanctônica da Baía de Camamu esteve representada por um total de 244 espécies no Rio Orojó, seguida pelo rio Serinhaém com 239 espécies e rio Marau com 212 espécies, distribuídas nos seguintes grupos: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cianophyta, Dinophyta, Euglenophyta e Ochrophyta.

A lista dos táxons observados e as frequências de ocorrência ao longo dos três rios nos dois períodos hidrológicos são apresentadas no apêndice A. Adotamos o índice de constância de Dajoz (1983), que considera como: **constantes** - espécies presentes em mais de 50% dos pontos amostrados; **acessórias** - espécies presentes entre 25 e 50%; e **acidentais** - espécies que apresentaram frequências inferiores a 25%. Do total de táxons observados no período chuvoso no rio Marau (174 táxons), 34 foram constantes, 36 acessórias e 104 acidentais. Destes, as diatomáceas *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella stylum* e *Paralia sp* se destacaram ocorrendo em todos os pontos amostrais. No período seco foram registrados 156 táxons, 23 foram constantes, 50 acessórias e 83 acidentais. As diatomáceas *Thalassionema nitzschioides* e *Nitzschia sp.* apresentaram 100% de frequência. No rio Orojó, dos 197 táxons no período chuvoso, 9 foram constantes, 49 acessórias e 139 acidentais. No período seco (160 táxons), 18 foram constantes, 48 acessórias e 94 acidentais. Cinco espécies foram constantes nos dois períodos hidrológicos: a diatomácea *Navicula sp.* e duas espécies do gênero *Cylindrotheca* e dois dinoflagelados *Gyrodinium sp* e *Scrippsiella sp.* No período chuvoso no rio Serinhaém (169 táxons), 38 foram constantes, 42 acessórias e 89 acidentais. No período seco (181 táxons), 33 táxons foram constantes, 40 acessórias e 108 acidentais. Doze táxons se destacaram ocorrendo em maior frequência ao longo dos pontos em ambos períodos: as diatomáceas *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella sp.*, *Fallacia sp.*, *Diploneis sp.* e *Meuniera membranacea*; os dinoflagelados: *Prorocentrum compressum*, *Metadinophysis sinensis*, *Scrippsiella sp.* e *Gyrodinium sp.*; a cianobactéria *Komvophoron minutum* e a euglena *Euglena sp.* Cerca de 57,5% dos táxons no período chuvoso e 67,3% dos táxons no período seco ocorreram em apenas um ponto de amostragem no rio Marau e foram excluídos de nossas análises. O mesmo

procedimento de exclusão ocorreu para o rio Orojó (49,2% - chuvoso e 62,8% - seco) e rio Serinhaém (66,9% - chuvoso e 63,7% - seco).

Foram observadas diferenças substanciais nos padrões de riqueza de espécies entre os dois períodos amostrados. Os rios Marau e Orojó apresentaram maior número de espécies no período chuvoso enquanto o rio Serinhaém apresentou padrão inverso (Figura 4). Nos três rios, em ambos os períodos, Bacillariophyta foi o grupo com maior abundância e riqueza de taxa, seguido pelo Dinophyta. No rio Marau, nos dois períodos de coleta, observamos o aumento da riqueza de Bacillariophyta do ponto 1 (ponto mais a jusante do rio) em direção ao ponto 10 (ponto a montante) e a diminuição da riqueza de Dinophyta nesta direção. O rio Orojó apresentou padrão semelhante ao rio Marau no que se refere ao grupo Bacillariophyta, porém para o grupo Dinophyta pudemos observar maior riqueza nos pontos amostrais mais centrais (ponto 4 a ponto 8). Já o rio Serinhaém tem padrões bem distintos na distribuição da riqueza ao longo dos pontos nos dois períodos hidrológicos. No período chuvoso a riqueza de Bacillariophyta é menor nos pontos centrais do rio e maior nos pontos a montante e jusante. E no seco, tanto a riqueza de Bacillariophyta como Dinophyta diminui do ponto 1 em direção ao ponto 10 (Apêndice B).

Figura 4. Riqueza taxonômica dos principais grupos fitoplanctônicos nos rios Marau, Orojó e Serinhaém, nos períodos chuvoso e seco, obtidas nos meses de abril e outubro de 2013.





A primeira etapa da análise Elementos de Estrutura de Metacomunidade (EEM) (Coerência) foi significativa e positiva para os três rios, ou seja, o número de ausências embutidas foi menor do que a média do esperado ao acaso, indicando que, como era esperado, as espécies respondem ao mesmo gradiente ambiental, que provavelmente seja o gradiente de salinidade (Tabela 1, Apêndice X).

Tabela 1. Resultado dos Elementos de Estrutura de Metacomunidades ou EEM (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*) proposto por Leibold & Mikkelsen (2002) e modificado posteriormente por Presley *et al.* (2010).

	Rio Maraú		Rio Orojó		Rio Serinhaém	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
<b>Coherence</b>						
Ausências embutidas	319	371	297	388	374	360
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Média das simulações	483	589	613	561	586	575
<b>Turnover</b>						
Substituições	10719	17407	19409	12558	14726	17794
p	0,003	0,001	0,002	0,090	<0,001	<0,001
Média das simulações	8781	14124	15511	12612	10224	12214
<b>Boundary Clumping</b>						
Índice de Morisita	1,09	1,04	1,18	1,28	1,21	1,02
p	0,013	0,069	<0,001	<0,001	<0,001	0,190
Graus de liberdade	6	7	7	7	7	6
<b>Interpretação</b>	Gleasoniano	Gleasoniano	Clementsiano	Quase-aninhado	Clementsiano	Gleasoniano

A Substituição de espécies, segunda etapa da análise, foi significativa e positiva para os rios Maraú e Serinhaém e apenas para o período chuvoso do rio Orojó, indicando que o número de substituições das espécies foi significativamente maior do que o esperado ao acaso. Apenas no período seco do rio Orojó foi observada Substituição não significativa, indicando uma Quase-estrutura.

Finalmente, ao analisar a terceira etapa (Coincidência de Limites), o índice de Morisita não foi significativo nos dois períodos de coleta no rio Maraú, indicando uma estrutura Gleasoniana. O rio Orojó teve o índice de Morisita significativo e positivo ( $i > 1$ ),

indicando estrutura Clementsiana no período chuvoso e Quase-aninhada com perda de espécies agrupadas no período seco. Já o rio Serinhaém teve o índice significativo e positivo ( $i > 1$ ) apenas no período chuvoso, apresentando um padrão Clementsiano, enquanto no período seco o índice não significativo indicou o padrão Gleasoniano.

A análise EEM indicou o mesmo padrão de metacomunidade (Gleasoniano) para os períodos seco e chuvoso no rio Maraú e dois padrões para os rios Orojó (Clementsiano - chuvoso e Quase-aninhado - seco) e Serinhaém (Clementsiano - chuvoso e Gleasoniano - seco).

As variáveis ambientais medidas apresentaram alta taxa de variação entre os pontos amostrais e entre os períodos chuvoso e seco (Apêndice 4). Observamos nos três rios: Maraú, Orojó e Serinhaém, no período chuvoso, os maiores valores de temperatura (29,34; 32,22 e 29,48°C), salinidade (36,77; 38,61 e 35,43) e das concentrações de sílica (30,56; 63,89 e 35,01  $\mu\text{molL}^{-1}$ ), nitrato (2,47; 12,58 e 6,81  $\mu\text{molL}^{-1}$ ) e amônia (3,85; 3,75 e 5,25  $\mu\text{molL}^{-1}$ ); e no período seco, a maior concentração de fosfato (1,00; 2,83 e 1,04  $\mu\text{molL}^{-1}$ ). Oxigênio dissolvido e pH tiveram os maiores valores encontrados no período chuvoso nos rios Maraú (5,55 mg/l e 8,57, respectivamente) e Orojó (6,64 mg/l e 8,49), e no período seco no rio Serinhaém (4,93 mg/l e 8,41). Por outro lado, sólidos totais em suspensão (TDS) apresentou maior concentração no período seco nos rios Maraú (6.214,00  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) e Orojó (8.594,00  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) e no período chuvoso no rio Serinhaém (26,94  $\mu\text{gL}^{-1}$ ). Dentre as variáveis mensuradas, salinidade e TDS apresentaram as maiores taxas de variação entre os pontos. Um nítido gradiente de salinidade foi observado, como esperado, ao longo dos pontos amostrais nos três rios, com os valores aumentando em direção à jusante.

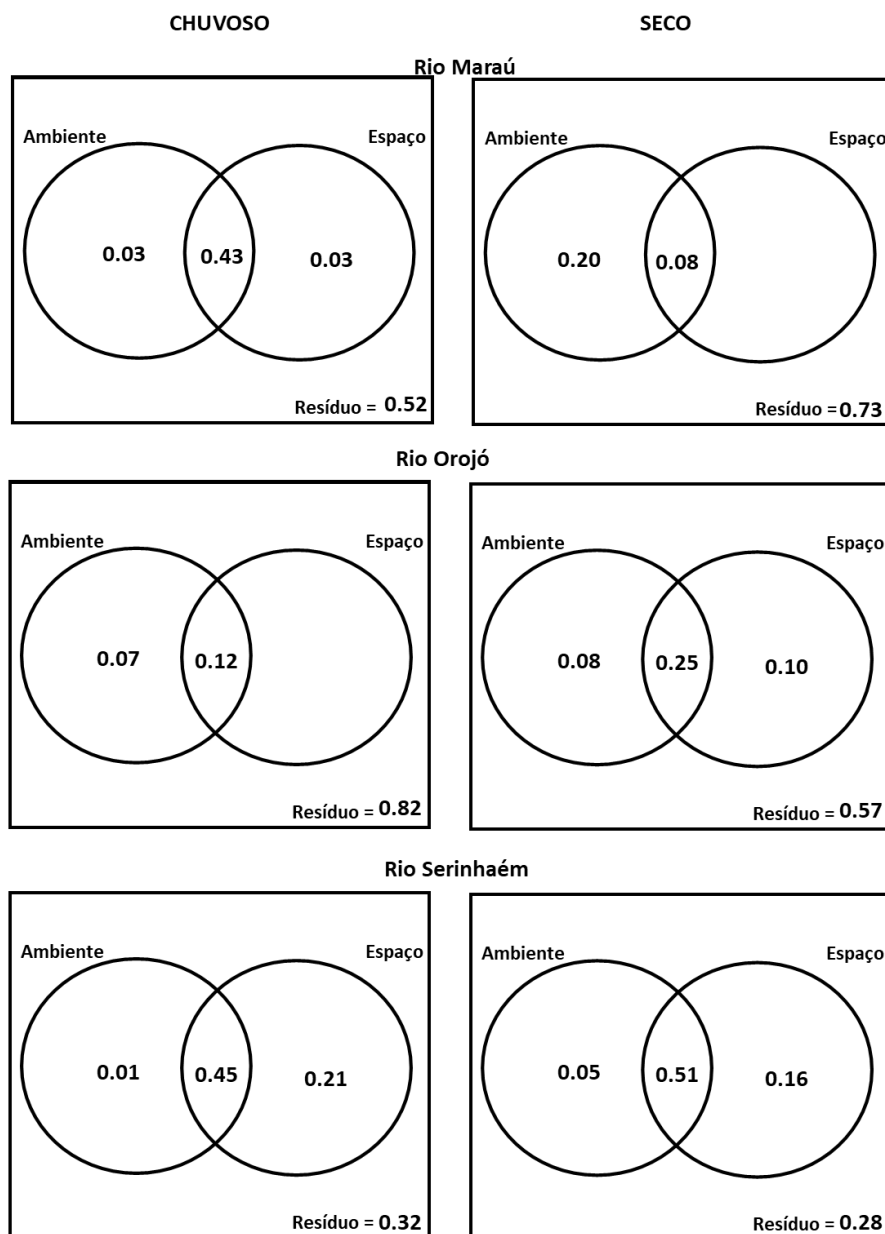
As variáveis ambientais e espaciais selecionadas (por seleção *step forward*) para explicar os padrões de distribuição das comunidades fitoplanctônicas variaram de acordo com o rio e com o período de amostragem (chuvoso ou seco) (Quadro 1).

Quadro 1. Variáveis ambientais e espaciais selecionados na pRDA nos diferentes rios e períodos hidrológicos na Baía de Camamu.

Rio	Período	Variáveis ambientais	Variáveis espaciais
Maraú	Chuvoso	Salinidade + Nitrato	Y + Y2
	Seco	pH + Nitrato	Y
Orojó	Chuvoso	pH	Y
	Seco	Salinidade, Nitrato, Amônia	Y + Y2
Serinhaém	Chuvoso	Sílica	Y + Y2
	Seco	Sílica + Nitrato	Y + Y2 + X2

Os resultados das análises de redundâncias parciais (pRDA) mostraram que a distribuição das espécies ao longo do rio Maraú, no período chuvoso, é explicada conjuntamente pelos preditores ambientais e espaciais (43%), e no período seco a variação espacial isolada não teve efeito sobre a estrutura da metacomunidade. A proporção de explicação dos resíduos (ou seja, proporção da variância não explicada por nenhuma das variáveis medidas) foi alta. O rio Serinhaém apresentou influência conjunta dos preditores ambientais e espaciais tanto no período chuvoso (45%) como no período seco (51%). No rio Orojó, período chuvoso, a variação espacial isolada não teve efeito na estruturação da metacomunidade. Nos dois períodos, a proporção de explicação dos resíduos foi alta (chuvoso= 82% e seco= 57%) (Figura 4, Apêndice 5).

Figura 5. Resultados da Análise de Redundância Parcial (pRDA) através de Diagramas de Venn. São mostradas as contribuições relativas (proporção de explicação) do componente espacial, componente ambiental, assim como o componente compartilhado e os resíduos, que explicam a variação da composição da metacomunidade fitoplanctônica nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém, em diferentes períodos hidrológicos.



---

## Discussão

Nosso estudo identificou o padrão de distribuição das espécies fitoplanctônicas em diferentes períodos hidrológicos (chuvoso e seco) em três principais tributários na Baía de Camamú: Rios Maraú, Orojó e Serinhaém, e avaliou a importância relativa dos fatores ambientais e espaciais na estruturação das metacomunidades combinando duas técnicas: um teste hierárquico denominado Elementos de Estrutura de Metacomunidades ou EEM (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*) e análises de redundâncias parciais (pRDA).

Heino et al. (2015b), em estudo comparativo com diferentes tipos de metacomunidade, cita quatro trabalhos que identificaram o padrão gleasoniano de metacomunidade fitoplanctônica, quatro com padrão clementsiano e dois quase-aninhados. A nossa previsão de que as metacomunidades fitoplanctônicas estariam estruturadas segundo o padrão Gleasoniano, indicando que as espécies respondem individualmente a gradientes ecológicos, foi confirmada no rio Maraú, nos dois períodos hidrológicos, e no rio Serinhaém, no período seco. Nestes rios, observamos nitidamente o gradiente de salinidade ao longo dos pontos amostrais, com os valores aumentando em direção à jusante e a alta taxa de variação nas concentrações de sílica no período chuvoso e de sólidos totais dissolvidos (TDS) no período seco.

Constatamos também maior riqueza de espécies em direção à região de água doce e menor riqueza na região de maior influência marinha. A salinidade é frequentemente relatada como o principal fator que determina a distribuição do fitoplâncton em estuários, porém, além de tolerância à salinidade, condições como o tempo de residência e disponibilidade de luz são importantes na determinação da sucessão de espécies ao longo do estuário (Lancelor e Muylaert, 2011). Apenas 20% (período chuvoso) e 14% (período seco) das espécies no rio Maraú e 18% no rio Serinhaém (seco) foram classificadas como constantes, ou seja, estiveram presentes em mais de 50% dos pontos amostrais, sugerindo mudanças graduais entre as comunidades, assim como foi observado com o aumento da riqueza de diatomáceas do ponto 1 ao ponto 10 (de maior para menor salinidade) e a diminuição da riqueza de dinoflagelados nesta direção. O predomínio das diatomáceas sobre os demais grupos é um padrão geralmente observado em regiões estuarinas e

costeiras (Cloern e Dufford, 2005; Popovich e Marcovecchio, 2008; Thangaradjou *et al.*, 2012; Nche-Fambo *et al.* 2015) devido à característica de eurialidade deste grupo, sua preferência por águas ricas em nutrientes (Eskinazi-Leça, 2002) e sua capacidade de reter altas concentrações de nitrato e fosfato durante os pulsos hidrológicos, privando alguns grupos do fitoplâncton destes recursos essenciais (Falkowski *et al.* 2004).

Os rios Orojó e Serinhaém apresentaram no período chuvoso o padrão de metacomunidade Clementsiano. Este padrão surge quando comunidades distintas são compostas de subgrupos de espécies, que mostram respostas semelhantes a um ou mais fatores estruturantes e reforçam o papel dos filtros ambientais na condução da mudança nessas metacomunidades (Keith *et al.*, 2011; Meynard *et al.* 2013; Dallas e Presley, 2014). Como podemos observamos nas estações 1 a 6 no rio Serinhaém, o subgrupo formado pelas diatomáceas *Navicula* sp9 e *Navicula* cf. *cryptocephala*, pelos dinoflagelados *Protoperidinium* sp4 e Dino sp40 e as Clorófitas sp30 e sp39. Logo, este subgrupo foi substituído nas estações 27 a 30 por outro, composto pelas diatomáceas *Amphora* sp4, *Amphora* sp5, *Navicula* sp2, *Achnantes* sp2, *Corethron hystrix* e *Coscinodiscus* cf. *granii*, pelo dinoflagelado *Ptychodisucs noctiluca* e a clorófita sp77. No rio Orojó observamos a presença das diatomáceas *Diploneis* cf. *subovalis*, *Navicula* cf. *rostellata*, *Navicula* sp4 e *Amphora* sp6 nas estações 8 e 9 e que foram substituídas pelas diatomáceas *Melosira moniliformis*, *Amphora* sp2 e *Amphora* sp7 na estação 20. Isso mostra que mesmo com o efeito de homogeneização no período chuvoso, a heterogeneidade ambiental entre os pontos de coleta foi suficiente para promover a estruturação da metacomunidade fitoplanctônica.

Apenas o rio Orojó, no período seco, apresentou um tipo de metacomunidade intermediária denominada Quase-aninhada. No padrão aninhado, as espécies em locais com baixa riqueza são um subconjunto das espécies de locais com alta riqueza. No padrão quase-aninhado o grau de aninhamento não é forte, mas é mais consistente com subconjuntos aninhados do que com outras estruturas idealizadas. Semelhante à estrutura aninhada, estruturas quase-aninhadas podem exibir perda de espécies hiperdispersivas, aleatórias ou agrupadas. No rio Orojó, do grupo de 55 espécies presentes na estação 4, apenas 30 permaneceram na estação 5, 24 espécies na estação 6 e 14 na estação 7, evidenciando uma redução na riqueza de espécies ao longo do estuário. Outro aspecto observado, que pode ter influenciado no tipo de metacomunidade encontrado é a ampla

distribuição de algumas espécies de diatomáceas (*Cylindrotheca* sp1, *Cylindrotheca* sp2, *Cyclotella* sp, *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides*) e dinoflagelados (*Prorocentrum micans*, *Metadinophysis sinensis* e *Gyrodinium* sp) e a restrição de outras espécies às estações mais a montante do rio (Estações 8, 9 e 10), como por exemplo, as diatomáceas *Navicula* cf. *cryptocephala*, *Navicula* sp1, *Entomoneis alata* e *Caloneis permagna*, atenuando desta forma o aninhamento.

Os resultados da partição de variância indicam que fatores ambientais e espaciais afetam conjuntamente a estrutura da metacomunidade fitoplanctônica dos três rios estudados no período chuvoso; nos rios Orojó e Serinhaém, estes fatores são preponderantes no período seco. Estes efeitos compartilhados são típicos em estudos de metacomunidades aquáticas (Heino et al., 2015), principalmente em estuários onde as variáveis ambientais são estruturadas espacialmente e pode ser interpretado como mecanismo de efeito de massa (*mass effects*), quando a taxa de dispersão do organismo supera a força dos filtros ambientais (Cottenie, 2005). Porém, com a existência de um gradiente de salinidade, que funciona como um filtro ambiental selecionando as espécies, talvez fosse mais indicado utilizar o paradigma de seleção de espécies. Assim sendo, existe um dilema comum na interpretação dos modelos teóricos de metacomunidade, diante das diversas possibilidades de perspectivas, sugestionando que mais de um mecanismo possa ser aplicável à metacomunidade estudada. Soininen et al. (2007) relataram que tanto as variáveis espaciais quanto as ambientais eram importantes na estruturação das comunidades planctônicas. No entanto, os efeitos espaciais eram mais fortes para o zooplâncton e os efeitos ambientais para o fitoplâncton, presumivelmente devido às diferenças no tamanho corporal e habilidades de dispersão. Apenas no período seco do rio Maraú, a explicação dos fatores ambientais sobre a variação da comunidade foi expressivamente maior que dos fatores espaciais, o que já era esperado, devido às condições hidrológicas mais estáveis (Zhao et al., 2017). Desta forma, a associação positiva da heterogeneidade ambiental e o padrão Gleasoniano sugere que o mecanismo de seleção de espécies determina a estrutura da metacomunidade nos períodos secos no rio Maraú.

Assim sendo, o nosso estudo concluiu que mudanças nos padrões de chuva podem interferir nas estruturas das comunidades fitoplanctônicas em ambientes estuarinos tropicais, porém tanto as variáveis espaciais quanto as ambientais serão importantes na

estruturação dessas comunidades. Por fim, sugerimos que estudos futuros considerem a variação temporal na estrutura das metacomunidades. Além disso, seria interessante analisar os efeitos espaciais (limitação de dispersão) em escalas maiores para os grupos do fitoplâncton, com a abordagem baseada nos traços funcionais.

## Referências Bibliográficas

Algarte V.M., Rodrigues L., Landeiro V.L., Siqueira T. & Bini L.M. (2014) Variance partitioning of deconstructed periphyton communities: does the use of biological traits matter? *Hydrobiologia*, 722, 279–290.

Amorim, F.N.; (2005) Caracterização oceanográfica da Baía de Camamu e adjacências e mapeamento das áreas de risco a derrames de óleo. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 170p.

Baek, S.H.; Shimode, S.; Han, M.S. ; Kikuchi, T. (2008) Growth of dinoflagellates, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: The role of nutrients. *Harm. Alg.* 7: 729-739.

Beisner B.E., Peres-Neto P.R., Lindstrom E.S., Barnett A. & Longhi M.L. (2006) The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecology*, 87, 2985-2991.

Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., (2011) Introduction. In: *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, pp. 1–7.

Borcard D., Legendre P. & Drapeau P. (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73, 1045–1055.

Bozelli, R. L.; Thomaz, S. M.; Padial, A. A.; Lopes, P. M.; Bini, L. M. (2015) Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia* 753: 233-241.



Ciotti, A. M.; Gonzalez-Rodriguez, E.; Andrade, L.; Paranhos, R.; Carvalho, W. F. (2007) Clorofila a, medidas bio-ópticas e produtividade primária. In: Valentin, J. L. Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Série Documentos REVIZEE/SCORE-Central. Brasília: Ideal gráfica. p. 61-72.

Cottenie K (2005) Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecol Lett* 8:1175–1182

Diamond J.M. (1975) Assembly of species communities. In: Cody M.L., Diamond J.D. (Ed). *Ecology and evolution of communities*. Harvard Univ. Press, p. 342– 444.

Engel, A.; Handel, N. ; Wohlers, J. ; Lunau, M. ; Grossart, H. P. ; Sommer, U. (2011) Effects of sea surface warming on the production and composition of dissolved organic matter during phytoplankton blooms: results from a mesocosm study. *J. Plankton Res.* 33, 357–372.

Eskinazi-leça E.; Moura, A.N.M.; Silva, M.G.G.; Koenig, M.L. (Eds). Microalgas marinhas de Pernambuco. In. Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. (Edts). Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco. Recife. Ed. Universitaria da UFPE. 67-96, 2002.

Falkowski, P. G.; Katz, M. E.; Knoll, A. H.; Quigg, A.; Raven, J. A.; Schofield, O.; Taylor, F. J. R. (2004) The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. *Science* v. 305, n. July, p. 354–360.

Gauch, H. G., & Whittaker, R. H. (1972<sup>a</sup>) Coenocline Simulation. *Ecology*, 53(3), 446-451.

Gauch, H. G., & Whittaker, R. H. (1972<sup>b</sup>) Comparison of ordination techniques. *Ecology*, 53(5), 868-875.

Goodman, J.; Brzezinski, M. A.; Halewood, E. R.; Carlson, C. A. (2012) Sources of phytoplankton to the inner continental shelf in the Santa Barbara Channel inferred from cross-shelf gradients in biological, physical and chemical parameters. *Continental Shelf Research*, v.48, p. 27-39.

Hallegraeff, G. M. (2010) Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: A formidable predictive challenge. *Journal of Phycology* v. 46, n. 2, p. 220–235.

Hatje, V.; Barros, F.; Magalhães, W.; Riatto, V.B.; Amorim, F.N.; Figueiredo M.B.; Spanó, S.; Cirano, M.; (2008) Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. *Marine Pollution Bulletin* 56. 348–379.

Heino, J., and J. Soininen. 2005. Assembly rules and community models for unicellular organisms: patterns in diatoms of boreal streams. *Freshw. Biol.* 50:567–577.

Heino J. & Mykrä H. (2008) Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. *Ecological Entomology*, 33, 614-622.

Heino, J. ; Melo, A. S. ; Tadeu,S. ; Soininen, J. ; Valanko, S. ; Bini, L. M. (2015<sup>a</sup>) Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: patterns, processes and prospects. *Freshwater Biology* 60: 845-869.

Heino, J., Soininen, J. ; Alahuhta, J. ; Lappalainen, J. ; Virtanen, R. (2015<sup>b</sup>) A comparative analysis of metacommunity types in the freshwater realm. *Ecology and Evolution* 5: 1525-1537.

Henriques-Silva R., Zoe L. & Peres-Neto P.R. (2013) A community of metacommunities: exploring patterns in species distributions across large geographical areas. *Ecology*, 94, 627–639.

Hilligsoe, K. M.; Richardson, K.; Bendtsen, J.; Sorensen, L. L.; Nielsen, T. G.; Lyngsgaard, M. M. (2011) Linking phytoplankton community size composition with temperature, plankton food web structure and sea-air CO<sub>2</sub> flux. *Deep-Sea Research I*, 58: 826-838.

Holyoak M., Leibold M.A. & Holt R.D. (2005) *Metacommunities: Spatial Dynamics and Ecological Communities*. The University of Chicago Press, Chicago.

Hubbell, S. J. (2001) *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*, Princeton University Press, Princeton.

Lancelot, C.; Muylaert, K. (2011) *Trends in Estuarine Phytoplankton Ecology*. Elsevier Inc.

Legendre P. & Legendre L. (1998) *Numerical ecology*, Elsevier.

Legendre P, Gallagher ED (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129:271–280.

Leibold M.A. & Mikkelsen, G.M. (2002) Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos*, 97, 237-250.

Leibold, M. A. ; Holyoak, M. ; Mouquet, N. ; Amarasekare, P. ; Chase, J. M. ; Hoopes, M. F. ; Holt, R. D. ; Shurin, J. B. ; Law, R. ; Tilman, D. ; Loreau, M. ; Gonzalez, A. (2004) The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters* 7: 601-613.

Lindström, E. S. ; Langenheder, S. (2012) Local and regional factors influencing bacterial community assembly. *Environmental Microbiology Reports* 4: 1–9.

Lips, U. ; Lips, I. (2013) Bimodal distribution patterns of motile phytoplankton in relation to physical processes and stratification (Gulf of Finland, Baltic Sea). *Deep-Sea Res. II*

Milesi S. V.; Melo, A. S. (2014) Conditional effects of aquatic insects of small tributaries on mainstream assemblages: position within drainage network matters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71:1-9.

Nabout, J. C. ; Siqueira, T. ; Bini, L. M. ; Nogueira, I. D. S. (2009) No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. *Acta Oecologica* 35: 720-726.

Noga, P. M. B.; (2018) Dinâmica da comunidade de dinoflagelados em um estuário tropical brasileiro. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Bahia.

Padial, A. A. ; Ceschin, F.; Declerck, S. A. J. ; Meester, L. De ; Bonecker, C. C. ; Lansac-Toha, F. A. ; Rodrigues, L. ; Rodrigues, L. C. ; Train, S. ; Velho, L. F. M. ; Bini, L. M. (2014) Dispersal Ability Determines the Role of Environmental, Spatial and Temporal Drivers of Metacommunity Structure. PLoS ONE 9: e111227. doi:10.1371/journal.pone.0111222.

Patterson B.D. & Atmar W. (1986) Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos. *Biological Journal of the Linnean Society*, 28, 65–82.

Presley S.J., Higgins C.L., López-González C. & Stevens R.D. (2009) Elements of metacommunity structure of Paraguayan bats: multiple gradients require analysis of multiple ordination axes. *Oecologia*, 160, 781–793.

Presley S.J., Higgins L.C. & Willig M.R. (2010) A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure. *Oikos*, 119, 908–917.

Presley J.S., Willig M.R., Bloch C.P., Castro-Arellano I., Higgins C.L. & Klingbeil B.T. (2011) A Complex Metacommunity Structure for Gastropods Along an Elevational Gradient. *Biotropica*, 43, 480-488.

Provete, D.B., Silva, F.R., Souza, T.G., (2011) Estatística aplicada à ecologia usando o R. São José do Rio Preto. Universidade Estadual Paulista.

Reynolds, C. S.; Irish, A. E.; Elliott, J. A. (2001) The ecological basis for simulating phytoplankton responses to environmental change (PROTECH). *Ecological Modelling* v. 140, n. 3, p. 271–291.

Semina, H. J. (2003) SEM-Studied diatoms of different regions of the World ocean. Lange-Bertalot (ed.). *Iconographia Diatomologica* v10. Königstein, Ganter Verlag. 362 p.

Shurin, J. B. ; Cottenie, K. ; Hillebrand, H. (2009) Spatial autocorrelation and dispersal limitation in freshwater organisms. *Oecologia* 159: 151-159.

Smith, S.L. ; Merico, A. ; Höhn, S. ; Brandt, G. (2014) Sizing-up nutrient uptake kinetics: Combining a physiological trade-off with size-scaling of phytoplankton traits. *Marine Ecology Progress Series*, 51, 33-39.

Thangaradjou, T. ; Vijayabaskara S. G. ; Raja, S. ; Poornima, D. ; Shanthi, R. ; Balasubramanian, T. ; Babu, K. N. ; Shukla, A.K. (2012) Influence of environmental variables on phytoplankton floristic pattern along the shallow coasts of southwest Bay of Bengal, *Algal Research*.1, 1143–1154.

Tilman D. (1982) *Resource competition and community structure*. Princeton Univ. Press.

Tomas, C. R. (1997) *Identifying marine phytoplankton*. San Diego, Academic Press. 840p.

Utermöhl, H. Zur (1958) Vervollkomrnung ver quantitativen PhytoplanktonMethodic. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, n° 1-38.

Van Der Gucht, K. ; Cottenie, K. ; Muylaert, K. ; Vloemans, N. ; Cousin, S. ; Declerck, S. ; Jeppesen, E. ; Conde-Porcuna, J. M. ; Schwenk, K. ; Zwart, G. ; Dega, H. ; Vyverman, W. ; Meester, L. De. (2007) The power of species sorting: Local factors drive bacterial community composition over a wide range of spatial scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 20404-20409.

Warfe, D. M. ; Pettit, N. E. ; Magierowski, R. H. ; Pusey, B.J. ; Davies, P. M. ; Douglas, M. M. ; Bunn, S. E. (2013) Hydrological connectivity structures concordant plant and animal assemblages according to niche rather than dispersal processes. *Freshwater Biology* 58: 292-305.

Witkowski, A.; Lange-Bertalot, H. E; Metzeltin, D. (2000) Diatom flora of marine coasts  
I. Lange-Bertalot (ed.). Iconographia Diatomologica v7, Königstein, Ganter Verlag. 925  
p.

## **APÊNDICES**

## Apêndices

Apêndice A. Lista de táxons encontrados na Baía de Camamu nos meses de abril e outubro de 2013. Os sistemas de classificação adotados: Round *et al.* (1990) e Hasle e Syvertsen (1997) pra diatomáceas (Bacillariophyta); Fensome *et al.* (1993) para dinoflagelados (Dinoflagellata); Throndsen (1997) para euglenófitas (Chlorophyta) e silicoflagelados (Chromophyta); Komárek e Anagnostidis (1989) para cianobactéria (Cyanophyta).

### BACILLARIOPHYTA

<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	sp001
<i>Cylindrotheca</i> sp1	sp002
<i>Cylindrotheca</i> sp2	sp003
<i>cf. Nitzschia</i>	sp004
<i>Nitzschia cf. acicularis</i>	sp005
<i>Nitzschia cf. lanceolata</i>	sp006
<i>Nitzschia cf. longissima</i>	sp007
<i>Nitzschia cf. lorenziana</i>	sp008
<i>Nitzschia cf. macilenta</i>	sp009
<i>Nitzschia minuscula</i>	sp010
<i>Nitzschia cf. reversa</i>	sp011
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith	sp012
<i>Nitzschia</i> sp1	sp013
<i>Nitzschia</i> sp2	sp014
<i>Nitzschia</i> sp3	sp015
<i>Nitzschia</i> sp4	sp016
<i>Nitzschia</i> sp5	sp017
<i>Nitzschia</i> sp6	sp018
<i>Nitzschia</i> sp7	sp019
<i>Nitzschia</i> sp8	sp020
<i>Nitzschia</i> sp9	sp021
<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i>	sp022
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp1	sp023
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp2	sp024
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp3	sp025
<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) D.G.Mann	sp026
<i>Psammococconeis brasiliensis</i> M.Garcia	sp027
<i>cf. Encyonema</i> sp1	sp028
<i>Opephora</i> sp1	sp029
<i>Opephora</i> sp2	sp030
<i>Opephora</i> sp3	sp031
<i>Licmophora cf. colosalis</i>	sp032
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow	sp033
<i>Licmophora remulus</i> (Grunow) Grunow	sp034

<i>Tabularia</i> sp1	sp035
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva	sp036
<i>Lyrella</i> sp1	sp037
<i>Petroneis</i> sp1	sp038
<i>Achnanthes</i> sp1	sp039
<i>Achnanthes</i> sp2	sp040
<i>Mastogloia ovata</i> Grunow	sp041
<i>Amphiprora</i> sp1	sp042
<i>Diploneis</i>	sp043
<i>Diploneis gruendleri</i> (A.Schmidt) Cleve	sp044
<i>Diploneis</i> cf. <i>subovalis</i>	sp045
<i>Diploneis weissflogii</i> (A.W.F.Schmidt) Cleve	sp046
<i>Pleurosigma</i>	sp047
<i>Pleurosigma aestuarii</i> (Brébisson ex Kützing) W.Smith	sp048
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T.Quekett) W.Smith	sp049
<i>Pleurosigma balticum</i> (Ehrenberg) W.Smith	sp050
<i>Pleurosigma diversestriatum</i> F.Meister	sp051
<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith	sp052
<i>Pleurosigma obscurum</i> W.Smith	sp053
<i>Pleurosigma</i> sp1	sp054
<i>Pleurosigma</i> sp2	sp055
cf. <i>Caloneis</i> sp1	sp056
cf. <i>Caloneis permagna</i>	sp057
<i>Gyrosigma</i> cf. <i>eximium</i>	sp058
<i>Gyrosigma</i> sp1	sp059
<i>Haslea</i> sp1	sp060
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C.Silva	sp061
cf. <i>Navicula</i>	sp062
<i>Navicula</i> cf. <i>cincta</i>	sp063
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptocephala</i>	sp064
<i>Navicula</i> cf. <i>radiosa</i>	sp065
<i>Navicula raeana</i> (Castracane) Cleve	sp066
<i>Navicula</i> cf. <i>rostellata</i>	sp067
<i>Navicula</i> sp1	sp068
<i>Navicula</i> sp2	sp069
<i>Navicula</i> sp3	sp070
<i>Navicula</i> sp4	sp071
<i>Navicula</i> sp5	sp072
<i>Navicula</i> sp6	sp073
<i>Navicula</i> sp7	sp074
<i>Navicula</i> sp8	sp075
<i>Navicula</i> sp9	sp076
<i>Navicula</i> sp10	sp077
<i>Navicula</i> sp11	sp078
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	sp079
<i>Fallacia</i> sp1	sp080



<i>Fallacia</i> sp2	sp081
<i>Fallacia</i> sp3	sp082
<i>Grammatophora</i>	sp083
<i>Grammatophora</i> cf. <i>gibberula</i>	sp084
<i>Grammatophora</i> cf. <i>marina</i>	sp085
<i>Grammatophora</i> cf. <i>oceanica</i>	sp086
<i>Grammatophora</i> cf. <i>subtilissima</i>	sp087
<i>Grammatophora</i> sp1	sp088
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing	sp089
<i>Rhaphoneis castracanei</i> Grunow	sp090
<i>Rhopalodia</i> sp1	sp091
<i>Rhopalodia</i> sp2	sp092
<i>Striatella</i> sp	sp093
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	sp094
<i>Entomoneis</i> sp1	sp095
<i>Surirella</i> sp1	sp096
<i>Surirella</i> sp2	sp097
<i>Amphora coffeiformis</i> (C.Agardh) Kützing	sp098
<i>Amphora</i> sp1	sp099
<i>Amphora</i> sp2	sp100
<i>Amphora</i> sp3	sp101
<i>Amphora</i> sp4	sp102
<i>Amphora</i> sp5	sp103
<i>Amphora</i> sp6	sp104
<i>Amphora</i> sp7	sp105
cf. <i>Catenula</i>	sp106
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	sp107
<i>Thalassiosira</i> sp1	sp108
<i>Thalassiosira</i> sp2 / P	sp109
<i>Thalassiosira</i> sp3 / G	sp110
<i>Thalassionema nitzschioides</i> sp1 (Grunow) Mereschkowsky	sp111
<i>Thalassionema nitzschioides</i> sp2 (Grunow) Mereschkowsky	sp112
<i>Corethron</i> cf. <i>hystrix</i>	sp113
<i>Coscinodiscus</i>	sp114
<i>Coscinodiscus</i> cf. <i>granii</i>	sp115
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	sp116
<i>Coscinodiscus</i> sp1	sp117
<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs	sp118
<i>Melosira</i> sp1	sp119
<i>Melosira</i> sp2	sp120
<i>Melosira</i> sp3	sp121
<i>Melosira moniliformis</i> C.Agardh	sp122
<i>Paralia fenestrata</i> Sawai & Nagumo	sp123
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	sp124
<i>Paralia</i> sp	sp125
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo	sp126

<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	sp127
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	sp128
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	sp129
<i>Bellerochea</i> sp1	sp130
<i>Biddulphia tridens</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	sp131
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	sp132
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	sp133
<i>Trieres mobiliensis</i> (Bailey) Ashworth & E.C.Theriot	sp134
<i>Isthmia enervis</i> Ehrenberg	sp135
<i>Lithodesmium</i> sp2	sp136
<i>Lithodesmium</i> sp3	sp137
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow	sp138
<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell	sp139
<i>Cyclotella</i> sp1	sp140
<i>Cyclotella</i> sp2	sp141
<i>Cyclotella</i> sp3	sp142
<i>Cyclotella</i> sp4	sp143
Diatomácea sp1 a Diatomácea sp140	sp144 - sp283

## **CHAROPHYTA**

<i>Cosmarium</i> sp	sp284
---------------------	-------

## **CHLOROPHYTA**

<i>Eudorina</i>	sp285
<i>Golenkinia</i>	sp286
<i>Scenedesmus</i> sp1	sp287
<i>Scenedesmus</i> sp3	sp288
<i>Scenedesmus</i> sp4	sp289
<i>Monoraphidium</i>	sp290
<i>Monoraphidium</i> sp4	sp291
<i>Actinastrum</i> sp3	sp292
<i>Chlorella</i>	sp293
<i>Dictyosphaerium</i>	sp294
<i>Nephrocytium</i>	sp295
<i>Crucigenia</i>	sp296
Clorófitá sp1 a Clorófitá sp24	sp297 – sp320

## **CRYPTOPHYTA**

<i>Chilomonas</i>	sp321
<i>Cryptomonas</i> sp1	sp322
<i>Cryptomonas</i> sp2	sp323

## **CYANOPHYTA**

<i>Komvophoron minutum</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek	sp324
<i>Trichodesmium</i> sp1	sp325
<i>Trichodesmium</i> sp2	sp326
<i>Oscillatoria</i>	sp327

<i>Merismopedia</i>	sp328
Ciano sp1 a Ciano sp3	sp329 – sp331

## DINOPHYTA

<i>Dinophysis caudata</i> W.S.Kent	sp332
<i>Metadinophysis sinensis</i> Nie & Wang	sp333
<i>Tripos hircus</i> (Schröder) F.Gómez	sp334
<i>Tripos trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez	sp335
<i>Pyrophacus sp1</i>	sp336
<i>Pyrophacus sp2</i>	sp337
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup	sp338
<i>Gyrodinium</i>	sp339
<i>Gyrodinium G</i>	sp340
<i>Diplopeltopsis minor</i> Pavillard	sp341
<i>Podolampas sp</i>	sp342
<i>Protoperidinium sp1</i>	sp343
<i>Protoperidinium sp2</i>	sp344
<i>Protoperidinium sp3</i>	sp345
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech	sp346
<i>Protoperidinium sp4</i>	sp347
<i>Protoperidinium sp5</i>	sp348
<i>Protoperidinium sp6</i>	sp349
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abé	sp350
<i>Prorocentrum gracile</i> F.Schütt	sp351
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	sp352
<i>Prorocentrum sp1</i>	sp353
<i>Scrippsiella sp1</i>	sp354
<i>Scrippsiella sp2</i>	sp355
<i>Scrippsiella sp3</i>	sp356
<i>Scrippsiella sp4</i>	sp357
<i>Ptychodiscus noctiluca</i> Stein	sp358
Dino sp1 a Dino sp15	sp359 – sp373

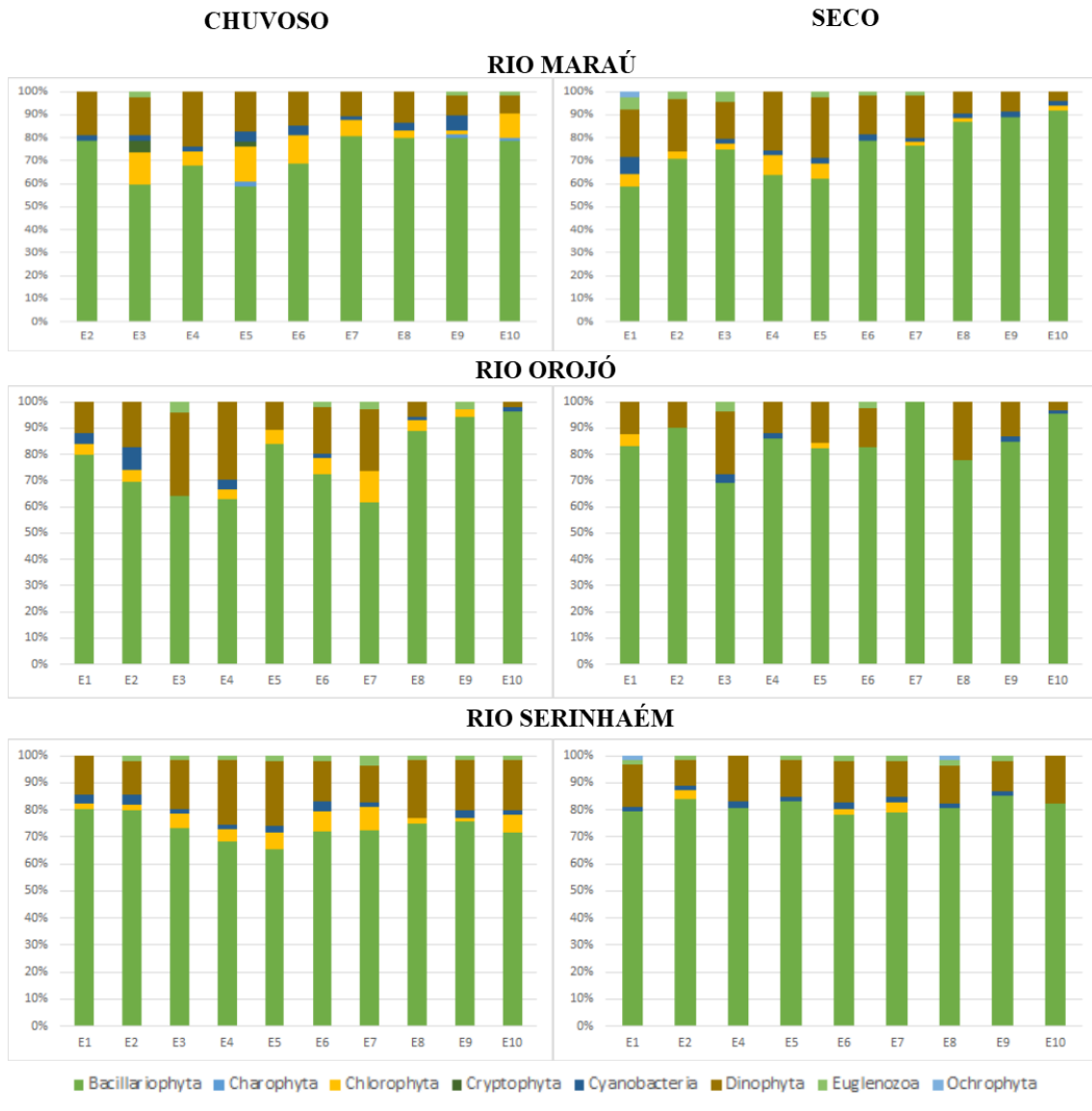
## EUGLENOZOA

<i>Euglena sp1</i>	sp374
<i>Euglena sp2</i>	sp375
<i>Trachelomonas sp1</i>	sp376
Euglenozoa sp1	sp377

## OCHROPHYTA

<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	sp378
-----------------------------------	-------

Apêndice B. Representatividade taxonômica percentual dos principais grupos fitoplanctônicos, por ponto de amostragem, nos rios Maraú, Orojó e Serinhaém, nos períodos chuvoso e seco, obtidas nos meses de abril e outubro de 2013.

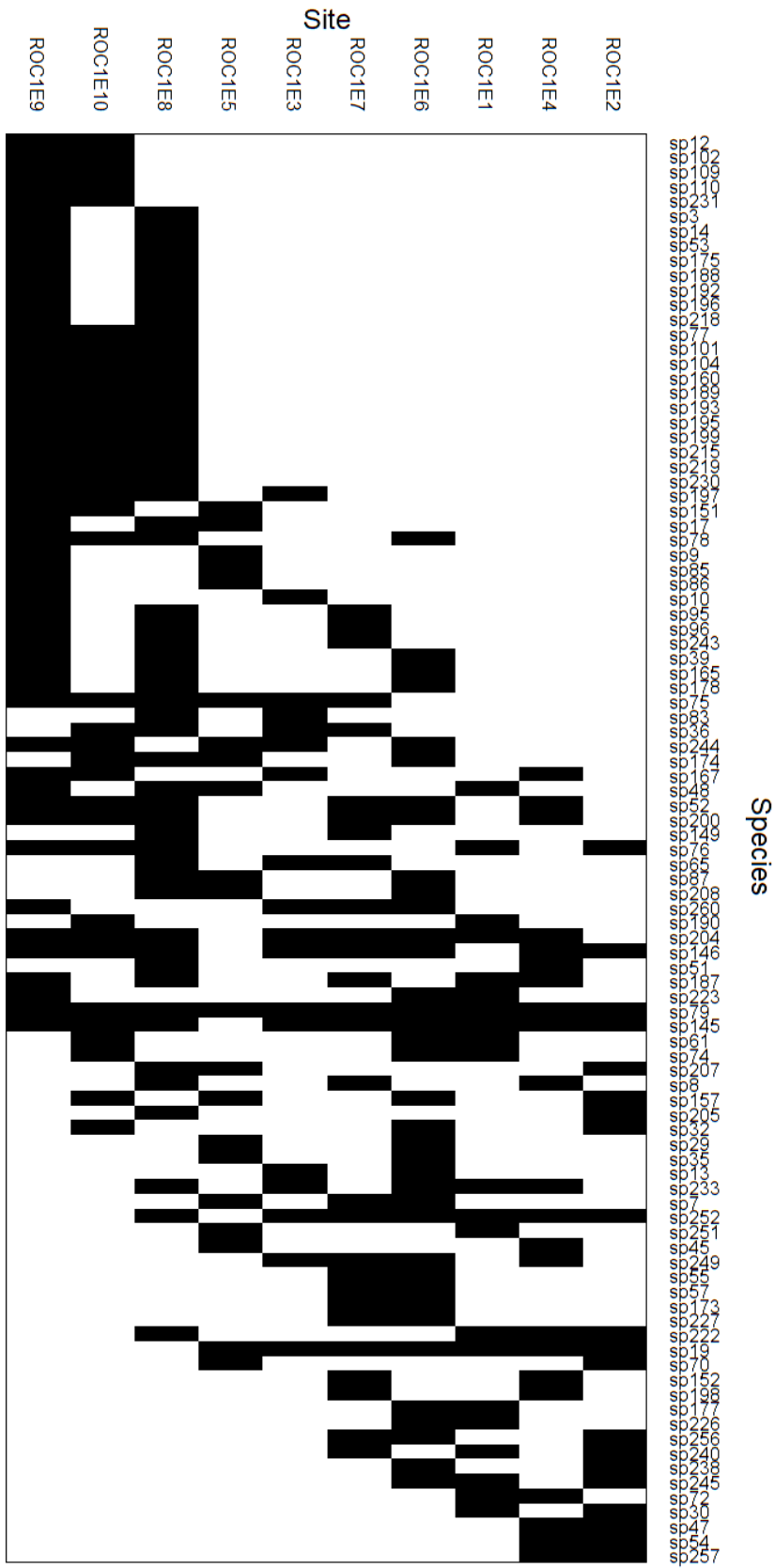




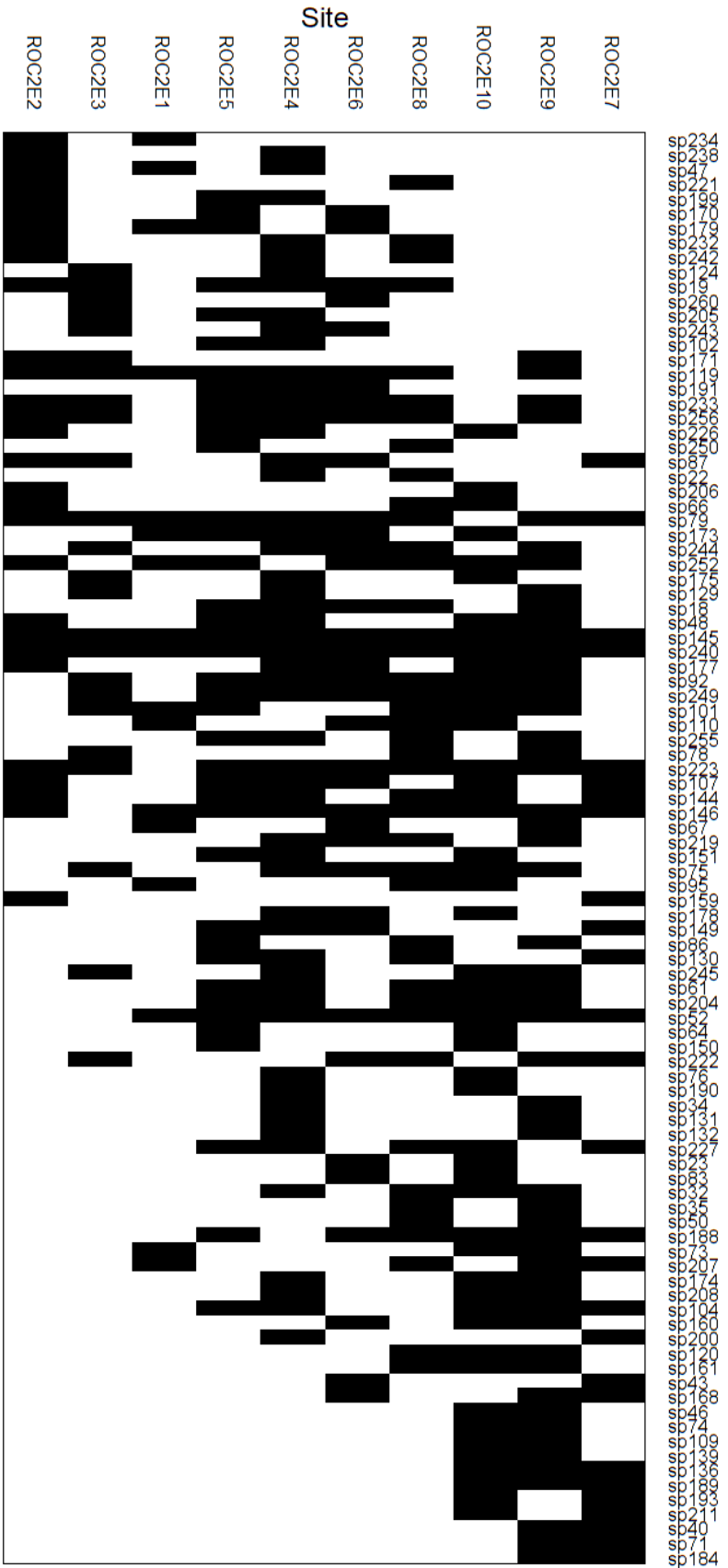
# Rio Maráu – Seco

Site	Species
RMC2E10	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E9	4407-10000, 0, 007444, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E8	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E7	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E6	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E3	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E1	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E5	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E2	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200
RMC2E4	gccc, 00, 149, 0, 2, 14949, 97479799, 1, 000-780, 5, 487-9, 000777, 734-477400, 97, 240, 3, 4198883, 3, 000-0, 1-10, 3, 700079-1, 4, 0-200

# Rio Oroj3 - Chuvoso



# Rio Oroj6 - Seco









Apêndice D. Variáveis ambientais (média e desvio-padrão) medidas nos períodos chuvoso e seco nos rios Marau, Orojó e Serinhaém. Abreviações:

OD = oxigênio dissolvido, Temp. = temperatura, TDS = sólidos totais dissolvidos, Sal. = salinidade.

Rio	Período	OD (mg/l)	pH	Temp. (°C)	TDS ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Salinidade	Sílica ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Fosfato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Nitrato ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Amônia ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	
Marau	Chuvoso	Média	4.83	8.17	27.81	27.69	24.32	13.33	0.07	1.46	1.83
		Mínimo	4.13	7.75	26.28	13.11	2.27	0.89	0.04	0.41	0.75
		Máximo	5.55	8.57	29.34	76.31	36.77	30.56	0.17	2.47	3.85
		DP	0.52	0.28	1.02	16.85	11.52	10.93	0.05	0.82	0.93
	Seco	Média	3.69	7.85	27.66	708.69	25.14	1.38	0.44	0.47	0.52
		Mínimo	3.47	7.19	26.78	11.03	7.09	0.69	0.13	0.15	0.10
		Máximo	4.58	8.46	28.29	6214.00	33.70	3.07	1.00	0.88	1.10
		DP	0.38	0.35	0.43	1946.43	8.61	0.72	0.24	0.22	0.30
Orojó	Chuvoso	Média	5.32	8.00	28.08	27.66	24.31	14.97	0.20	2.28	1.53
		Mínimo	4.22	7.11	25.61	6.78	0.68	2.67	0.00	0.10	0.50
		Máximo	6.64	8.49	32.22	79.20	38.61	63.89	0.70	12.58	3.75
		DP	0.74	0.46	1.88	19.32	12.20	17.64	0.23	3.73	0.99
	Seco	Média	4.14	7.61	27.13	881.13	29.34	7.92	0.72	0.59	0.78
		Mínimo	3.22	4.21	26.17	17.40	10.12	1.29	0.30	0.46	0.10
		Máximo	4.60	8.35	28.63	8594.00	35.81	26.80	2.83	2.47	2.35
		DP	0.38	1.18	0.84	2570.96	7.54	7.30	0.72	0.66	0.57
Serinhaém	Chuvoso	Média	4.04	8.08	28.63	22.07	28.40	15.92	0.20	1.92	2.28
		Mínimo	3.63	7.80	26.63	18.57	23.45	2.67	0.00	0.62	0.15
		Máximo	4.72	8.39	29.48	26.94	35.43	35.01	0.61	6.81	5.25
		DP	0.34	0.20	0.91	2.19	3.14	8.87	0.19	1.80	1.29

Seco	Média	3.80	7.91	27.89	20.04	25.56	18.01	0.57	0.33	0.72
	Mínimo	2.62	7.65	26.96	16.13	20.05	1.29	0.26	0.05	0.20
	Máximo	4.93	8.41	28.51	25.17	32.96	34.31	1.04	1.03	1.65
	DP	0.65	0.22	0.49	2.63	3.75	9.76	0.24	0.31	0.36

Apêndice E. Partição da variância dos dispersores ativos e passivos analisados em função de fatores ambientais e espaciais nos rios Marauá, Orojó e Serinhaém, nos períodos chuvoso e seco, obtidas nos meses de abril e outubro de 2013.

<b>Rio Marauá</b>					
		<b>Chuvoso</b>		<b>Seco</b>	
		<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>
<b>puro ambiental</b>		0,071	0,001	<b>0,200</b>	0,001
	<b>compartilhada</b>	<b>0,426</b>		0,079	
	<b>puro espacial</b>	0,027	0,001	-0,008	0,076
	<b>resíduos</b>	0,515		0,728	
	<b>variáveis ambientais</b>	salinidade, Nitrato		pH, Nitrato	
	<b>variáveis espaciais</b>	Y, Y2		Y	
<b>Rio Orojó</b>					
		<b>Chuvoso</b>		<b>Seco</b>	
		<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>
<b>puro ambiental</b>		0,070	0,001	0,081	0,001
	<b>compartilhada</b>	<b>0,116</b>		<b>0,25</b>	
	<b>puro espacial</b>	-0,001	0,039	0,098	0,001
	<b>resíduos</b>	0,821		0,570	
	<b>variáveis ambientais</b>	pH		Salinidade, Nitrato, Amônia	
	<b>variáveis espaciais</b>	Y		Y, Y2	
<b>Rio Serinhaém</b>					
		<b>Chuvoso</b>		<b>Seco</b>	
		<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>p</b>
<b>puro ambiental</b>		0,013	0,001	0,048	0,001
	<b>compartilhada</b>	<b>0,454</b>		<b>0,513</b>	
	<b>puro espacial</b>	0,213	0,001	0,160	0,001
	<b>resíduos</b>	0,319		0,278	
	<b>variáveis ambientais</b>	Silica		Silica, Nitrato	
	<b>variáveis espaciais</b>	Y, Y2		Y, Y2, X2	

## Scripts utilizados para as análises realizadas

### 1. Elementos de Estrutura de Metacomunidades ou EEM (*Elements of Metacommunity Structure - EMS*)

```
setwd("C:/Users/Amana/Documents/Mestrado/Projeto de Dissertação ")
RMC1 <- read.csv("RMC1.csv", sep=";", row.names=1)
library(vegan)
library(metacom)
library(Rcmdr)
#rio Marau campanha 1
#obtain an ordinated interaction matrix
RMC1_Ord = OrderMatrix(RMC1, scores = 1, outputScores = FALSE)
RMC1_Ord
#obtain site and species scores from reciprocal averaging
OrderMatrix(RMC1, scores = 1, outputScores = TRUE)
### ver o grafico
Imagine((RMC1_Ord), col=c('white', 'BLACK'), order=TRUE, fill=FALSE, yline = 4.5,
xline = 4.5, scores = 1)
### algoritmo do modelo nulo r1 para RMC1
ems.RMC1_r1<- Metacommunity(comm=RMC1_Ord, method='r1', sims=1000,
scores=1)
summary(ems.RMC1_r1)
ems.RMC1_r1[["Coherence"]]
ems.RMC1_r1[["Turnover"]]
ems.RMC1_r1[["Boundary"]]
RMC1_ems_r1 <- data.frame
(Coherence=ems.RMC1_r1[["Coherence"]], Turnover=ems.RMC1_r1[["Turnover"]], B
oundary=ems.RMC1_r1[["Boundary"]])
head(RMC1_ems_r1)
```

## 2. Partição de variância

```
library(vegan)
library(Rcmdr)
#### importacao das matrizes de dados biologicos
RMC1 <- readXL("C:/Users/Amana/Documents/Mestrado/Projeto de
Dissertação/Partição de variância/RMC1.xlsx", rownames = TRUE, header = TRUE, na
= "", sheet = "Planilha1", stringsAsFactors = TRUE)
#### importacao das matrizes de dados ambientais
RMC1_VA <- readXL("C:/Users/Amana/Documents/Mestrado/Projeto de
Dissertação/Partição de variância/RMC1_VA.xlsx", rownames = TRUE, header =
TRUE, na = "", sheet = "RMC1_VA", stringsAsFactors = TRUE)
#### importacao das matrizes de dados espaciais
RMC1_COORD <- readXL("C:/Users/Amana/Documents/Mestrado/Projeto de
Dissertação/Partição de variância/RMC1_COORD.xlsx", rownames = TRUE, header =
TRUE, na = "", sheet = "RMC1_COORD", stringsAsFactors = TRUE)
##transformação nos dados biologicos
MARAUC1.BIO = decostand(RMC1, "hellinger")
##transformação nos dados variáveis ambientais
MARAUC1.VA <- scale(RMC1_VA)
## matriz de polinomios espaciais
RMC1.poli.orto=poly(as.matrix(RMC1_COORD), degree=3) #raw=F default
colnames(RMC1.poli.orto)= c("X", "X2", "X3", "Y", "XY", "X2Y", "Y2", "XY2", "Y3")
coords.xy_RMC1<- as.data.frame(RMC1.poli.orto)
#Marau campanha1
##seleção para eleição do melhor modelo variaveis ambientais
rda1marauc1 <- rda(MARAUC1.BIO ~1, MARAUC1.VA)
rda2marauc1 <- rda(MARAUC1.BIO ~., MARAUC1.VA)
step.forward <- ordistep(rda1marauc1, scope = formula(rda2marauc1), direction =
"forward", perm.max = 200, pstep = 999)
##modelo mais parcimonioso composto por salinidade + Nitrato
rdamarauc1 <- rda(MARAUC1.BIO ~ Salinidade + Nitrato, data = MARAUC1.VA)
anova.cca(rdamarauc1) # p=0.001
vif.cca(rdamarauc1)#### colinearidade
summary(rdamarauc1)
```

```

x11()
plot(rdamarauc1, type = "n", las=1, font=6, font.axis=6, font.lab=6, cex.lab=1.5,
cex.lab=1.5)
stems <- colSums(MARAUC1.BIO)
orditorp(rdamarauc1, "sp", priority = stems, pch = "+", pcol = "green", font=1, cex = 1)
text(rdamarauc1, dis="cn", font=6, cex=1, col="red")
text(rdamarauc1, dis="sites", cex=1, font=1, col="grey")
anova(rdamarauc1, by="axis")
##seleção para eleição do melhor modelo variaveis espaciais
rda1marauc1ve <- rda(MARAUC1.BIO ~1, RMC1.poli.orto)
rda2marauc1ve <- rda(MARAUC1.BIO ~., RMC1.poli.orto)
step.forward <- ordistep(rda1marauc1ve, scope = formula(rda2marauc1ve), direction =
"forward", perm.max = 200, pstep = 999)
##modelo mais parcimonioso composto por Y + Y2
rdamarauc1ve <- rda(MARAUC1.BIO ~ Y + Y2 , data = RMC1.poli.orto)
anova.cca(rdamarauc1ve) # p=0.001
vif.cca(rdamarauc1ve)### colinearidade
##### Parsimonious subsets of explanatory variables (based on
# forward selections)
names(MARAUC1.VA) ## selected: Salinidade + Nitrato
envchem.pars <- MARAUC1.VA[, c(5, 8)]
names(coords.xy_RMC1)
objeto_qualquer<- coords.xy_RMC1[, c(4,7)]
# Variation partitioning
spe.part <- varpart(MARAUC1.BIO, envchem.pars, objeto_qualquer)
spe.part
plot(
  spe.part,
  bg = c("white", "white"),
  alpha = 100,
  id.size = 0.8,
  Xnames = c("Ambiente", "Espaço")
)
# Tests of all testable fractions

```



```
# Test of fractions [a+b]
anova.cca(rda(MARAUC1.BIO, envchem.pars ), step = 1000)
# Test of fractions [b+c]
anova.cca(rda(MARAUC1.BIO, objeto_qualquer), step = 1000)
# Test of fractions [a+b+c]
env.pars <- cbind(envchem.pars, objeto_qualquer)
anova.cca(rda(MARAUC1.BIO, env.pars), step = 1000)# Test of fraction [a]
anova.cca(rda(MARAUC1.BIO, envchem.pars, objeto_qualquer), step = 1000)
# Test of fraction [c]
anova.cca(rda(MARAUC1.BIO, objeto_qualquer, envchem.pars), step = 1000)
```