

FERNANDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

**QUAL É O MELHOR SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA O MONITORAMENTO DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS ATRAVÉS DE ALGAS PERIFÍTICAS?**

SALVADOR

2013

FERNANDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

QUAL É O MELHOR SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA O MONITORAMENTO DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS ATRAVÉS DE ALGAS PERIFÍTICAS?

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

Orientador: Doriedson Ferreira Gomes

SALVADOR

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Fernando

Qual é o melhor substrato artificial para o monitoramento de ambientes aquáticos continentais através de algas perifíticas? – Salvador, 2013.

78 páginas

Área de concentração: Limnologia

Orientador: Prof. Dr. Doriedson Ferreira Gomes.

Dissertação de conclusão de curso – Universidade Federal da Bahia com toda a hierarquia.

1. Microalgas; 2. Lagoas costeiras; 3. Diversidade de espécies

A minha companheira Tatiana, por sua paciência e compreensão, e aos meus pais,
pelo seu apoio e inspiração...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Doriedson Gomes, por ter me aceitado como seu orientando no primeiro dia de aula e me ensinado muito do que sei sobre ciência.

Ao Prof. Me. Salomão Pinho, de quem foi a ideia que gerou este trabalho e que muito me ajudou com o transporte e coleta de amostras.

A Ma. Angélica Cardozo, por sua grande ajuda nas identificações dos organismos.

Aos meus colegas de graduação Amana Almeida e Leônidas Neto, por sua amizade e por sua ajuda com algumas análises deste projeto.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mendes da Silva, sem o qual eu não teria conseguido a bolsa de estudos, que me foi tão importante neste período.

A Arthur *Big Boy* Crudup, por inventar o Rock & Roll!!!

“Enquanto Freud explica, o diabo fica dando os toques.”

Raul Seixas.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2 O PERIFÍTON	12
1.2.1 Conceito	12
1.2.2 Características	13
1.2.3 Importância Ecológica	15
1.2.4 O perifíton nas atividades econômicas.....	17
1.2.5 Estudos utilizando substrato artificial	18
1.3 OBJETIVO.....	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 ÁREAS ESTUDADAS	24
2.2 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO	26
2.2.1 Seleção, avaliação e preparação dos substratos	26
2.2.2 Confecção das boias	28
2.3 METODOLOGIA DE CAMPO.....	29
2.4 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO.....	30
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
3 RESULTADOS	35
3.1 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE DOS SUBSTRATOS.....	35
3.2 COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES CULTIVADAS: COMPARAÇÃO ENTRE LAGOAS, SEMANAS E SUBSTRATOS	35
3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS SUBSTRATOS	39
3.4 COMPARAÇÃO ENTRE SEMANAS.....	42
4 DISCUSSÃO	49
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	49
4.2 QUANTO A DIVERSIDADE DE ESPÉCIES.....	49
4.3 QUANTO AO TEMPO DE MATURAÇÃO	50
4.4 QUANTO A FACILIDADE DE USO	52
5 CONCLUSÕES	55
Recomendações para futuros experimentos:.....	55

REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE 1 - COEFICIENTES DE RUGOSIDADE CALCULADOS PARA 10 RÉPLICAS DE CADA SUBSTRATO TESTADO	62
APÊNDICE 2 - ABUNDÂNCIAS DE INDIVÍDUOS DA CADA GRANDE GRUPO EM RELAÇÃO ÀS LAGOAS, ÀS SEMANAS DE COLETA E AOS SUBSTRATOS:	64
APÊNDICE 3 - CONCENTRAÇÕES DE ORGANISMOS PARA CADA AMOSTRA.....	66
APÊNDICE 4 - ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER PARA CADA AMOSTRA.....	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1: COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA A SUPERFÍCIE DE UMA MACRÓFITA AQUÁTICA.....	14
FIGURA 1.2: FLUXO DE ENERGIA NA CADEIA TRÓFICA DE AMBIENTES CONTINENTAIS AQUÁTICOS.....	16
FIGURA 2.1: LOCALIZAÇÃO DAS TRÊS LAGOAS ESTUDADAS E DA FÁBRICA MILLENIUM.	24
FIGURA 2.2: FOTOS DE SATÉLITE DAS TRÊS LAGOAS ESTUDADAS.....	25
FIGURA 2.3: FOTOGRAFIA DAS LÂMINAS USADAS NO EXPERIMENTO	27
FIGURA 2.4: RECORTE DO SUBSTRATO "LIXA".	28
FIGURA 2.5: (A) BOIA PRESTES A SER POSICIONADA. (B) DESTAQUE DAS LÂMINAS DE CULTIVO.	29
FIGURA 2.6: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL SIMPLIFICADO PARTE 1.....	32
FIGURA 2.7: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL SIMPLIFICADO PARTE 2.....	33
FIGURA 3.1: COEFICIENTES DE RUGOSIDADE PARA OS SUBSTRATOS TESTADOS.....	36
FIGURA 3.2: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS.....	37
FIGURA 3.3: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DAS LAGOAS DE DUNAS, JUNCOS E VITÓRIA-RÉGIA.	38
FIGURA 3.4: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DOS SUBSTRATOS "PALITO", "LIXA", "VIDRO" E "PET"	38
FIGURA 3.5: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DAS QUATRO SEMANAS DO EXPERIMENTO	39
FIGURA 3.6: CONCENTRAÇÃO DE ALGAS PERIFÍTICAS POR UNIDADE DE ÁREA RASPADA DO SUBSTRATO	41
FIGURA 3.8: CONCENTRAÇÃO DE ALGAS PERIFÍTICAS POR UNIDADE DE ÁREA RASPADA DO SUBSTRATO.	43
FIGURA 3.7: ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS PARA CADA SUBSTRATO.	43
FIGURA 3.9: COMPORTAMENTO DA MÉDIA DA CONCENTRAÇÃO DE ORGANISMOS DOS DOIS GRUPOS DE SUBSTRATOS AO LONGO DAS QUATRO SEMANAS DE INCUBAÇÃO.	44
FIGURA 3.10: ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS DAS LAGOAS DE DUNAS, VITÓRIA-RÉGIA E JUNCOS.	45
FIGURA 3.11: COMPORTAMENTO DA MÉDIA DO ÍNDICE DE DIVERSIDADE DOS DOIS GRUPOS DE SUBSTRATOS AO LONGO DAS QUATRO SEMANAS DE INCUBAÇÃO.	47

RESUMO

QUAL É O MELHOR SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA O MONITORAMENTO DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS ATRAVÉS DE ALGAS PERIFÍTICAS?

As atividades humanas sobre o planeta estão transformando suas paisagens naturais e consumindo seus recursos rapidamente. Os recursos hídricos continentais têm sido seriamente ameaçados pelo uso desordenado, pela poluição, pela pesca predatória e pela expansão urbana e industrial, o que faz premente o desenvolvimento de técnicas para o monitoramento destes ambientes. Entre as comunidades ameaçadas está uma das mais importantes ecologicamente, o perífiton, cujas características fazem dele um excelente biomonitor, embora ainda negligenciado pela comunidade científica. Este estudo tem como objetivo determinar o melhor substrato artificial para o cultivo de perífiton para o seu uso como biomonitor de acordo com os critérios de captura da biodiversidade, tempo de maturação da comunidade e facilidade de uso. Foram definidos quatro substratos (palitos de madeira, lixas de papel e areia e lâminas cortadas de garrafas PET e lâminas de vidro), para serem comparados entre si, que foram incubados em três lagoas costeiras do litoral norte da Bahia/Brasil. Foram feitas coletas uma vez por semana, durante quatro semanas. As espécies presentes em cada amostra foram identificadas e contadas. Foi determinada a dominância entre grandes grupos (Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Euglenophyta), a concentração de organismos por área incrustada e a o índice de diversidade de Shannon-Wiever para cada amostra. Não houve diferença significativa entre os substratos propostos quanto à captura da biodiversidade, mas os substratos "Palito" e "Lixa" apresentaram menor prazo de maturação da comunidade incrustada (três semanas contra quatro dos substratos Lâminas de vidro e de PET) e maior facilidade de uso.

Palavras-chave: Microalgas; Lagoas costeiras; Diversidade de espécies.

ABSTRACT

WHICH IS THE BEST ARTIFICIAL SUBSTRATA FOR MONITORING PURPOSES OF FRESHWATER ENVIRONMENTS THROUGH PERIPHYTIC ALGAE?

The human activities on the planet are transforming its natural landscapes and consuming its resources quickly. The continental hydric resources has been seriously threatened by disordering use, pollution, overfishing and by the urban and industrial expansion, which make the development of monitoring techniques very important. Among the threatened communities, the periphyton is one of the most ecologically important and one of the most neglected by the scientific community. Its characteristics make it an excellent biomonitor. This study has the objective of determine the best artificial substrata for the growing of the periphyton for its use in freshwater environments monitoring under some criteria: biodiversity capturing, maturing time and ease of use. Four kind of substrata have been chosen (wooden sticks, nail files made of paper and sand, glass blades and blades cut from PET bottles) in order to be compared. The experiment took place in three coastal lagoons at sea shore in Bahia, Brazil. It has been sampled once a week for four weeks. The species in each sample have been indentified and counted. The dominance between groups (Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Euglenophyta), the concentration of organisms per inlaid area and the Shannon-Wiever diversity index have been determined for each sample. There was no significant difference between the substrata concerning the biodiversity capture, but the "Stick" and "Nail File" substrata have shown smaller maturing time of the inlaid community (three weeks against four weeks in the "Glass" and "PET") and to be easier to use.

Key words: Microalgae; Costal lagoons; Species Biodiversity.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde as primeiras civilizações, o homem vem transformando radicalmente a Terra. Atividades como a agricultura, o comércio internacional, a indústria e a expansão urbana geram remobilizações e impermeabilizações do solo, inserções de substâncias químicas sintéticas, destruição de habitats e captura de organismos. Estima-se que estas atividades já modificaram de 39 a 50% das paisagens continentais (Vitousek *et al*, 1997).

Nos últimos 500 milhões de anos o volume de água no planeta tem se mantido constante e igual a $1,39 \times 10^9$ Km³, no entanto 97,5% desta água estão no oceano e, dos 2,5% restantes de água doce, apenas 0,3% estão em rios e lagos (Rebouças, 2006). O Brasil tem uma das maiores reservas de água doce do mundo: as regiões hidrográficas brasileiras cobrem 8.575.761 Km² e sua descarga de água doce é de 177.900 m³/s o que, somado aos 73.100 m³/s da Amazônia internacional, equivale a 53% da produção de água de toda a América do Sul e a 12% de todo o planeta (Rebouças, 2006).

Rios e lagos são habitados por inúmeras espécies vegetais e animais, microscópicas e macroscópicas. Os recursos hídricos continentais, que incluem as águas superficiais e subterrâneas e a imensa biota que vive nelas, são necessários, direta ou indiretamente, a vida de toda a população humana, não apenas como fonte de alimento e água potável, mas também como meio de transporte, para a agropecuária, para as atividades industriais, etc.

Apesar de sua grande importância, as águas continentais têm sido degradadas de diversas formas e sua biota tem sido submetida a vários estressores, entre os quais se destacam, conforme explicitado por Tundisi *et al* (2006a, 2006b), os seguintes:

1. Poluição por despejos industriais, agrícolas e urbanos, que tem provocado a inserção de substâncias tóxicas no ambiente e gerado processos de eutrofização, que acarretam a mortandade de várias espécies e redução da qualidade de água para o uso humano.
2. Introdução acidental ou deliberada de espécies exóticas, como peixes predadores, que alteram as cadeias tróficas e podem provocar perda da biodiversidade nativa.
3. Derrubada da mata ciliar, o que provoca o assoreamento do sistema, a perda de habitat de várias espécies, como as aves aquáticas, e aumenta a entrada de nutrientes, o que também pode gerar a eutrofização do sistema.
4. Construção de represas, que interfere no fluxo de sedimentos e nutrientes alterando as características estruturais e funcionais de rios.

5. O endurecimento e impermeabilização do solo, sobretudo por conta da expansão urbana, que também acarreta na derrubada da vegetação, e que interfere na alimentação do lençol freático e de nascentes, e favorece o escoamento superficial da água pluvial, agravando a inserção de substâncias tóxicas e nutrientes.

Inúmeros outros estressores poderiam ser citados aqui e, em maior ou menor grau, todos eles acarretariam a redução na qualidade da água, perda de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos prestados pelas espécies removidas. Eles também vão provocar alterações na configuração de diversas comunidades, algumas de importância chave para o ambiente aquático, tendo em vista a fragilidade de algumas de suas espécies componentes e a maior resistência de outras ao estressor (Barbour *et al.* 1999; Danilov & Ekelund, 2001; Small *et al.*, 2008; Vercellino & Bicudo, 2006; Nayar *et al.*, 2005). Uma dessas comunidades é o perifíton, alvo deste trabalho, e que possui características muito úteis para o estudo de ambientes aquáticos continentais, como se verá abaixo.

1.2 O PERIFÍTON

1.2.1 Conceito

Como muito em Biologia, a definição de perifíton não é unânime e vem continuamente se transformando. Warning (1892) *apud* Fernandes & Esteves (2011) batizou de Ne-reides os colonizadores de substrato. Seligo (1905) *apud* Moschini-Carlos (1999) foi um dos primeiros a identificar e nomear a comunidade perifítica, chamando-a "Aufwuchs" (crescer sobre, em alemão). Willer (1920) *apud* Fernandes & Esteves (2011) atribuiu este termo aos colonizadores de substratos vivos e chamou de "Behwuchs" os colonizadores de substratos não vivos. O termo perifíton surgiu com Behning (1924) *apud* Moschini-Carlos (1999), referindo-se a organismos incrustados em substratos artificiais e depois ampliados para todos os organismos incrustantes aquáticos.

Sládecková (1962) *apud* Moschini-Carlos (1999) faz ainda a distinção entre o verdadeiro perifíton, aquele que está fortemente aderidos a um substrato, seja por pedúnculos ou por rizoides, e os falsos perifíton, que são aqueles organismos fracamente aderidos.

Ao longo do tempo, a grande quantidade de definições que foram propostas causaram confusão entre os pesquisadores. O termo foi finalmente padronizado durante o "1º *Workshop* Internacional sobre Comunidades Aderidas aos Substratos em Ecossistemas Aquáticos" como Perifíton (em inglês *Periphyton*) e definido como a "complexa comunidade de organismos (bactérias, algas, fungos, protozoários, microcrustáceos, etc.) e detritos (or-

gânicos e inorgânicos) que vivem aderidos ou associados a um substrato qualquer, vivo ou morto" (Wetzel, 1983). Na Tabela 1.1 pode-se observar uma análise da evolução do conceito de perifíton.

TABELA 1.1: EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE PERIFÍTON

Autor	Ano	Definição
Warning	1892	Batizou de <i>Nereides</i> os colonizadores de substratos
Seligo	1905	Organismos que crescem sobre outros
Willer	1920	Distinguiu entre aqueles que crescem sobre substrato vivo e não vivo.
Behning	1924	Aqueles incrustados em substrato artificial
Sládecková	1962	Distinção entre o "verdadeiro" e o "falso" perifíton
Wetzel	1983	Incluem a biota mais os detritos. Incluem substrato vivo ou morto

1.2.2 Características

O perifíton pode ser encontrado habitando, praticamente, todos os ambientes aquáticos epicontinentais (lagos, lagoas, rios, etc.), bem como, em ambientes marinhos (Richard *et al*, 2009), e em uma imensa variedade de substratos (recebendo uma nomenclatura específica): plantas aquáticas (epifíton), rochas submersas (epilíton), sobre grãos de sedimento (epipélton) ou entre eles (episâmon), sobre animais (epizoon) ou sobre madeira (epixílion) (Fernandes & Esteves, 2011). Trata-se de uma comunidade complexa, composta por muitas espécies de organismos autotróficos e heterotróficos, no entanto as microalgas podem corresponder a mais de 90% dela (Wetzel, 2001).

Os membros desta comunidade vivem imersos em uma densa matriz polimérica gelatinosa, composta principalmente de polissacarídeos, que funciona como meio de sustentação, transmissão de nutrientes e de comunicação inter e intraespecífica (Haack & McFeters,

1982; Kristensen *et al*, 2008). Esta matriz exerce também o papel de capturar e reter o carbono orgânico dissolvido e o particulado, tornando-os mais disponíveis aos organismos heterótrofos associados, o que favorece altas taxas de produtividade mesmo em ambientes onde a entrada de nutrientes é intermitente (Pusch *et al*, 1998). Na Figura 1.1 pode-se ver uma ilustração da comunidade perifítica aderida a uma macrófita aquática.

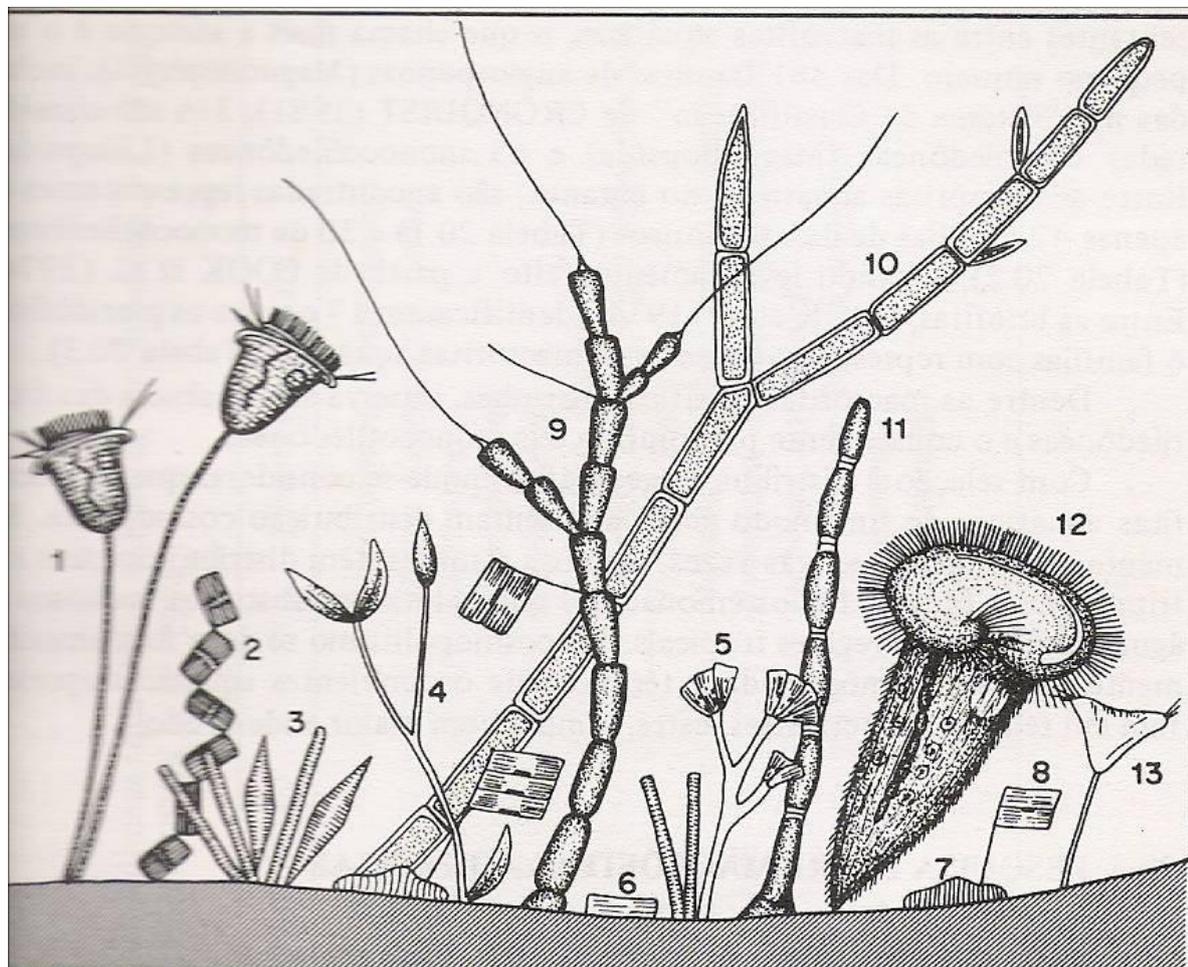


FIGURA 1.1: COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA A SUPERFÍCIE DE UMA MACRÓFITA AQUÁTICA (EM DESTAQUE EXEMPLARES DOS SEGUINTE GÊNEROS: 1. VORTICELLA; 2. TABELLARIA; 3. SYNEDRA; 4. CYMBELLA; 5. GOMPHONEMA; 6. COCCONEIS; 7. EPITHEMIA; 8. ACHNANTES; 9. BULBOCHAETA; 10. CLADOPHORA; 11. OEDOGONIUM; 12. STENTOR. EXTRAÍDO DE ESTEVES (2011).

Descrever a estrutura da comunidade perifítica implica em descrever a sua riqueza de espécies componentes, a frequência de sua ocorrência, a dominância e abundância delas e de componentes inorgânicos, mas, também, a distribuição espacial e temporal destes (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Os mecanismos que controlam sua distribuição temporal são, em grande parte, ainda desconhecidos e incluem muitas variáveis ambientais e biológicas, o que torna o seu estudo muito complexo (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Segundo Moschini-Carlos e Henry (1997), *apud* Fernandes & Esteves (2003), a composição

da comunidade e a sua dinâmica temporal variam de acordo com a natureza e rugosidade do substrato, o nível trófico, temperatura, turbulência e velocidade da água (importante sobretudo em ambientes lóticos), a precipitação, o ciclo de inundações, a profundidade e a disponibilidade de luz. Também são importantes a biologia das suas espécies componentes, a competição entre elas e o efeito da predação pelo zooplâncton (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003).

Embora, ainda bastante desconhecidos, os mecanismos de colonização e sucessão na comunidade perifítica seguem certos padrões, semelhante ao que ocorre em vegetais terrestres: a colonização se inicia com organismos menores e mais simples (fungos e bactérias, no caso do perifíton), seguidos por aqueles cada vez mais complexos e maiores (diatomáceas solitárias, então diatomáceas coloniais ou com pedúnculos e algas verdes filamentosas) (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). A riqueza de espécies tende a alcançar os valores mais elevados no estágio maduro, dependendo das estações do ano, das condições do meio e da adaptação das espécies colonizadoras (Fernandes & Esteves, 2011), a partir daí ela pode flutuar em torno de uma média graças ao acirramento da competição. A biomassa também alcança um valor máximo, seguindo por oscilações em torno de uma média, que se devem a morte de organismos, limitados por luz e nutrientes, na base do biofilme (Richard *et al*, 2009). No entanto, segundo Fierer *et al* (2010), os mecanismos sucessionais em micro-organismos costumam mostrar grandes variações ambientais, devido às limitações metodológicas e às diferenças no papel ecológico de suas populações e comunidades em diferentes ambientes.

A mesma variedade de fatores que controla o processo de sucessão, atua determinando o prazo de maturação de uma nova colônia. Diversos autores encontraram prazos de maturação variando de três dias a oito semanas para novas colônias perifíticas alcançarem o estado maduro, em diferentes localidades, sob diferentes condições ambientais (Azim *et al*, 2002, 2003; Fernandes & Esteves 2003; Richard *et al*, 2009; Vercellino & Bicudo, 2006). Segundo Pompêo & Moschini-Carlos (2003) o prazo de quatro semanas é tempo suficiente para a estabilização de uma colônia.

1.2.3 Importância Ecológica

Embora historicamente negligenciado, cada vez mais trabalhos são publicados sobre o perifíton (pesquisando-se na base de dados Science Direct até o dia 11 de agosto de 2013 percebe-se a tendência de crescimento no número de publicações: cerca de cem por ano por volta do ano 2000 para cerca de 300 por ano atualmente), o que reflete a atual

compreensão de que este grupo está entre os mais importantes para manutenção da vida dos ecossistemas aquáticos.

O perífiton atua como habitat e refúgio de larvas e juvenis de diversas espécies, sendo responsável por grande parte da produtividade primária, principalmente em lagos rasos, onde contribui com 70% a 85% do seu total (Esteves, 2011). Em rios, a produtividade média é similar e equivale à das macrófitas aquáticas, além de ser importante fonte de carbono orgânico dissolvido (Pusch *et al*, 1998) e particulado. Exerce também papel preponderante como um dos elementos da base da cadeia alimentar, fonte de alimentos para invertebrados e peixes (Vercellino & Bicudo, 2006). Considerando as comunidades presentes em ambientes aquáticos rasos, ele é, por vezes, o principal depósito de carbono orgânico, atuando na mineralização da matéria orgânica, no ciclo dos nutrientes, como modulador químico e na fixação de nitrogênio atmosférico (Esteves, 2011; Pusch *et al*, 1998). Na figura 1.2, observa-se o papel central da comunidade de algas no fluxo de energia de ambientes continentais:

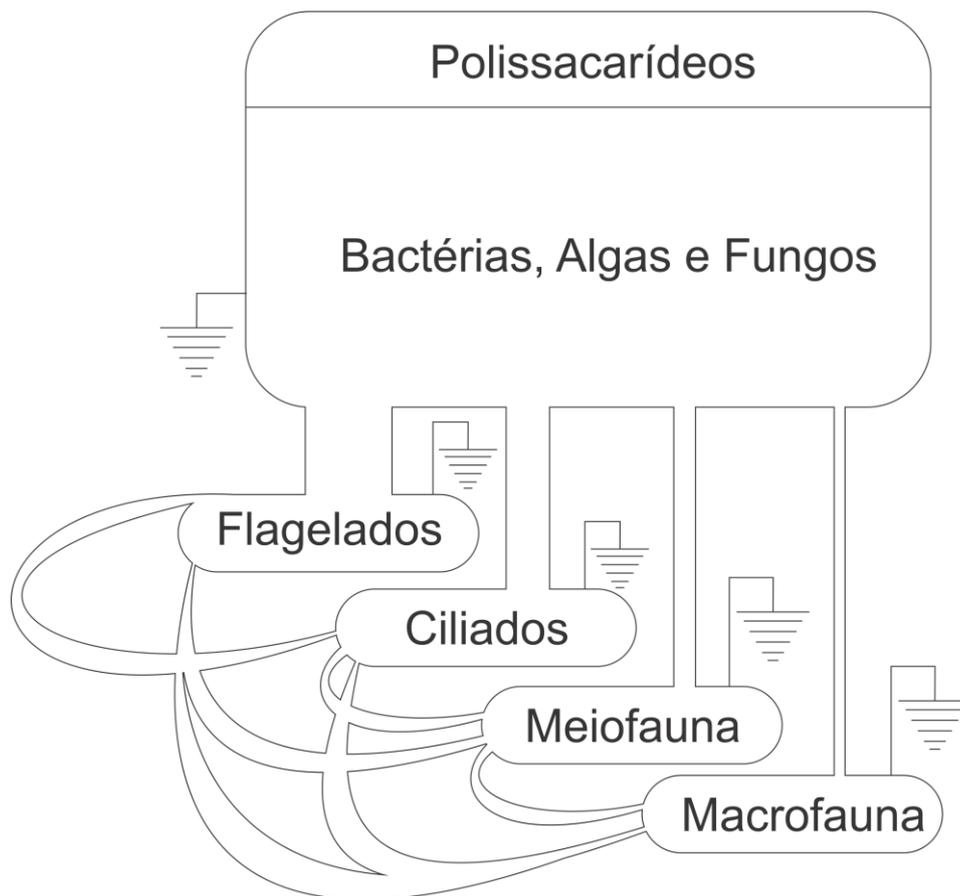


FIGURA 1.2: FLUXO DE ENERGIA NA CADEIA TRÓFICA DE AMBIENTES CONTINENTAIS AQUÁTICOS (O SÍMBOLO DA "TERRA" REPRESENTA A PERDA DE ENERGIA POR RESPIRAÇÃO). EXTRAÍDA DE PUSH ET AL, (1998).

O perifíton pode ser utilizado como um bioindicador da qualidade da água, embora ainda não seja amplamente usado em programas de monitoramento (Barbour *et al.*, 1999). Esta característica reside em: (i) a amostragem é simples, barata e rápida; (ii) é uma comunidade na qual muitos organismos são de vida sésil, portanto, permite registrar impactos localmente; (iii) com curto ciclo de vida e que (iv) reproduz-se rapidamente, o que favorece a percepção de impactos de curto período (Barbour *et al.*, 1999); (v) possui uma grande diversidade de espécies (o que permite captar uma grande variedade de respostas a estressores ambientais, que, muitas vezes, só são observadas indiretamente em comunidades bentônicas ou nectônicas (Barbour *et al.*, 1999; Danilov & Ekelund, 2001; Moschini-Carlos, 1999)); (vi) por ser principalmente um produtor primário, é afetado mais diretamente por fatores físicos e químicos (Barbour *et al.*, 1999); (vii) é uma comunidade conspícua, portanto está distribuída ao longo dos ambientes (Gaiser, 2009) e, principalmente, (viii) por ser sensível a variações ambientais e a substâncias ativas biologicamente, bem como por poder acumular poluentes (pesticidas, nutrientes e metais pesados) (Danilov & Ekelund, 2001; Moschini-Carlos, 1999). As respostas do perifíton podem ser quantificadas no nível individual, de população ou comunidade e produz consequências nos níveis ecologicamente inferiores e superiores, devido a sua substituição na cadeia trófica (Gaiser, 2009).

A importância do perifíton como indicador ambiental pode ser exemplificada durante o processo de enriquecimento por fósforo em um lago, no qual pode-se levar anos para se identificar o aumento da carga nutricional na água, graças aos processos de retirada dos nutrientes desta e acúmulo na camada microbiana. Por outro lado, esta elevação nos níveis de fósforo pode ser detectada imediatamente através da avaliação da concentração do fósforo total no perifíton (Gaiser, 2009).

Por possuir altas taxas reprodutivas e curto período de vida, o perifíton responde rapidamente a estressores ambientais. Assim, amostras dele podem indicar a saúde do sistema naquele momento, como "instantâneos" da qualidade do sistema, não servindo uma única amostra para avaliar impactos ao longo de meses ou estações (Barbour *et al.*, 1999).

Embora ainda incipiente, o uso do perifíton no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais têm aparecido em alguns trabalhos (Fernandes & Esteves, 2003; Gaiser, 2009; Griffith *et al.*, 2005; Guckert *et al.*, 1992; Small *et al.*, 2008).

1.2.4 O perifíton nas atividades econômicas

Algumas técnicas tradicionais de pesca fazem uso de substratos artificiais para a colonização de perifíton e a atração de peixes, melhorando a produtividade de lagos e re-

servatórios (normalmente posicionando troncos de árvores em locais de águas rasas), alguns deles chegando a registrar um acréscimo de oito vezes na produtividade em relação a locais sem este recurso (Azim *et al*, 2002), graças à elevada concentração de algas no biofilme que atraem heterótrofos (microcrustáceos) e capturam matéria orgânica. Estudos têm sido realizados para investigar também o seu uso na piscicultura marinha com bons resultados (Richard *et al*, 2009). Percebe-se, assim, a importância do perifíton para a cadeia trófica dos ambientes aquáticos e o sua importância econômica.

Em tempos de aquecimento global e acelerada degradação ambiental, têm surgido esforços para viabilizar o uso do perifíton na produção de biodiesel e no tratamento de esgotos, que envolvem superar os problemas relacionados principalmente com o desenvolvimento de sistemas de produção em larga escala, o fornecimento de nutrientes e a integridade das colônias (Christenson & Sims, 2011).

O perifíton pode representar também inconvenientes para o homem: pode entupir tubulações de água e filtros; tornar desagradável o sabor da água de reservatórios; corroer comportas, pilares de pontes e cascos de navios; e até tornar alimentos tóxicos, quando coloniza a superfície de hortaliças com Cyanophytas tóxicas provenientes de água de irrigação (Esteves, 2011).

1.2.5 Estudos utilizando substrato artificial

Uma das primeiras decisões que o pesquisador tem que tomar quando deseja conduzir um estudo do perifíton é qual substrato será utilizado. Na literatura se utiliza substratos naturais (folhas e rochas) e artificiais (madeira, vidro, plástico, etc.) (Esteves, 2011), ou uma mescla de ambos os tipos.

O estudo do perifíton, sobretudo enquanto bioindicador, encontra uma série de dificuldades. São principalmente problemas de padronização dos métodos de coleta e amostragem de modo a permitir a comparação dos resultados com os publicados na literatura científica, bem como a dificuldade de se determinar o tempo de colonização de uma comunidade diretamente nos ambientes aquáticos.

Diante disto se propôs a utilização de substratos artificiais, pois estes possibilitam a correção destes problemas. Eles têm uma série de vantagens, como (i) facilidade de aquisição (Esteves, 2011); (ii) possuírem superfície uniforme, o que, entre outras coisas, permite que a determinação da área a ser colonizada e a sua raspagem sejam feitas facilmente; (iii) possibilitam o controle do tempo de colonização do substrato, o que é importante em estudos de sucessão ou outros estudos de longa duração; (iv) permitem a padronização do processo de amostragem; (v) reduz a variabilidade das amostras; (vi) uma vez que eliminam a interferência dos processos de fotossíntese, respiração e excreção das plantas hospedeiras,

eles permitem a realização de estudos comparativos do grau de eutrofização do ambiente (Panitz, 1980 *apud* Moschini-Carlos, 1999, p. 3); (vii) exigem menos habilidade e treinamento dos coletores (Barbour *et al*, 1999); e (viii) podem ser especialmente úteis em estudos laboratoriais, por exemplo, sobre o efeito da herbivoria, da correnteza, e outras variáveis sobre a assimilação de compostos e mecanismos de colonização (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003).

Suas desvantagens são: (i) eles necessitam uma viagem de volta ao local estudado, o que aumenta os custos do estudo, especialmente se a área estudada ficar em regiões distantes; (ii) são suscetíveis a perda, dano ou vandalismo (Barbour *et al*, 1999); (iii) Por não simularem perfeitamente as condições naturais, os resultados de experimentos com substratos artificiais não podem ser adequadamente comparados com aqueles conduzidos com substratos naturais (Esteves, 2011).

Além destes motivos, sugere-se cautela no uso de substratos artificiais, pois seu uso é mais indicado para experimentos e estudos sucessionais, enquanto que o substrato natural é mais indicado para medidas de biomassa, produtividade primária ou composição de espécies, uma vez que são mais precisos para este fim (Aloi, 1990 *apud* Moschini-Carlos, 1999, p. 3). Também foi atestado em experimentos que o perifíton apresenta variabilidade menor dos parâmetros de estrutura de comunidades (biomassa, riqueza e abundância de espécies) em substratos artificiais que nos naturais, graças a maior homogeneidade espacial desses (Barbour *et al*. 1999; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003) e que até a posição relativa à superfície do substrato (posicionado na horizontal, na vertical ou oblíquo) interfere nestas variáveis. As características físicas e químicas peculiares de um substrato artificial também podem favorecer uma determinada espécie ou grupo de organismos, selecionando desta forma as espécies dominantes naquele microhabitat (Barbour *et al*. 1999).

Segundo Pompêo & Moschini-Carlos (2003), ainda é controverso o papel do hospedeiro no desenvolvimento do perifíton. Ainda não se chegou a um consenso sobre impactos positivos ou negativos de um hospedeiro vivo, como uma macrófita aquática, no crescimento de uma colônia.

Para uso do perifíton como bioindicador de qualidade ambiental, se faz necessária a análise da comunidade tanto cultivada em substratos naturais como artificiais, no entanto este uso ainda é muito subjetivo, já que as relações entre os organismos animais e vegetais não estão inteiramente definidas (Wetzel, 1983).

Praticamente qualquer tipo de substrato artificial pode ser usado, desde que seja suficientemente rígido para ser manipulado, preso e raspado. Na literatura se destacam lâminas e tubos de vidro e acrílico (Danilov & Ekelund, 2001; Small *et al*, 2008; Vercellino & Bicudo, 2006; Nayar *et al*, 2005, Richard *et al*, 2009). São substratos muito utilizados e, por-

tanto, fornecem vasta referência para comparação. Segundo Pompêo & Moschini-Carlos (2003), lâminas e tubos de vidro são também acessíveis, baratas, permitem a adesão de grande quantidade de biofilme e a fácil remoção deste, portanto, segundo estes autores, devem ser primeiramente considerados para experimentos. No entanto estes salientam que, entre outros fatores, a rugosidade deve ser considerada na escolha de substratos artificiais.

Estudos com os mais variados substratos já foram feitos: diferentes madeiras (Azim *et al*, 2002, 2003; Danilov & Ekelund, 2001, Richard *et al*, 2009), folhas (Esteves, 2003), mangueiras plásticas (Fernandes & Esteves, 2003), redes plásticas de diferentes malhas (Richard *et al*, 2009), tubos de PVC (Guckert *et al*, 1992).

Há uma grande variedade também em termos de metodologia e objetivos: Azim e colaboradores (2002) utilizaram reservatórios artificiais fertilizados a cada quinze dias e cruzaram os dados de biomassa perifítica com os diferentes substratos utilizados objetivando encontrar soluções para otimizar a criação de peixes em reservatórios; Danilov & Ekelund (2001) testaram a eficiência de três diferentes substratos em lagos de clima temperado em diferentes condições tróficas para o seu uso em biomonitoramento; Fernandes & Esteves (2003) utilizaram dois pontos de uma mesma lagoa, mediram peso seco, índice de Lakatos e índice autotrófico, com o intuito de estudar o perífiton como bioindicador de impactos antrópicos; Richard e colaboradores (2009) investigaram a eficiência de diferentes substratos para o seu uso com alimento para peixes marinhos em tanques artificiais; Small e colaboradores (2008) investigaram as respostas ecológicas e fisiológicas do perífiton quando exposto a urânio em aquários.

A falta de padronização metodológica, bem como o desconhecimento da eficiência dos substratos artificiais, são obstáculos para o uso do perífiton no monitoramento ambiental e encontrar uma solução para este problema é necessário para expandir o seu uso como biomonitor.

Diante do exposto, qual o substrato artificial mais adequado para estudos de biomonitoramento?

Como visto acima, a comunidade perifítica desenvolve-se diferentemente em termos de composição e abundância em diferentes substratos e condições ambientais. Neste experimento considera-se a hipótese de que se há diferença significativa na composição ou no desenvolvimento da comunidade perifítica devida ao seu cultivo em diferentes substratos artificiais, então espera-se que um dos substratos testados tenha melhor desempenho por pelo menos um de três critérios que seguem:

- **Apresente maiores índices de diversidade de espécies:**

A comunidade perifítica incrustante em substratos artificiais apresenta diferenças em termos de diversidade de espécies, biomassa, padrões de crescimento, entre outras,

daquela que cresceu em substrato natural, isso porque os dois tipos de substrato não possuem as mesmas características físicas e químicas (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). A grande heterogeneidade dos substratos naturais, em termos de formatos, rugosidade, propriedades químicas e diferentes graus de interação com o perifíton, faz com que estes apresentem uma grande diversidade de espécies adaptadas às suas características, enquanto que a maior homogeneidade dos substratos artificiais tende a gerar comunidades menos diversas. Além disso, a riqueza de substratos presentes no ambiente faz com que a diversidade deste seja maior do que qualquer um, natural ou artificial, isoladamente. Estes fatos impossibilitam a comparação precisa entre os dois tipos e acrescenta ainda mais complexidade à questão de qual substrato artificial é o melhor. Para respondê-la considerou-se neste trabalho que quanto maior a diversidade de espécies incrustante colonizando o substrato artificial, mais representativa esta comunidade seria da diversidade ambiental. Diante desta afirmação, a diversidade de espécies parece uma forma apropriada de se determinar qual dos substratos estudados é o mais eficiente, uma vez que, como se deseja identificar características ambientais a partir do perifíton, quanto mais semelhante for a comunidade incrustada em substrato artificial daquela encontrada naturalmente, melhor.

- **A comunidade incrustada nele alcance a maturidade em menos tempo:**

O tempo de colonização é um fator importante para o gerenciamento de recursos naturais ameaçadas pois significa um atraso entre a geração de dados e a tomada de decisão que pode levar aos esforços de preservação. Quanto antes a análise produzir dados, mais rapidamente as decisões poderão ser tomadas, o que pode ser crucial para a sobrevivência destes ambientes.

- **Que apresente maior facilidade de uso:**

Um fator importante que costuma ser negligenciado em estudos sobre substratos artificiais é a facilidade de uso. A agilidade e rapidez da análise são importantes para fins de biomonitoramento pois podem reduzir a quantidade de erros, economizar tempo e dinheiro (muitas vezes dinheiro público).

Deste modo este substrato apresentar-se-ia como o mais eficiente para fins de biomonitoramento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Este trabalho objetiva avaliar a eficiência de três substratos artificiais selecionados pelos critérios de acessibilidade e baixo custo (palitos de madeira, lixa de papelão e areia,

lâminas de vidro e lâminas cortadas de garrafas produzidas com politereftalato de etila (PET)), como substrato para o cultivo de perifíton em estudos de monitoramento ambiental.

1.3.2 Específicos

Avaliar se há diferença entre os índices de diversidade de espécie relacionada ao tipo de substrato. Avaliar se a comunidade incrustada em algum tipo de substrato alcança a maturidade mais cedo do que aquelas em outros tipos. Avaliar os problemas relacionados a facilidade de uso característicos de cada tipo de substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS ESTUDADAS

Como áreas de estudo, foram escolhidas três lagoas costeiras presentes no litoral baiano: Lagoa de Juncos ($12^{\circ}55'12.37''S$, $38^{\circ}19'25.27''O$), Lagoa Vitória-Régia ($12^{\circ}55'2.29''S$, $38^{\circ}19'8.20''O$), nos limites da cidade de Salvador, e Lagoa de Dunas ($12^{\circ}48'10.79''S$, $38^{\circ}13'9.48''O$), no município de Camaçari (Figuras 2.1 e 2.2). Estas três foram escolhidas para este experimento por apresentarem diferentes graus de impacto antrópico e por estarem submetidas ao mesmo regime pluviométrico. Segundo da Silva *et al.* (2000) a região caracteriza-se por clima tropical úmido e apresenta uma estação seca que vai de setembro a fevereiro e uma estação chuvosa que vai de abril a agosto.

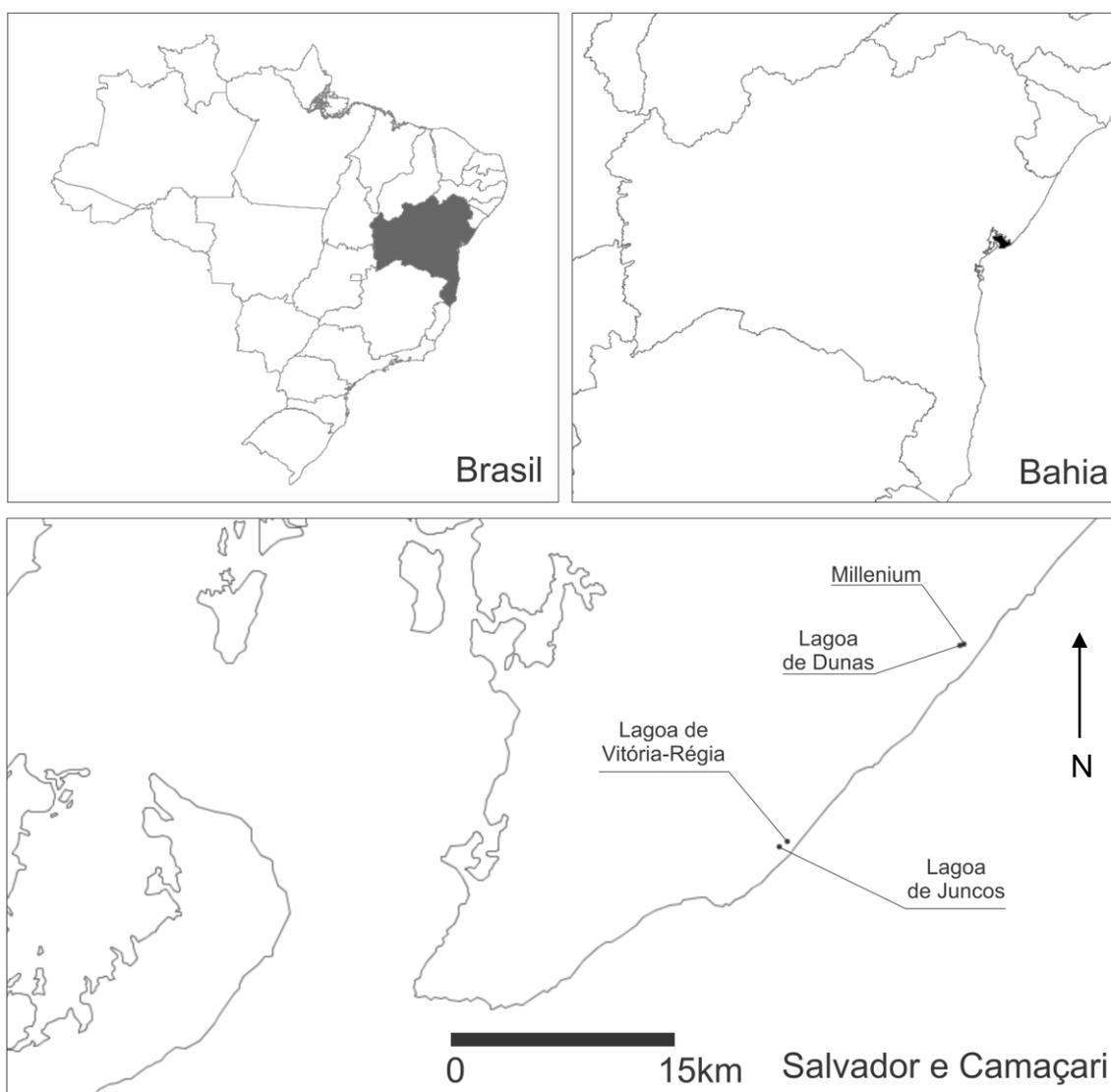


FIGURA 2.1: LOCALIZAÇÃO DAS TRÊS LAGOAS ESTUDADAS E DA FÁBRICA MILLENIUM.

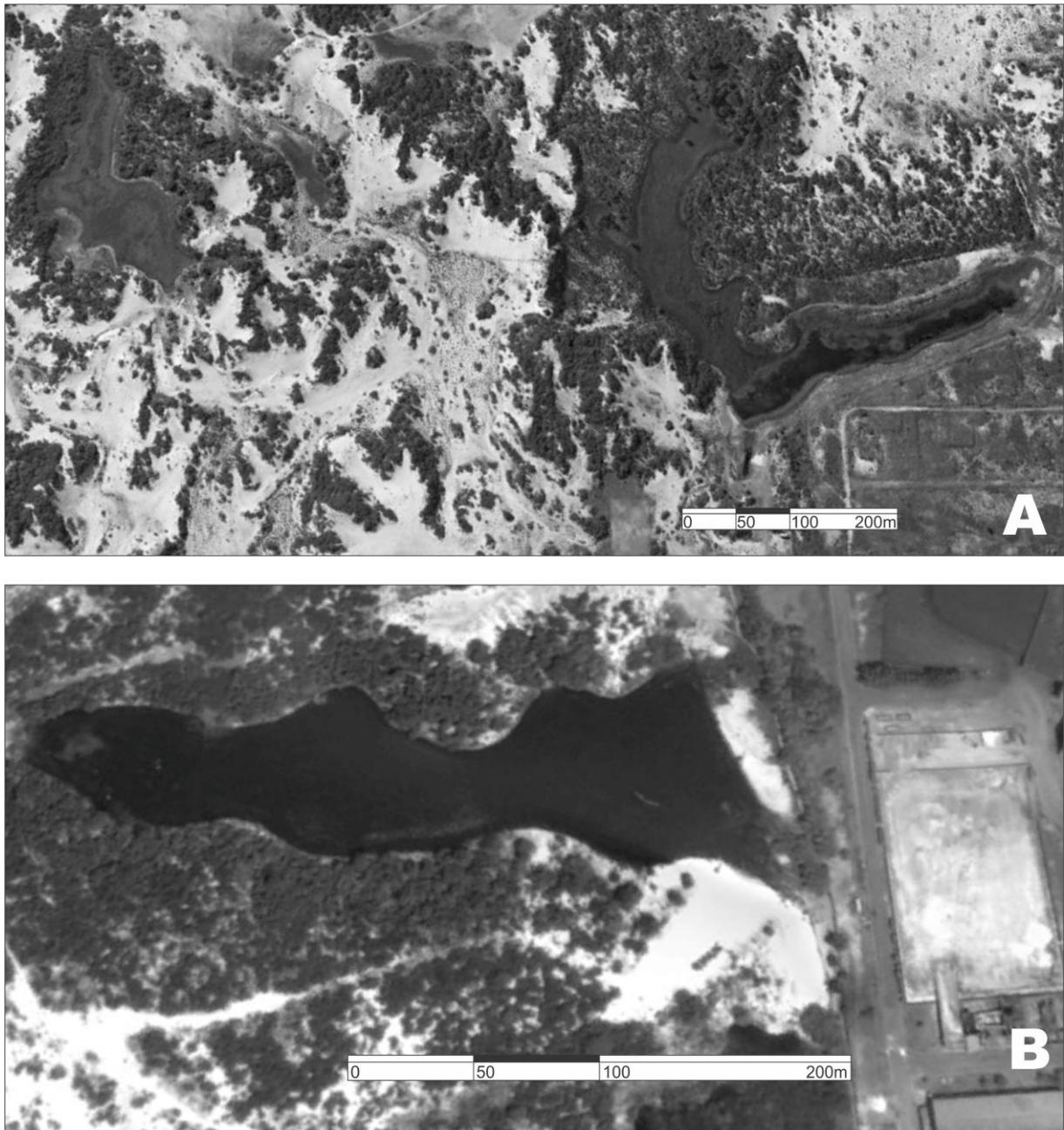


FIGURA 2.2: FOTOS DE SATÉLITE DAS TRÊS LAGOAS ESTUDADAS. (A) LAGOA DE JUNCOS À ESQUERDA E LAGOA VITÓRIA-RÉGIA À DIREITA. (B) LAGOA DE DUNAS À ESQUERDA E INDÚSTRIA MILLENIUM A DIREITA. FONTE GOOGLE EARTH: IMAGENS DE SATÉLITE PRODUZIDAS NO DIA 11 DE JANEIRO DE 2008, CUJO PONTO DE VISÃO ESTÁ A UMA ALTITUDE DE 1,09 KM.

Os dois primeiros ambientes (as lagoas de Juncos e Vitória-Régia) se localizam na cidade de Salvador, dentro da mesma área de preservação permanente conhecida (o Parque das Dunas) e distam cerca de 530 metros. A cobertura vegetal da área está no domínio da Mata Atlântica e é caracterizada como área de restinga, vegetação adaptada a solos a-

renosos e a água salgada (Assumpção & Nascimento, 2000; Queiroz, 2007), que tem sido mantida razoavelmente bem preservada dos impactos humanos mais comuns, a despeito da expansão urbana, que é a maior ameaça as áreas de restinga no litoral norte da Bahia (Queiroz, 2007). A vegetação inclui campos de gramíneas, moitas de arbustos, mata fechada e diversas espécies aquáticas. Convivem ali espécies típicas da Mata Atlântica e da restinga, bem como da Caatinga e do tabuleiro litorâneo. No total existem mais de 100 espécies arbóreas no parque. Sua fauna, também rica, apresenta diversas espécies de aves (como corujas, gaviões e beija-flores) e de mamíferos (como morcegos, gambás e saguis) (Parque das Dunas, 2013).

A lagoa de Dunas é um corpo d'água raso e estreito, formado por uma depressão entre as dunas e o Oceano Atlântico (Araújo et al, 2008) e se encontra no município de Camaçari, zona metropolitana de Salvador, a cerca de 600 m do mar, a menos de 100 m da Millenium Inorganic Chemicals do Brasil (antiga Tibrás), uma indústria de beneficiamento de enxofre, e a pouco mais de 16 Km de distância das outras duas lagoas estudadas.

Desde a sua instalação em 1971, mas sobretudo na segunda metade dos anos 80, as despejos de resíduos de enxofre, ferro, dióxido de titânio e ilmenita desta indústria, contaminaram o lençol freático e as águas superficiais reduzindo o pH da lagoa para 1,8 e elevando a concentração de ferro dissolvido e sulfato, provocando a precipitação dos ácidos húmicos e extinguindo a comunidade biológica local (da Silva et al, 2000). No início dos anos 1990 foi conduzido um programa de reabilitação da lagoa, que consistiu em parte na remoção dos contaminantes e no bombeamento do lençol freático, e que foi seguido por um programa de biomonitoramento (Araújo et al, 2006; Da Silva et al, 2000). Dunas encontra-se hoje em estado avançado de recuperação, com o pH crescente de suas águas e um número cada vez maior de espécies e interações ecológicas (Araújo et al, 2013).

2.2 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

2.2.1 Seleção, avaliação e preparação dos substratos

Os substratos usados no experimento foram selecionados em função do baixo custo e facilidade de obtenção dos mesmos, como era o objetivo do projeto de pesquisa: quais seriam alternativas viáveis e baratas de substratos artificiais para o monitoramento de ambientes aquáticos utilizando as algas perifíticas como indicadores de impacto. Além do baixo custo e de grande facilidade de obtenção, outro critério importante na seleção dos substratos foi a rugosidade. Depois de se considerar diversas possibilidades, levando em conside-

ração a percepção intuitiva sobre a rugosidade, a facilidade de sua obtenção no mercado e seu baixo custo, foi decidido que seriam usadas lâminas destes quatro tipos de substratos: lâminas cortadas de garrafas PET, palitos de madeira, lixas feitas de papelão e areia e lâminas de vidro, que, como foram amplamente usadas em diversos trabalhos de outros autores, permitiriam a comparação entre os resultados deste estudo e de outros experimentos (figura 2.3). Em termos de custo, os substratos propostos aqui são equiparáveis (lâminas para microscopia custam em média R\$ 4,00 a caixa com 50 unidades em lojas especializadas, palitos de sorvete custam em torno de R\$ 7,00 o cento e as lixas de unha cerca de R\$ 5,00 o cento). No que concerne à acessibilidade, todos são relativamente acessíveis, no entanto o substrato PET apresenta um viés de reciclagem, o que é positivo tanto em termos financeiros como ambientais.

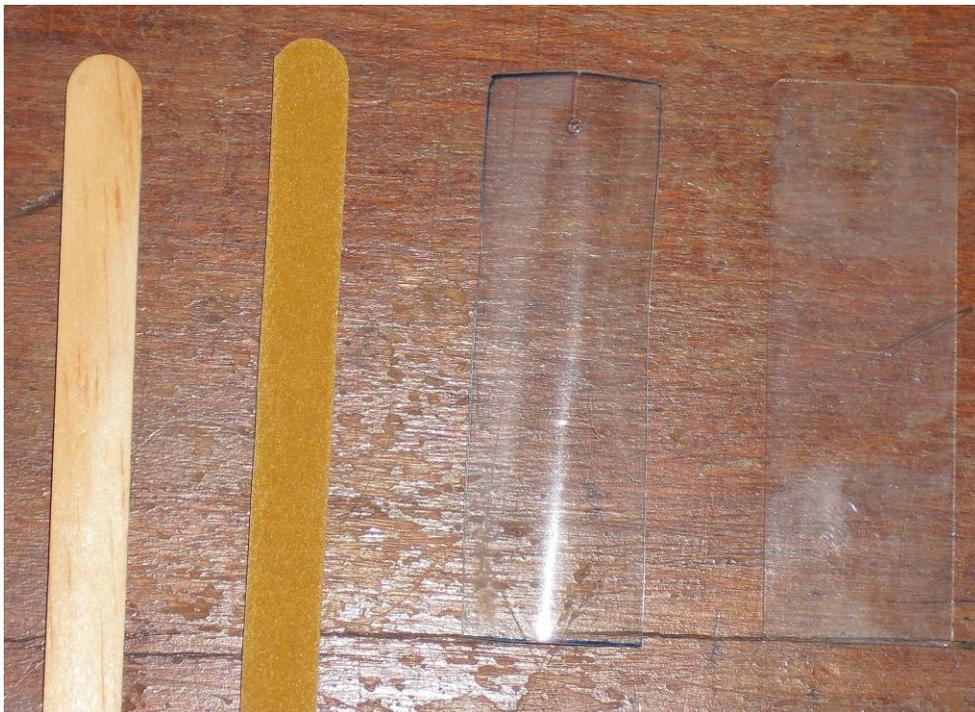


FIGURA 2.3: FOTOGRAFIA DAS LÂMINAS USADAS NO EXPERIMENTO (DA ESQUERDA PARA A DIREITA: PALITO DE SORVETE, LIXA DE UNHA, LÂMINA PET E LÂMINA DE VIDRO)

A rugosidade de cada substrato foi determinada através do exame do perfil de dez réplicas de cada substrato. A imagem ampliada 25 vezes em um microscópio estereoscópico (Opton) de cada substratos foi fotografada (câmara Canon Powershot A630) e, a partir das fotografias, foram medidos os comprimentos de cada lâmina (CO) e a distância linear de suas superfícies (DL), que inclui todas as suas ranhuras, com o auxílio do software ESRI ArcGis 9.3; com estes valores, calculou-se o coeficiente de rugosidade ($CR = DL/CO$) de cada lâmina (conforme figura 2.4). Do estudo desta fórmula se percebe que o coeficiente de

rugosidade é um valor adimensional e um número real positivo, que é igual a 1, quando o substrato é liso, e que é maior que 1 quando o substrato apresenta rugosidades.

Com o auxílio de uma caneta marcadora permanente, foi delimitada uma área retangular de 3,25 cm² em cada uma das lâminas. Desta área foram raspadas as comunidades incrustantes após a incubação das lâminas.

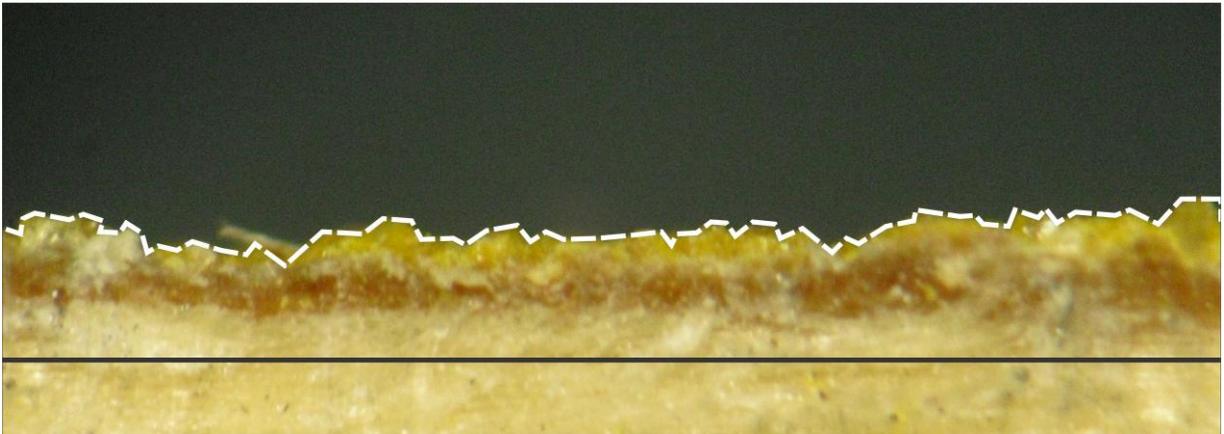


FIGURA 2.4: RECORTE DO SUBSTRATO "LIXA" MOSTRANDO O TRAÇO DEFINIDO COMO COMPRIMENTO DA LÂMINA (CO - LINHA CHEIA PRETA) E AQUELE REPRESENTANDO O RELEVO DELA (DL - LINHA TRACEJADA BRANCA).

2.2.2 Confeção das boias

Em seguida foram desenvolvidas as boias que manteriam as lâminas de cultivo em um ponto e a uma determinada profundidade em cada lagoa estudada. Voltando à meta de encontrar soluções baratas, foi estudada uma forma de se confeccionar as boias com materiais reciclados e, depois de alguns rascunhos, chegou-se a um desenho, que consiste em uma haste feita de antigos cabides de roupas presa entre duas garrafas de refrigerante de dois litros de capacidade e transparentes, de modo a minimizar o sombreamento sobre os substratos (figura 2.5). Nessa haste principal foi presa por fios de *nylon* outra haste menor (um fio de cobre encapado) e nesta foram presas as lâminas, também por fios de *nylon*, estes muito curtos, de modo a prevenir que os fios se embarçassem. O formato da boia permitiria que os substratos fossem retirados a cada coleta sem que os demais fossem retirados da água e também que ela fosse facilmente fundeada por um barbante encerado preso a um tijolo.

Foi definido que seriam amostrados três pontos de cada lagoa (totalizando assim nove boias) a serem definidos posteriormente. Cada conjunto comportando os quatro tipos de substrato, cada substrato com quatro lâminas, que seriam coletadas semanalmente.



FIGURA 2.5: (A) BOIA ANTES DE SER POSICIONADA. (B) DESTAQUE DAS LÂMINAS DE CULTIVO.

2.3 METODOLOGIA DE CAMPO

O experimento foi incubado na lagoa de Dunas no dia 21 de fevereiro de 2011 e nas lagoas de Vitória Régias e de Juncos no dia 22 do mesmo mês. Foram definidos aleatoriamente três pontos de amostragem na zona litoral de cada uma das três lagoas onde deveriam ser colocadas as boias, de modo a que elas se mantivessem a uma distância de no mínimo dez metros entre as mesmas. As boias foram cuidadosamente posicionadas e os fios ajustados para que as lâminas ficassem dispostas verticalmente no ambiente a uma profundidade de 20 cm e então o conjunto foi fundeado.

As coletas foram feitas com 7, 14, 21 e 28 dias de colonização. A cada retirada, foi coletado um exemplar de cada um dos quatro diferentes tipos de substrato de cada ponto de amostragem de cada lagoa. As áreas demarcadas de cada lâmina foram cuidadosamente escovadas, usando escovas de dente de cerdas macias. A área escovada foi lavada com jatos de água destilada, recolhendo o material escovado num copo descartável. Os conteúdos foram então acondicionados em frascos plásticos identificados, preservados com *transeau* e, então, conduzidos à UFBA.

Foram coletadas no dia em que as boias foram posicionadas amostras de perífiton raspados de substratos naturais (troncos e folhas) encontrados em cada lagoa. Os substratos foram raspados com escovas sobre uma bandeja e ao conteúdo foram adicionadas água destilada e solução de *transeau* como preservante. As amostras foram, então, acondiciona-

das em garrafas plásticas identificadas e conduzidas ao laboratório. O propósito desta primeira coleta foi o de permitir a identificação dos organismos presentes nas lagoas sem que para isso fossem utilizadas as amostras incubadas, uma vez que estas seriam de pequeno volume.

2.4 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

No laboratório, os conteúdos dos frascos das amostras do experimento e dos substratos naturais foram colocados para decantar, então se retirou o sobrenadante de modo a concentrar todas as amostras. As amostras do experimento ficaram com o volume final de 5 ml cada.

Parte da amostra oriunda de substrato natural foi oxidada (para a identificação de diatomáceas) e foram preparadas lâminas de microscopia úmidas e permanentes de acordo com (Barbour *et al*, 1999) para a identificação da comunidade perifítica. Nesta etapa foram utilizados como referências Aparecida & Rodrigues, 2008; Delazari-barroso *et al*, 2007; Faria *et al*, 2010; Ferragut *et al*, 2005; Oliveira *et al*, 2010; Sant'Anna *et al*, 2007.

Após a identificação, os organismos presentes em cada substrato foram contados com o auxílio de uma câmara Sedgewick Rafter, de acordo com Hötzel e Croome (1999), para estimar-se a representação percentual entre as espécies utilizou-se um aumento de 200 vezes num microscópio ótico Olympus CX-41. Os organismos de vida solitária e os coloniais foram enumerados até cerca de quinhentos indivíduos por amostra. Foi então registrada a quantidade de cada espécie encontrada e o total de segmentos da câmara que foram observados.

A concentração de organismos, expressa em células/cm², em cada amostra foi definida pela fórmula:

$$\text{Fórmula 2.1: Concentração} = ((NT \times NC/NTC) \times VA / VL) / AR$$

na qual:

- NT = número de células contadas
- NC = número de espaços contados na câmara de Sedgewick Rafter.
- NTC = número total de espaços na câmara de Sedgewick Rafter.
- VA = volume da amostra.
- VL = Volume da alíquota utilizada na contagem.
- AR = área do substrato de onde foi raspada a amostra de perifíton.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para se comparar o desempenho dos diferentes substratos utilizados, os resultados passaram pela análise do índice de diversidade de Shannon-Wiener sem nenhuma transformação para cada amostra, que foram então reordenados por substrato e por semana de coleta. Foi calculada a média aritmética da diversidade de cada semana de cada substrato, a média aritmética do total das amostras de cada substrato e a medida de dispersão escolhida para os dados foi o desvio absoluto médio. Foram feitos testes de análise de variância (*one way ANOVA*) para se comparar o desempenho de cada substrato em cada semana e os coeficientes de rugosidade.

As análises foram feitas com os programas Primer versão 5.2.9, a linguagem de programação R versão 3.0.1, com o auxílio do programa RStudio versão 0.97.551, e Microsoft Excel 2007. Os gráficos de dispersão e de setores foram feitos através do programa Microsoft Excel 2007 e o mapa conceitual simplificado do delineamento de todo o experimento foi desenvolvido com o auxílio do programa Cmaps Tools versão 5.05.01 e pode ser visto nas figuras 2.6 e 2.7.

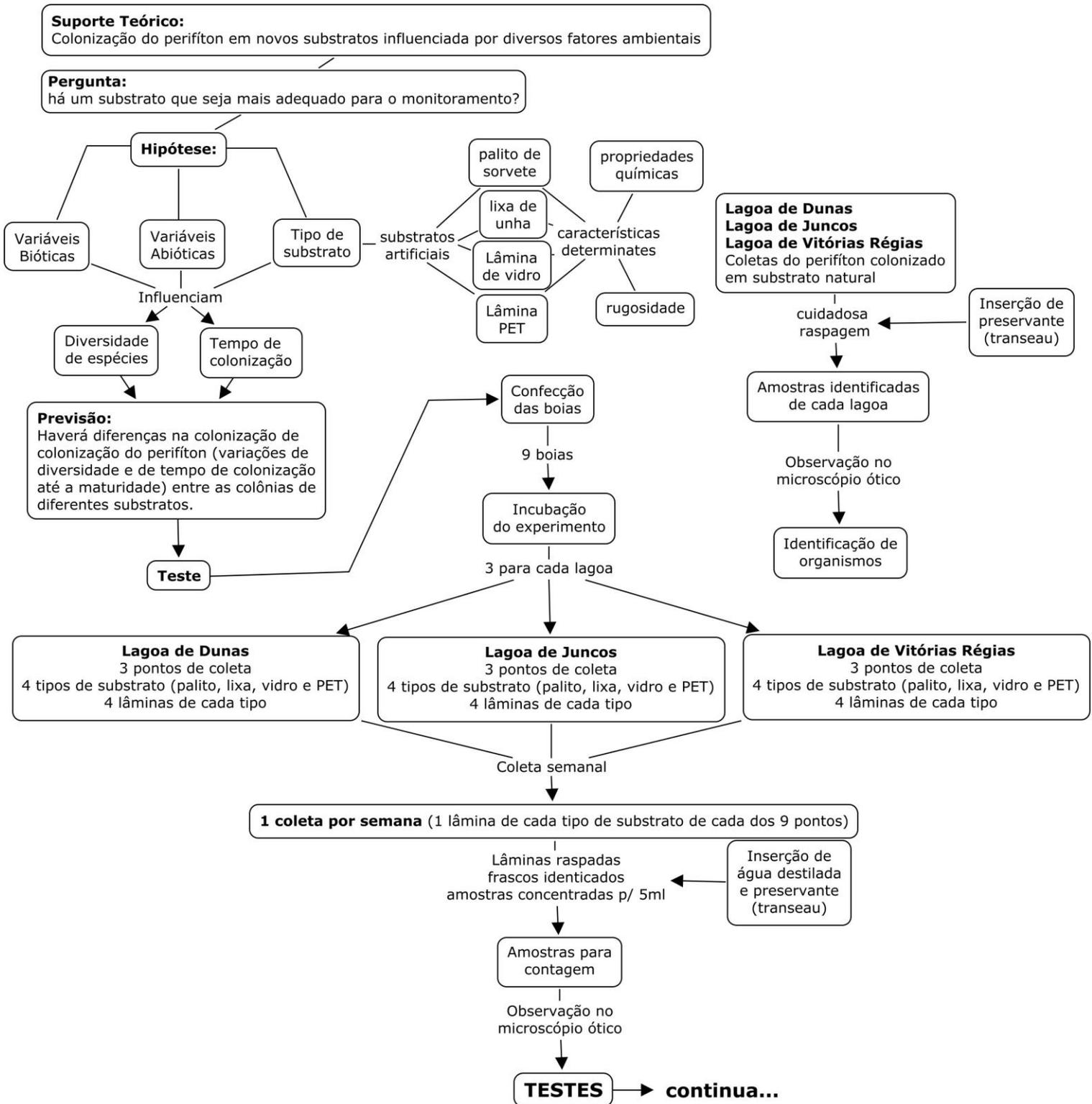


FIGURA 2.6: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL SIMPLIFICADO PARTE 1

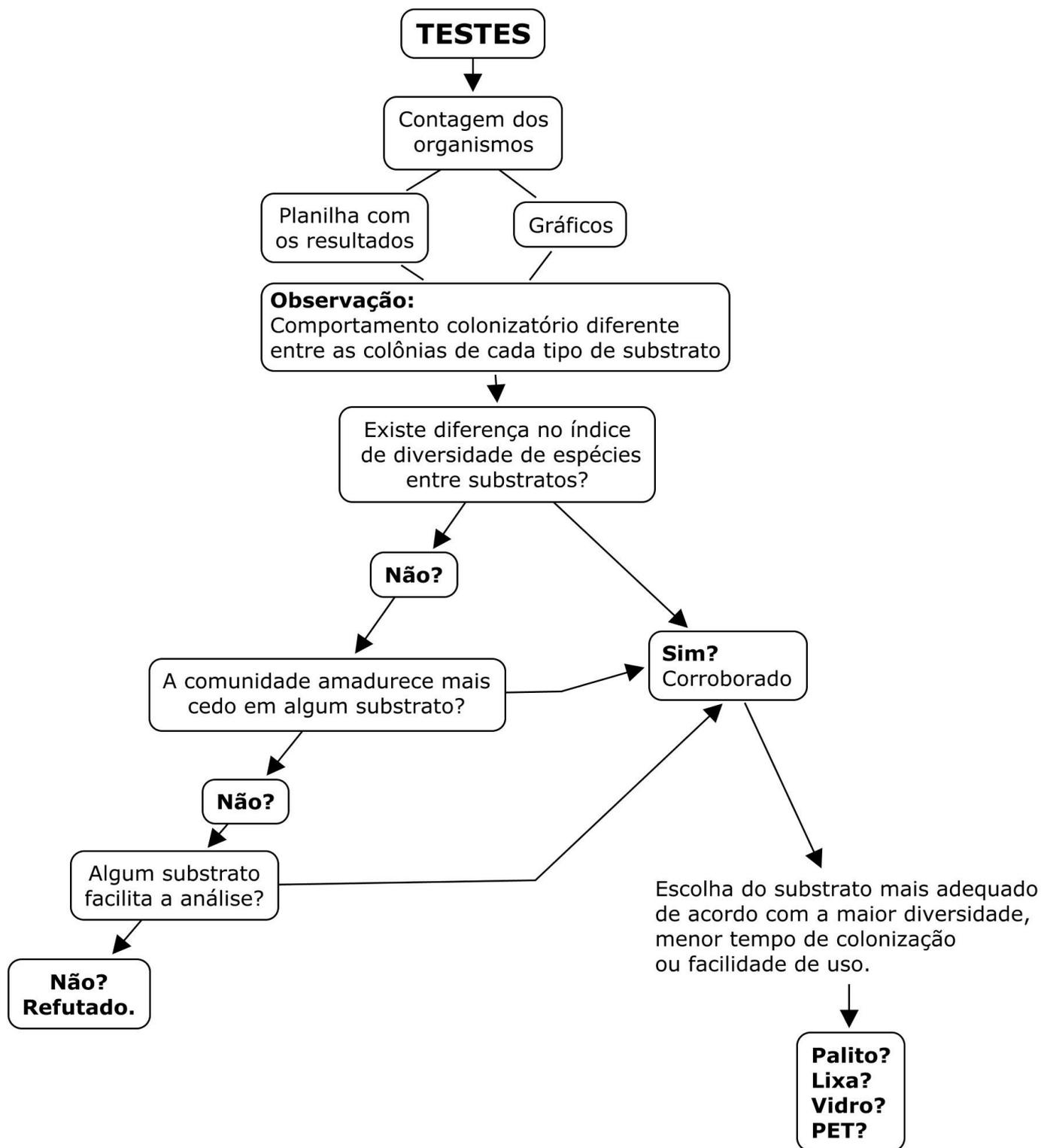


FIGURA 2.7: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL SIMPLIFICADO PARTE 2

3 RESULTADOS

3 RESULTADOS

3.1 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE DOS SUBSTRATOS

A partir do índice de rugosidade estabeleceu-se a seguinte ordem decrescente de rugosidade: lixa, palito, vidro e PET (Tabela 3.1), estes dois últimos sendo considerados como lisos. A tabela 3.1, abaixo, exhibe as médias aritméticas dos coeficientes de rugosidade de cada tipo de substrato. Os dados para todas as réplicas podem ser facilmente vistos na Figura 3.1.

Não foi possível determinar através do método utilizado a rugosidade dos substratos mais lisos (lâminas de vidro e lâminas de garrafa PET) sendo, portanto, tomado o valor de aproximadamente um para o coeficiente deles. A tabela com os dados completos pode ser encontrada no Apêndice um.

TABELA 3.1: MÉDIA DOS COEFICIENTES DE RUGOSIDADE CALCULADOS PARA CADA UM DOS TIPOS DE SUBSTRATO.

	Palito	Lixa	Vidro	PET
Rugosidade	1,10	1,28	1,00	1,00

O teste a análise de variância (ANOVA) revelou uma diferença significativa entre as médias do coeficiente de rugosidade entre os substratos ($F=16,001$; $P<0,001$). O mesmo teste também encontrou diferença significativa quando comparando apenas os dois substratos mais rugosos ($F=6,861$; $F=0,017$).

Assim foi possível identificar dois grupos: substratos rugosos (palito de sorvete e lixa de unha, rugosidade média de 1,10 e 1,28, respectivamente) e os substratos lisos (lâmina de vidro e de garrafa PET).

3.2 COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES CULTIVADAS: COMPARAÇÃO ENTRE LAGOAS, SEMANAS E SUBSTRATOS

No cômputo de todas as amostras observadas, foram contados indivíduos de 177 taxa de algas perifíticas, 117 destas foram identificadas apenas no nível de grande grupo, 23 foram identificadas no nível de gênero e 37 no nível de espécie. Foram encontrados indivíduos de cinco grandes grupos: as divisões Chlorophyta (algas verdes), Bacillariophyta (di-

atomáceas), Cyanophyta (cianobactérias), Dinophyta (dinoflagelados) e Euglenophyta (euglenas).

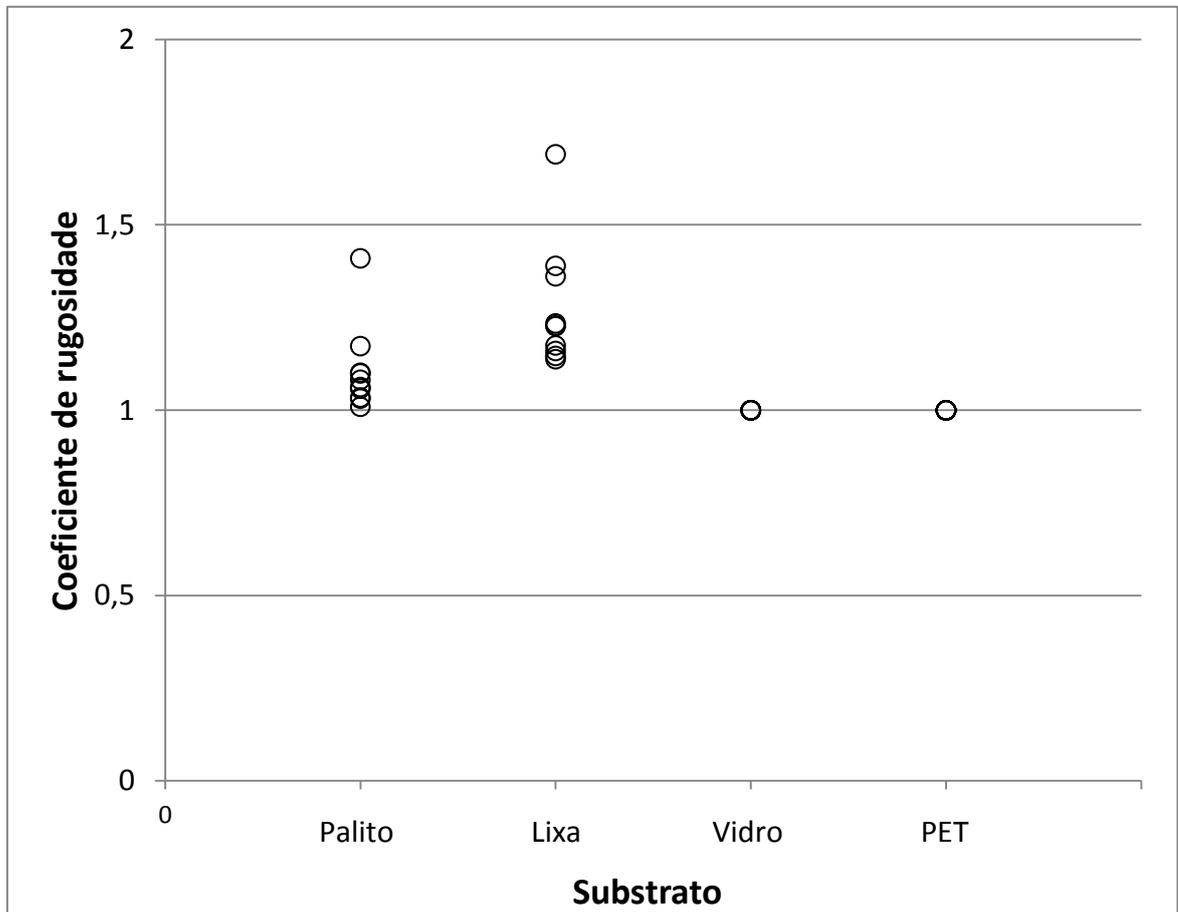


FIGURA 3.1: COEFICIENTES DE RUGOSIDADE PARA 10 RÉPLICAS DE CADA UM DOS SUBSTRATOS TESTADOS.

Considerando todas as amostras contadas, observou-se a dominância de indivíduos da divisão Chlorophyta, seguida pela Bacillariophyta e pela Cyanophyta, com abundância relativa muito mais baixa para as outras duas divisões, conforme Figura 3.2 abaixo:

Abundância relativa dos grandes grupos em todas as amostras

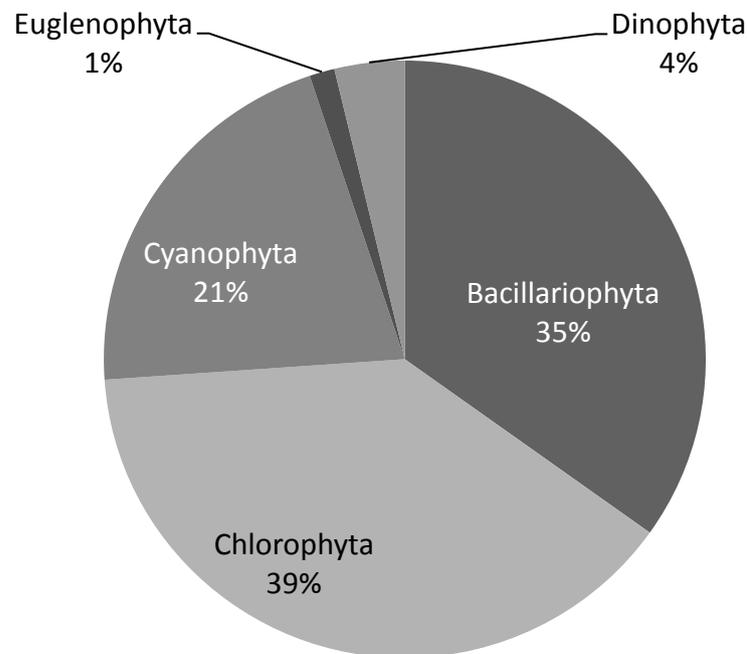


FIGURA 3.2: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS.

Quando se compara os dados de cada lagoa, verifica-se um amplo domínio das Chlorophyta nas lagoas de Dunas e de Juncos (47% e 49%, respectivamente), no entanto são as Bacillariophyta e Cyanophyta (47% e 28%, respectivamente) que predominam na lagoa de Vitória-Régia (Figuras 3.3):

Comparando-se a abundância relativa das divisões entre os substratos estudados, percebe-se que há uma diferença na dominância relacionada ao grau de rugosidade: nos substratos rugosos (palitos de sorvete e lixas de unha) foram dominados por indivíduos da divisão Bacillariophyta. Já nas amostras provenientes dos substratos lisos (lâminas de vidro e lâminas de PET) foi a divisão Chlorophyta a mais abundante (Figuras 3.4).

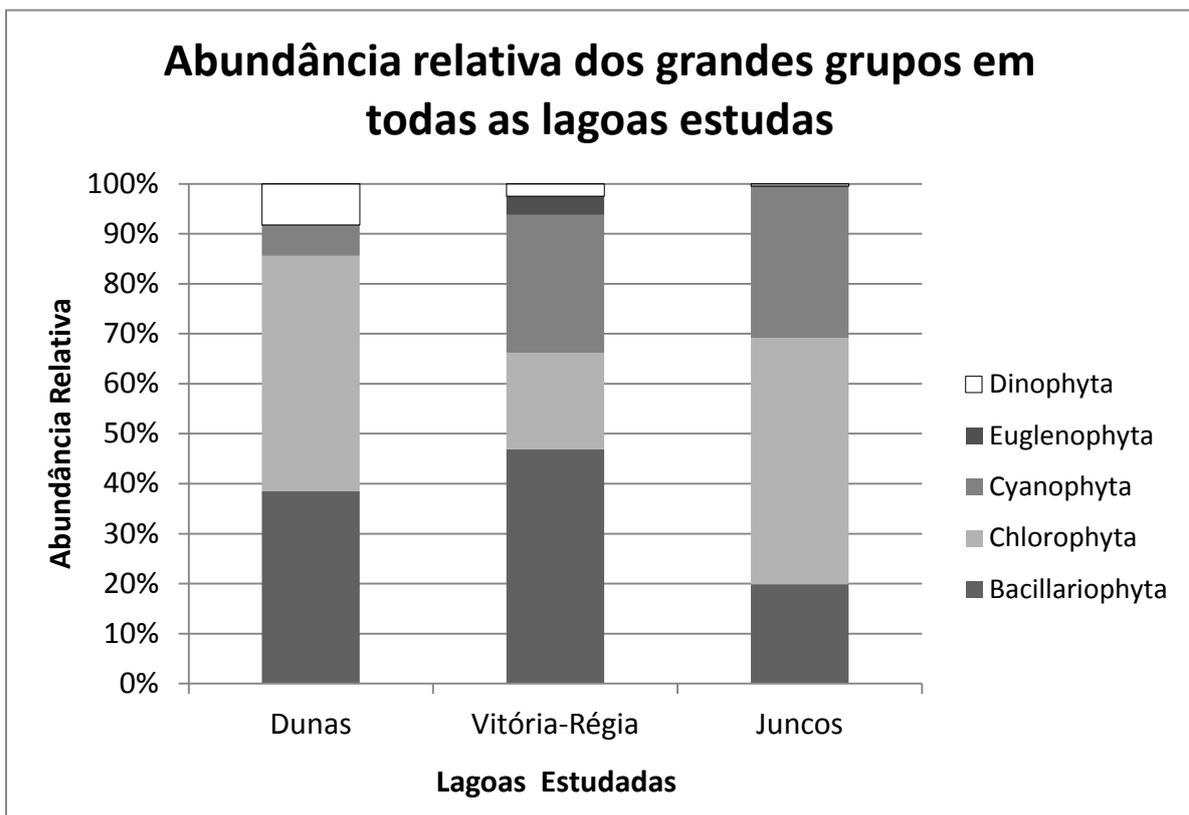


FIGURA 3.3: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DAS LAGOAS DE DUNAS, JUNCOS E VITÓRIA-RÉGIA.

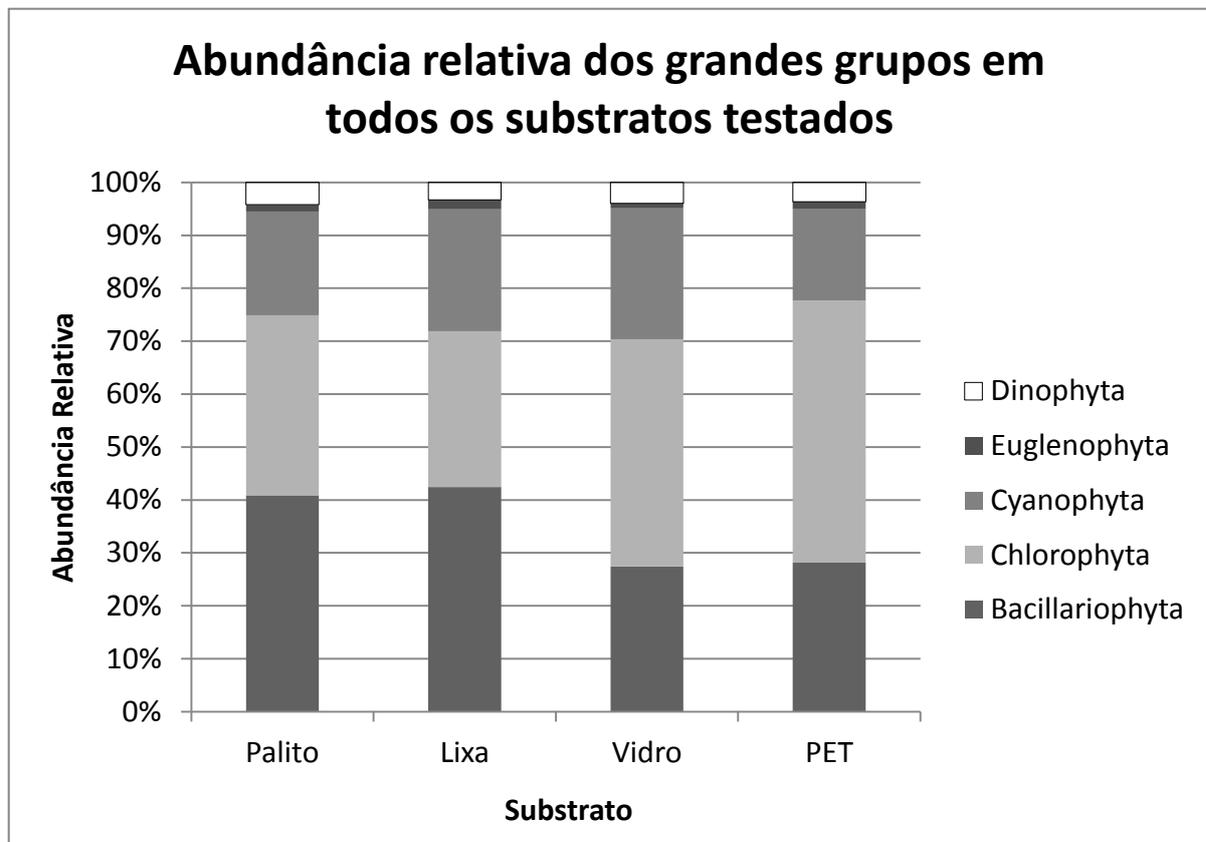


FIGURA 3.4: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DOS SUBSTRATOS "PALITO", "LIXA", "VIDRO" E "PET"

Na figura 3.5, abaixo, pode-se ver o desenvolvimento das abundâncias relativas ao longo das quatro semanas do experimento. Considerando todas as amostras, na primeira semana os três grupos dominantes (Chlorophyta, Bacillariophyta e Cyanophyta) se distribuem de forma quase homogênea, mas ao longo do tempo, à medida que as comunidades amadurecem, a abundância relativa da divisão Chlorophyta cresce continuamente até se estabilizar em 43%, tornando-se o grupo mais abundante. A abundância relativa da divisão Bacillariophyta oscila ao longo do experimento em torno de 35%, enquanto a divisão Cyanophyta decresce continuamente ao longo do experimento, de 29% para 15%:

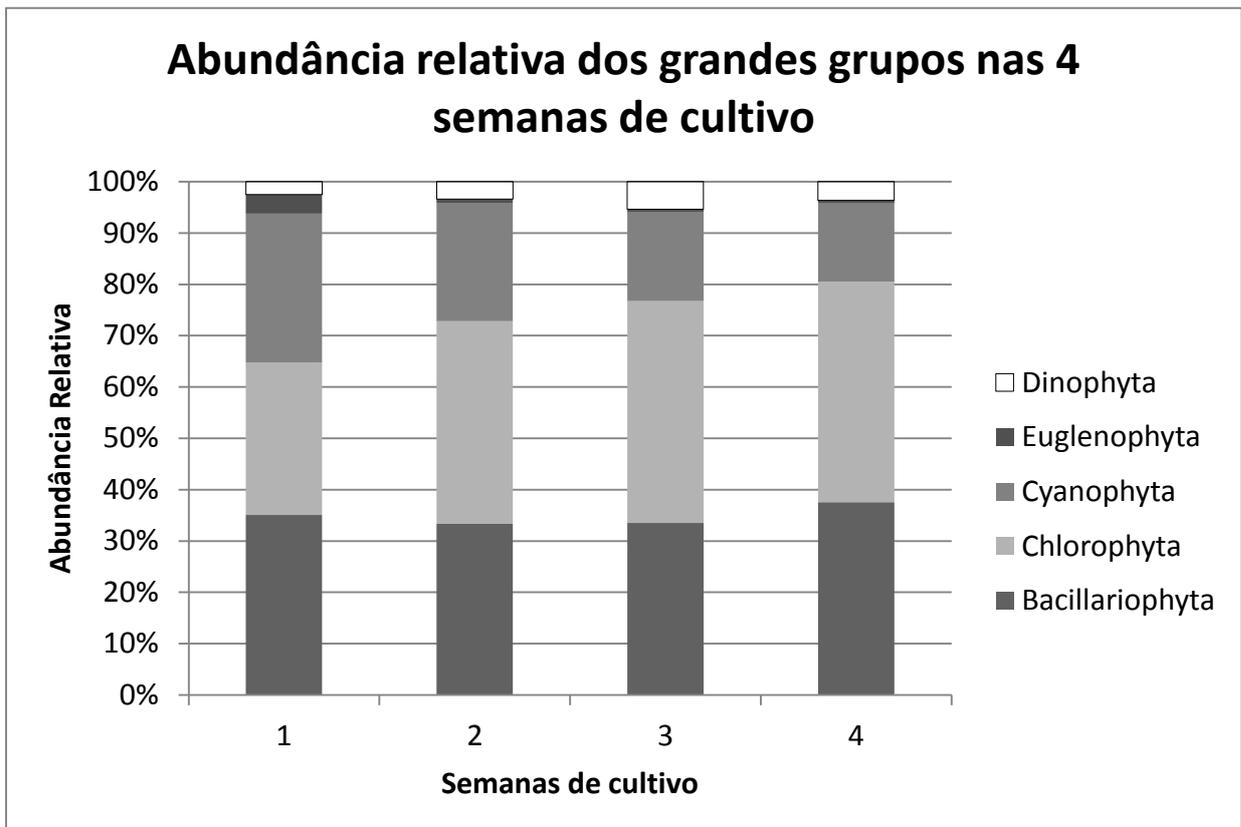


FIGURA 3.5: ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS DIVISÕES DE MICROALGAS PERIFÍTICAS ENCONTRADAS NO CÔMPUTO DE TODAS AS AMOSTRAS DAS QUATRO SEMANAS DO EXPERIMENTO

As tabelas com os dados completos de abundâncias podem ser encontradas no Apêndice dois.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS SUBSTRATOS

As médias aritméticas das concentrações de organismos das amostras cultivadas em cada substrato nas quatro semanas de experimento podem ser vistas na tabela 3.2.

TABELA 3.2: MÉDIA DA DENSIDADE CELULAR PARA CADA SUBSTRATO (ORGANISMOS/CM²).

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
Palito	8.352	10.745	10.019	18.625	11.935
Lixa	6.270	13.452	9.178	14.235	10.784
Vidro	3.852	9.984	13.884	20.493	12.503
PET	5.460	18.944	20.280	17.896	15.645

Estes dados se referem à densidade de algas (solitárias e coloniais) contadas em cada amostra e calculadas conforme a fórmula 2.1. Comparando-se estes valores obtém-se a Figura 3.6.

Pela análise desta figura pode-se verificar que ha uma tendência de crescimento na concentração de células colonizando o substrato ao longo das quatro semanas de colonização: os substratos rugosos tiveram valores maiores que os lisos na primeira semana e continuaram maiores na segunda semana. A partir da terceira semana a tendência se inverteu e os lisos apresentaram maiores concentrações, uma vez que os rugosos sofreram uma redução. Na última semana, todos os substratos, com a exceção apenas do "PET", voltaram a apresentar valores mais elevados de densidade, alcançando seus valores máximos, e todos, com a exceção de "Lixa", ficaram com valores muito próximos. "PET" foi o substrato que apresentou a maior média nos valores de concentração de organismos considerando-se as quatro semanas. Os demais substratos tiveram médias mais próximas. Os substratos rugosos apresentaram menor variabilidade nos dados em termos de desvios absolutos médios (3345 organismos/cm² no substrato "Palito" e 3059 organismos/cm² no "Lixa") que os lisos (5135 organismos/cm² no substrato "Vidro" e 5093 organismos/cm² no substrato "PET").

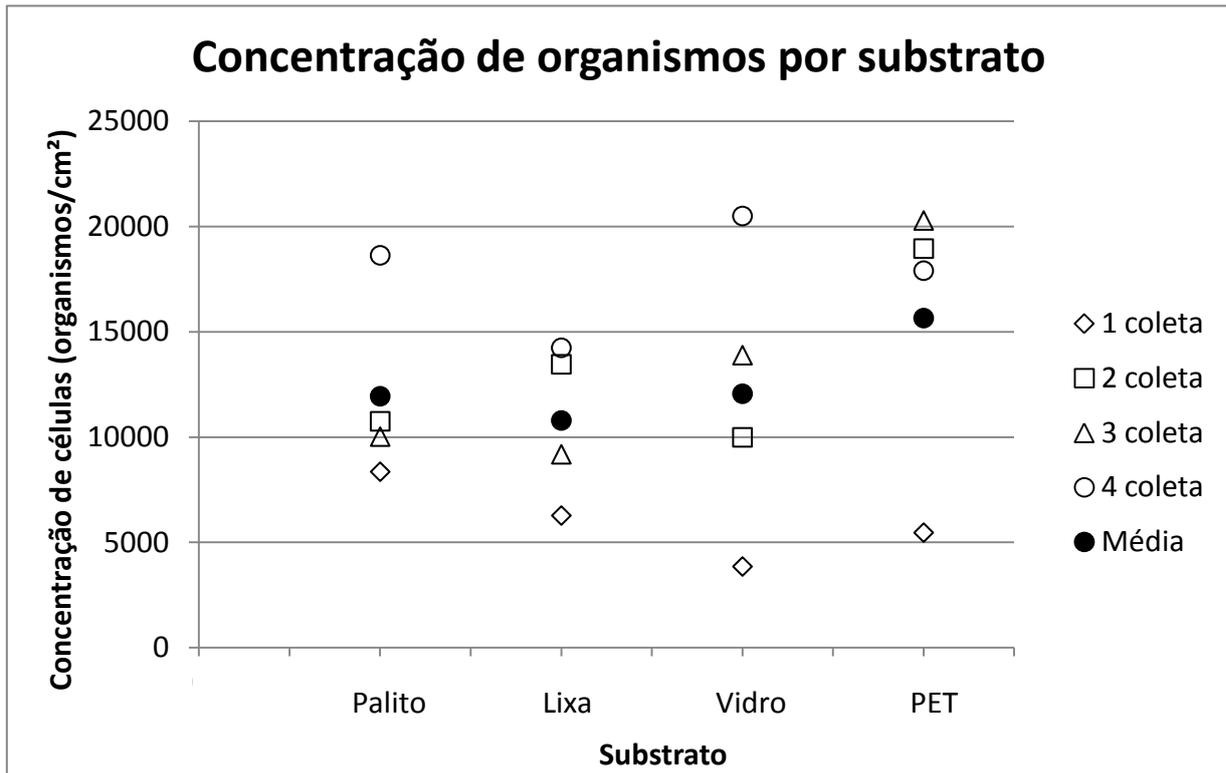


FIGURA 3.6: CONCENTRAÇÃO DE ALGAS PERIFÍTICAS POR UNIDADE DE ÁREA RASPADA DO SUBSTRATO

Quando se observa as médias dos índices de diversidade de Shannon-Wiever para as amostras de cada substrato em cada semana coletada nas três lagoas estudadas (Tabela 3.3) percebe-se um comportamento similar entre as amostras cultivadas nos substratos mais rugosos (palito de sorvete e lixa de unha) e entre aquelas cultivadas nos mais lisos (lâmina de vidro e lâmina de garrafa PET). No entanto, o comportamento entre estas duas categorias foi bastante diferente.

A média deste índice para as amostras cultivadas em palitos de sorvete coletadas com uma semana de incubação foi de 0,98 bits. A partir daí o índice cresce nas coletas seguintes (1,03 bits na 2ª semana e 1,13 bits na 3ª), mas se reduz na 4ª e última coleta (1,08 bits). A média geral para todas as mostras coletadas neste substrato foi de 1,06 bits (Figura 3.7).

As amostras cultivadas em lixas apresentaram aproximadamente o mesmo comportamento com valores ligeiramente menores (0,95 bits na 1ª semana, 1,03 bits na 2ª, 1,13 bits na 3ª e 1,02 bits na última) com média geral de 1,03 bits. A distribuição das médias deste índice para estes dois substratos apresentaram pequena variabilidade (se comparadas às dos substratos lisos): amostras cultivadas em "Palito" e em "Lixa" apresentaram aproximadamente o mesmo desvio absoluto médio de 0,05 bits.

As amostras cultivadas em substratos lisos apresentaram um comportamento diferente: na 1° coleta seus índices se equivaliam aos dos substratos mais rugosos (0,98 bits para as amostras cultivadas em lâminas de vidro e em lâminas de garrafas PET), porém reduzindo-se sensivelmente na 2° semana (0,77 bits para "Vidro" e 0,76 bits para "PET"). A partir daí aumentavam a cada semana, chegando a superar aqueles dos substratos mais rugosos na última semana (1,08 bits para vidro e 0,97 bits para PET na 3° semana e 1,16 bits para vidro e PET na 4° semana). A variabilidade dos índices para estes substratos apresentou valores superiores: desvio absoluto médio de 0,12 bits para aquelas cultivadas em "Vidro" e de 0,10 bits para aquelas cultivadas em "PET".

TABELA 3.3: MÉDIA DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER PARA CADA SUBSTRATO (EM BITS).

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
Palito	0,98	1,03	1,13	1,08	1,06
Lixa	0,95	1,03	1,13	1,02	1,03
Vidro	0,98	0,77	1,08	1,16	1,00
PET	0,98	0,76	0,97	1,16	0,97

Desta figura pode-se ver que os substratos rugosos apresentaram maior média de diversidade de espécies do que os lisos, quando consideradas as quatro semanas do experimento. Na mesma figura também pode-se observar facilmente que os valores dos substratos lisos apresentaram uma variabilidade nas quatro semanas muito maior do que os rugosos.

3.4 COMPARAÇÃO ENTRE SEMANAS

Comparando agora os dados de concentração de organismos entre as semanas de colonização (Figura 3.8), observa-se a tendência de crescimento da concentração de células a cada semana. Na primeira a média da concentração de organismos foi de 5.984 organismos/cm² com pequena dispersão entre os substratos (1.327 organismos/cm² em desvios absolutos médios). Na segunda semana os valores para todos substratos cresceram , mas o

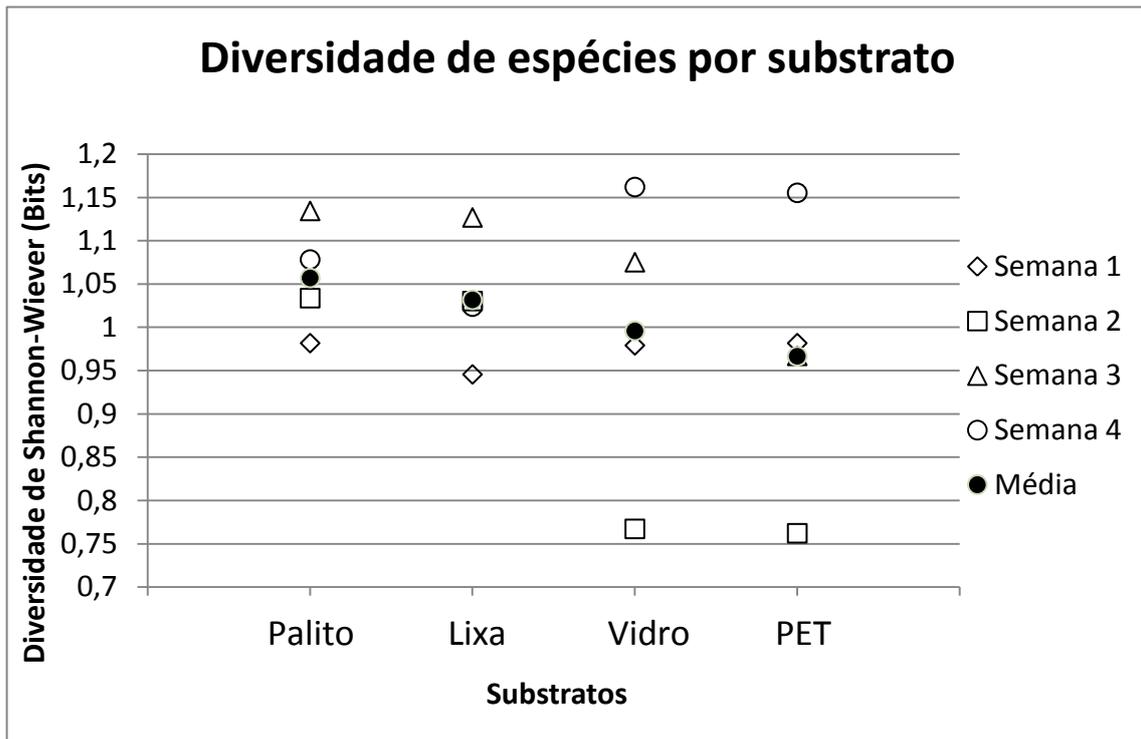


FIGURA 3.8: ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS PARA CADA SUBSTRATO.

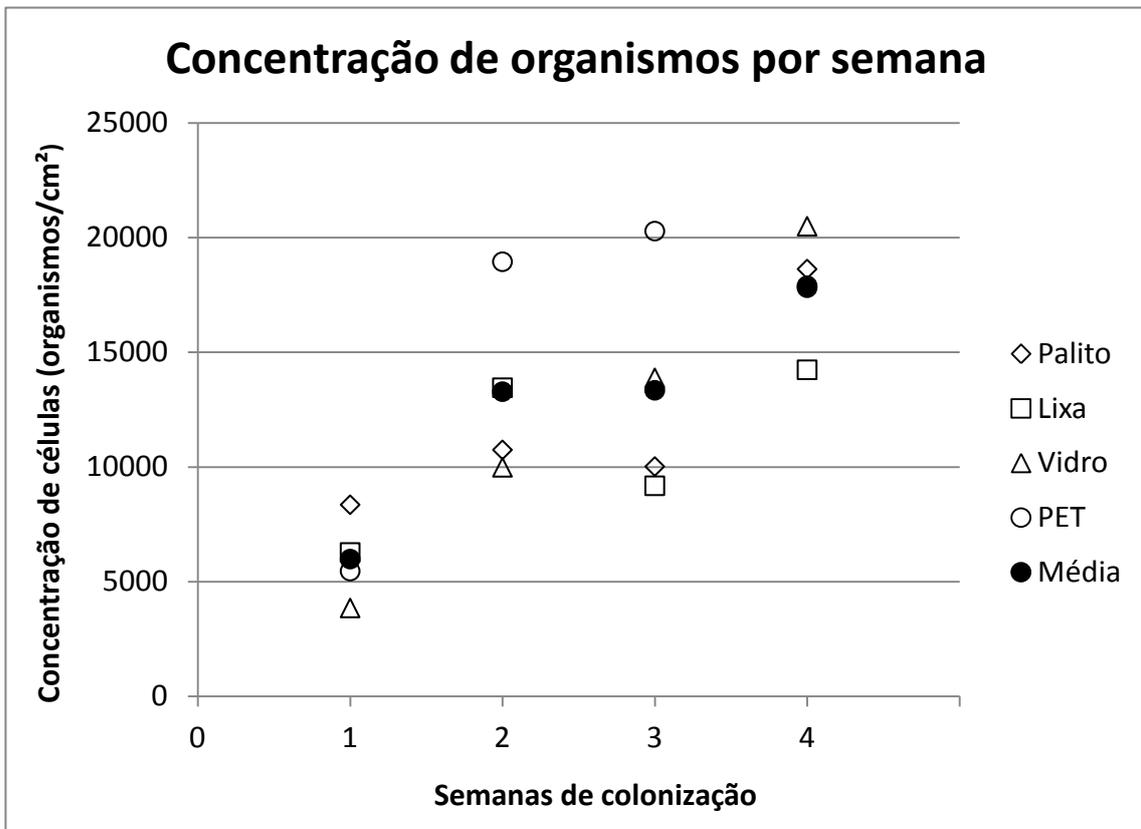


FIGURA 3.7: CONCENTRAÇÃO DE ALGAS PERIFÍTICAS POR UNIDADE DE ÁREA RASPADADA DO SUBSTRATO.

substrato "PET" mostrou um desenvolvimento mais acentuado (subiu de 5.460 organismos/cm² para 18.944 organismos/cm²) e a medida de dispersão entre os substratos também cresceu (2.917 organismos/cm²), em grande parte por cauda do crescimento mais acentuado nos valores deste substrato. Na terceira semana os valores dos substratos lisos continuaram subindo, mas os rugosos apresentaram um comportamento anômalo e tiveram menores valores de densidade de organismos (o substrato "Palito" desceu de 10.745 organismos/cm² para 10.019 organismos/cm² e "Lixa", mais acentuadamente, de 13.452 organismos/cm² para 9.178 organismos/cm²) e a dispersão continuou subindo (para 3.742 organismos/cm²). Na última semana, estes valores de todos os substratos voltaram a aumentar, com a exceção de "PET", que teve seus valores reduzidos (de 20.280 organismos/cm² para 17.896 organismos/cm²), e a dispersão se reduziu a valor próximo ao da primeira semana (1.789 organismos/cm²). A diferença no comportamento entre os substratos, no que concerne à concentração de organismos por área de colonização, pode ser vista mais facilmente tirando uma média aritmética dos pontos dos substratos rugosos e dos pontos dos substratos lisos e criando um gráfico de linhas como o da figura 3.9:

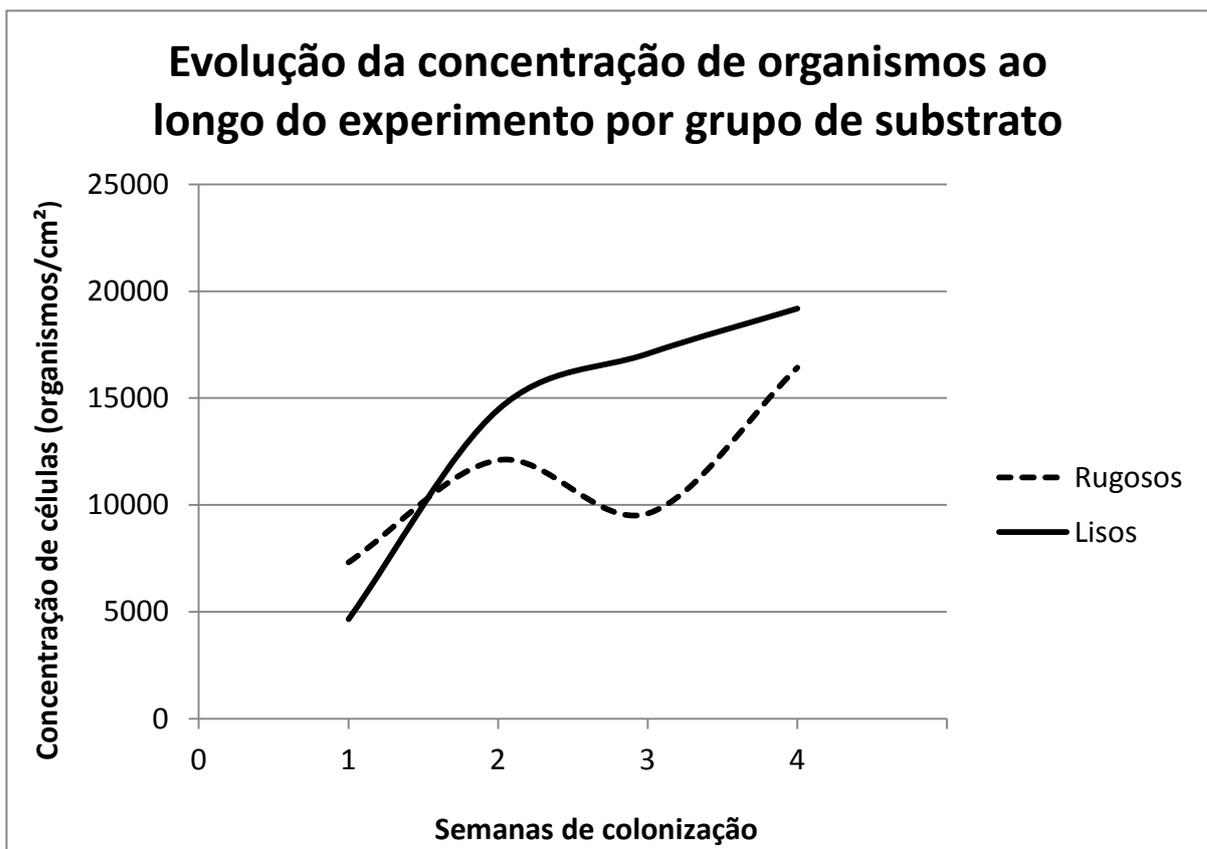


FIGURA 3.9: COMPORTAMENTO DA MÉDIA DA CONCENTRAÇÃO DE ORGANISMOS DOS DOIS GRUPOS DE SUBSTRATOS AO LONGO DAS QUATRO SEMANAS DE INCUBAÇÃO.

Observando a dinâmica dos índices de diversidade de Shannon-Wiever para cada uma das semanas de colonização (Figura 3.10), utilizando-se os mesmos dados da tabela 3.3, pode-se ver mais claramente a tendência de crescimento do índice para os substratos rugosos, seguida de uma leve redução na última semana, enquanto que os substratos lisos apresentaram uma acentuada redução da primeira para a segunda semana, seguida de um tendência de aumento até a última semana do experimento.

As amostras apresentaram índices muito próximos na primeira semana (entre 0,95 bits e 0,98 bits). A segunda semana, apresentou um comportamento anômalo dos substratos lisos, cuja média ficou bem abaixo da média dos substratos rugosos (cerca de 0,76 bits contra 1,03 bits), o que causou a grande variabilidade nos resultados desta semana (1ª semana foi de 0,01 bits e na 2ª semana foi de 0,13 bits, em desvios absolutos médios). Nas últimas duas semanas, os índices se aproximaram, à medida que cresciam, reduzindo a variação (variação de 0,06 bits). Na quarta e última semana, os valores dos índices dos substratos lisos superou aqueles dos rugosos e a média dos índices daquela semana subiu até cerca de 1,10 bits, com variação de 0,05 bits.

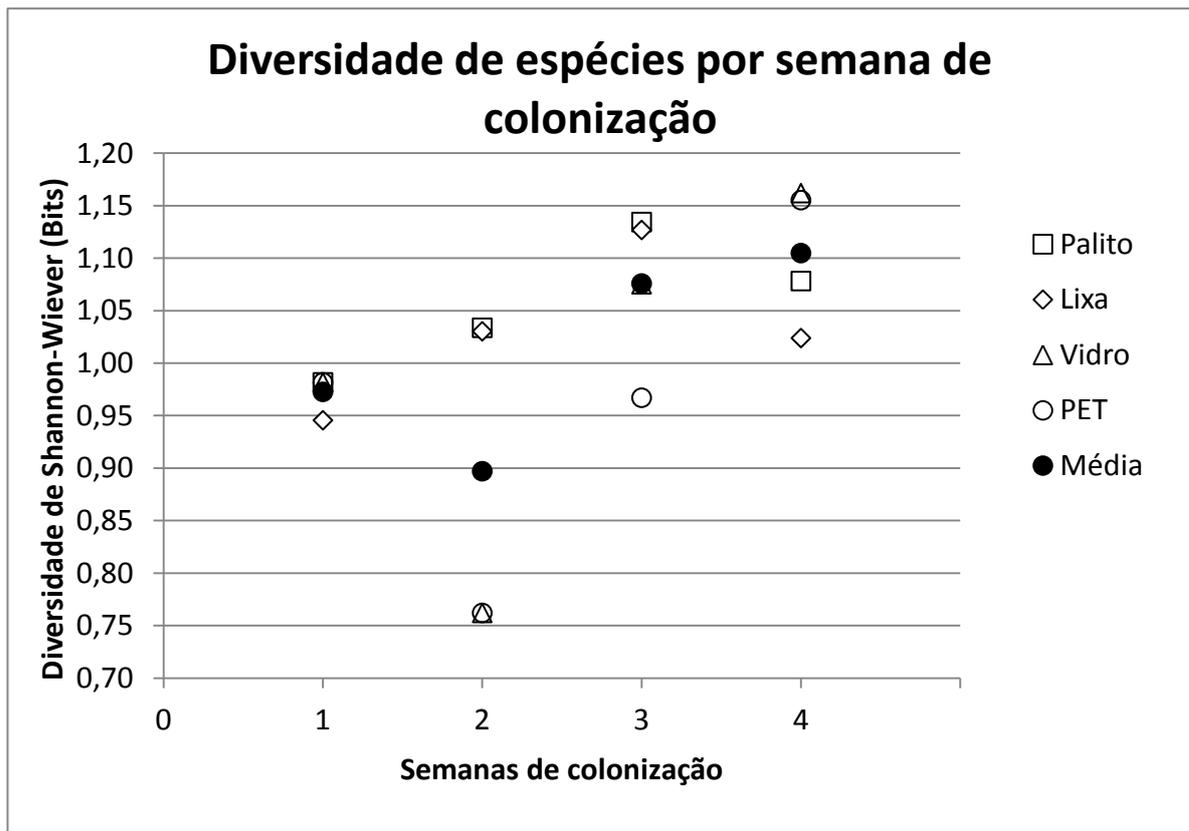


FIGURA 3.10: ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS DAS LAGOAS DE DUNAS, VITÓRIA-RÉGIA E JUNCOS.

Para observar o comportamento dos dois grupos de substratos isoladamente, foi calculada a média aritmética entre os índices de Shannon-Wiever dos pares de cada grupo (Palito-Lixa e Vidro-PET) para cada semana coletada e então foi produzida a figura 3.11:

Os substratos lisos apresentaram um comportamento anômalo: na primeira semana sua diversidade de espécies mostrou aproximadamente os mesmos valores daquelas dos substratos rugosos, sofrendo então uma grande redução na segunda semana, aumentando continuamente até a quarta semana, quando ultrapassou os substratos rugosos, mantendo-se, no entanto, próximo dos valores verificados na terceira semana destes.

Os dados completos da concentração de organismos e dos índices de diversidade para cada amostra podem ser encontrados nos Apêndices três e quatro, respectivamente.

Comparando as médias das concentrações de organismos em cada semana, o teste de ANOVA apresentou uma diferença significativa apenas para a terceira semana de cultivo, o que se atribui a redução sofrida pelos substratos rugosos nesta semana. Os resultados do teste foram: 1° semana $f=1,3598$, $p=0,2727$; 2° semana $f=1,5143$, $p=0,2296$; 3° semana $f=2,5408$, $p=0,0738$; 4° semana $f=0,3367$, $p=0,7989$.

Comparando as médias dos índices de diversidade de espécies, na primeira semana de cultivo o teste de *One Way ANOVA* não indicou uma diferença significativa no desempenho dos substratos ($f=0,086$, $p=0,967$). Na segunda semana a diferença foi significativa ($f=6,6143$, $p=0,001$), graças a forte redução nos índices de diversidade apresentada pelos substratos lisos nessa semana. Não foram significativos os resultados dos testes para a terceira ($f=2,1345$, $p=0,115$) e quarta semanas ($f=1,4492$, $p=0,247$).

Embora a média dos índices de diversidade do substrato PET terem sido inferiores aos do substrato Vidro em quase todos os momentos, essas diferenças não foram significativas em nenhuma semana. De modo que se pode considerar os dois como muito semelhantes em termos de dinâmica sucessória e diversidade.

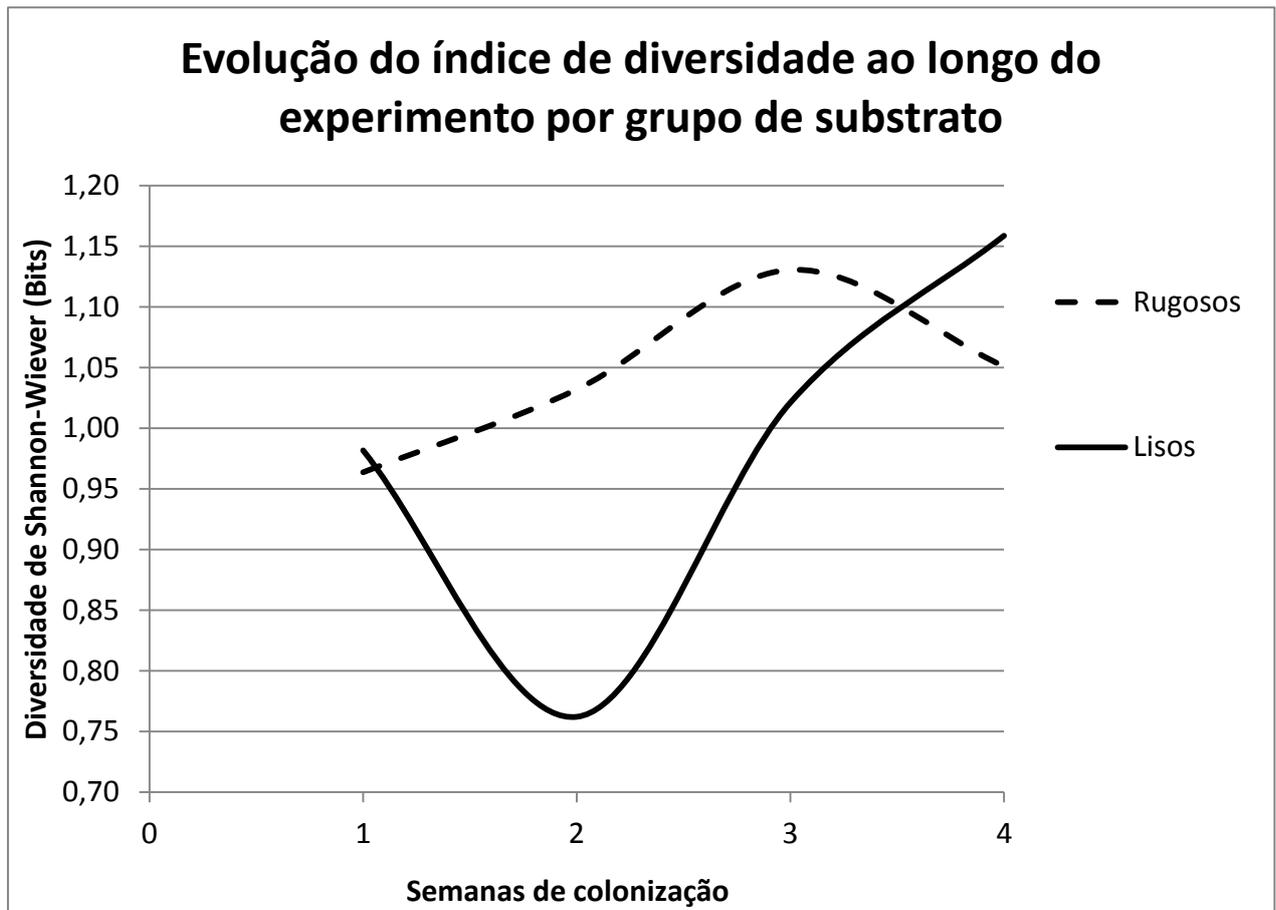


FIGURA 3.11: COMPORTAMENTO DA MÉDIA DO ÍNDICE DE DIVERSIDADE DOS DOIS GRUPOS DE SUBSTRATOS AO LONGO DAS QUATRO SEMANAS DE INCUBAÇÃO.

4 DISCUSSÃO

4 DISCUSSÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Enfim, pode-se indicar qual entre os substratos estudados é o mais adequado? O método para se determinar a eficiência dos diferentes substratos já é, em si, uma pergunta desafiadora. Afinal, quais são os parâmetros para se identificar a adequação de um substrato artificial? A resposta, obviamente, depende dos objetivos para os quais eles se propõem: para seu uso como alimento para peixes, a medida da biomassa perifítica parece ser mais adequada, como pode ser visto em Azim *et al.* (2002) e em Richard *et al.* (2009). A questão, no entanto, é mais complexa quando se trata de análise de impacto ambiental, isto porque tal análise pode ser feita por várias abordagens: biomassa, diversidade de espécies, reconhecimento de espécies indicadoras, etc.

Tendo em vista que os substratos estudados são destinados ao biomonitoramento de lagoas, foi definido neste experimento três critérios para a avaliação destes: Diversidade de espécies, tempo de colonização e facilidade de utilização:

4.2 QUANTO A DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

Não é apenas a natureza do substrato que interfere na diversidade de espécies do perifíton: segundo Ho (1979), a diversidade de diferentes fatores ambientais (heterogeneidade e estabilidade ambientais) e biológicos (predação por peixes e pelo zooplâncton e a competição intra e interespecífica) influenciam na diversidade de espécies de comunidades perifíticas durante o processo de sucessão. Foi considerado aqui, entretanto, que o efeito destes não interferiram nas diferenças entre as médias dos índices obtidos neste experimento pelo fato de todos os substratos estarem submetidos às mesmas condições ambientais nas três lagoas estudadas.

Nota-se neste experimento a seletividade dos substratos lisos (lâminas de vidro e lâminas de PET) em favor da divisão Chlorophyta, enquanto que os substratos rugosos (palito de sorvete e lixa de unha) apresentaram seletividade em favor da divisão Bacillariophyta (Figuras 3.4). Entre os fatores que interveem na colonização beneficiando determinados grupos de algas, destacam-se os nutrientes, que podem ser absorvidos pelo perifíton (Van Dam *et al.*, 2003). Substratos de madeira, por serem facilmente biodegradáveis, possuem esta característica. O mesmo viés pode ser atribuído à lixa de unha, pois é feita de papel coberto de areia. No entanto mesmo períodos de 30 dias podem ser insuficientes para que

este efeito seja significativo (Richard *et al.*, 2009). Neste caso, o fator provavelmente mais importante tenha sido a rugosidade.

O fator rugosidade do substrato parece exercer um papel determinante na eficiência da fixação das comunidades incrustantes aquáticas, logo foi importante na escolha dos substratos para este experimento: isso se deve a maior área de fixação que superfícies porosas oferecem aos incrustantes, e a proteção que os poros oferecem contra a dessecação, reduzindo o seu efeito por curtos períodos em que o substrato estiver emerso (Pomerat & Wisely, 1959). Azim *et al.* (2003) também observaram desenvolvimento mais rápido da comunidade perifítica em substratos mais rugosos. Intuitivamente pode-se pensar que lâminas de vidro não possuem a mesma rugosidade dos substratos encontrados na natureza: parecem ser bem mais lisas.

Neste experimento foram determinados os coeficientes de rugosidade dos substratos testados, mas não foi encontrada na literatura nenhuma tentativa de se produzir valores como estes, nem absolutamente, nem comparativamente, de modo que não foi possível se comparar os valores dos substratos utilizados neste experimento com os de outros trabalhos.

Esperava-se que a diferença de rugosidade entre os dois grupos, rugosos e lisos, determinasse significativamente o desenvolvimento do perifíton em termos de diversidade de espécies, no entanto isso não ocorreu: a principal diferença entre os índices de diversidade das comunidades dos substratos analisados é a redução na diversidade observada na segunda semana dos substratos lisos. Com a exceção da segunda semana, não houve diferença significativa nas médias dos índices de diversidade entre os substratos, o que permite concluir que eles não diferem substancialmente no que concerne à capacidade de abrigar o perifíton.

Como este estudo foi conduzido no mês de março, final da estação seca no Recôncavo Baiano (Da Silva *et al.*, 2000), logo os resultados corroboram aqueles obtidos por Vercellino & Bicudo (2006), em estudo de sucessão de algas perifíticas em reservatório, que verificaram que a comunidade perifítica se distribui de modo mais equitativo ao longo da sucessão no período seco.

4.3 QUANTO AO TEMPO DE MATURAÇÃO

Fierer *et al.* (2010), examinando diversos estudos, observaram que não existe um padrão comum a todas as comunidades de micro-organismos no que concerne às mudanças na diversidade ao longo do tempo de colonização. No entanto, ser capaz de determinar

quando a comunidade incrustada no substrato artificial alcançou a maturidade sucessional, ou ao menos um estado tal que sua composição se aproxime daquela da comunidade já estabelecida no ambiente, é crucial em estudos de impacto ambiental, já que, obviamente, espera-se encontrar as características da comunidade perifítica que possam indicar o estado real do ambiente. Quase tão importante é ser capaz de fazê-lo rapidamente: quanto menor o tempo necessário para se fazer a avaliação, melhor.

A dinâmica observada da densidade de organismos para os substratos rugosos (redução na concentração na terceira semana, voltando a aumentar na semana seguinte) pode ter sido causado por peculiaridades na biologia das espécies dominantes (visto diferenças nas dominâncias entre os dois tipos de substrato (Figura 3.4)) ou por maior suscetibilidade dos substratos rugosos a perturbações ambientais, embora seja bastante improvável que uma grande quantidade dos substratos tenham sido perturbados durante este experimento.

Observa-se nas figuras 3.7 e 3.8 uma tendência de aumento linear na diversidade de espécies nos substratos mais rugosos até a terceira semana, com uma pequena redução na quarta. Este comportamento confere com o observado por Pompêo & Moschini-Carlos (2003), que apontaram que a diversidade de espécies tende a aumentar nos estágios iniciais da colonização, mas então sofre uma redução nos estágios tardios, que se deve a acentuação da competição interespecífica. Logo esta redução pode indicar que a colônia alcançou a maturidade. Estes dados, conjuntamente com aqueles da Figura 3.11, mostram que as comunidades incrustadas nos substratos rugosos provavelmente alcançaram a maturidade mais cedo: três semanas, quando a diversidade sofreu uma redução, possivelmente indicando o início de oscilações da diversidade características de comunidades maduras (Fierer et al, 2010). Já os substratos lisos demonstraram uma forte oscilação na segunda semana e então cresceram continuamente até o fim deste experimento. Tal comportamento pode indicar que a comunidade perifítica incrustada nos substratos lisos ainda não alcançaram o estado maduro ou que alcançaram a maturidade tardiamente, possivelmente a partir da quarta semana, quando começariam a sofrer a redução de sua diversidade, enquanto que os rugosos a partir da terceira.

Vercellino & Bicudo (2006) verificaram que biomassa perifítica é máxima em duas semanas de cultivo em lâminas de vidro em um reservatório oligotrófico, também durante a estação seca (de três semanas no período chuvoso). Moschini-Carlos *et al.* (2000) encontraram resultados discrepantes pois verificaram máxima biomassa, com o mesmo substrato e também em reservatório oligotrófico, em quatro semanas no período seco (de duas semanas durante as chuvas). Embora não tenha sido possível determinar se as comunidades

perifíticas colonizando os substratos lisos neste experimento alcançaram ou não a maturidade ao final de quatro semanas, estes dados podem indicar que sim.

Não apenas o tempo de maturação é importante, mas também o é a forma como a comunidade se desenvolve no tempo: o desenvolvimento com um crescimento aproximadamente linear da diversidade, como se observou nos substratos rugosos, facilita a identificação do estágio maduro da comunidade. O comportamento observado nos lisos, ao contrário, dificulta, pois obriga que o experimento seja feito por um período muito maior, até que um padrão característico da maturidade possa ser obtido (Fierer *et al*, 2010).

Danilov & Ekelund (2001) concluíram em seu estudo que os substratos de vidro são mais eficientes em termos de diversidade e abundância de espécies que os de madeira para lagos temperados, no entanto estes autores amostraram a comunidade após nove semanas de colonização e encontraram apenas oito taxa de algas perifíticas.

Os resultados deste trabalho, no entanto, considerando estes aspectos acima, indicaram que os substratos rugosos se mostraram mais adequados, pois neles o perífiton alcança a maturidade mais cedo do que nos lisos (três semanas) e, até lá, o seu índice de diversidade cresce continuamente, o que facilita a percepção de que o experimento chegou ao fim.

4.4 QUANTO A FACILIDADE DE USO

As características físicas dos substratos têm seus impactos neste aspecto também: quando se avalia a colocação das lâminas em campo, precisam ser levados em consideração se as lâminas ficaram bem presas e se sua orientação é a pretendida. Neste experimento, dois substratos se mostraram problemáticos quanto a estes pontos: lâminas de vidro e de PET. Foi difícil manter as lâminas de vidro presas, graças ao seu peso e sua superfície lisa (algumas delas se soltaram e se perderam após algumas semanas no campo); As lixas de unha, por serem menos densas do que a água, flutuaram, ficando ligeiramente mais altas do que as demais. Seu uso, portanto, não é recomendável para ambientes com correnteza, mesmo que fraca.

Outro ponto importante é o momento da raspagem. Todos os substratos, exceto as lâminas de vidro, mantiveram as marcações, feitas com marcadores permanentes, bem visíveis. As lâminas de PET, por sua maior flexibilidade, necessitaram mais tempo e esforços dos coletores para serem raspadas com precisão nas regiões demarcadas, enquanto que os demais substratos puderam ser raspados de forma bem segura.

O último ponto importante a ser mencionado é a visibilidade das amostras, o que interfere diretamente na facilidade de identificação e contagem das microalgas. Pôde-se verificar uma maior facilidade na observação das amostras obtidas de substratos lisos, uma vez que as amostras provenientes dos rugosos apresentavam grande quantidade de matéria particulada. O perifiton costuma apresentar uma configuração espacial agregada que lhe é peculiar, o que dificulta o trabalho de observação (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003) e a presença de mais matéria particulada agrava o problema. Não foi determinada neste experimento nenhuma medida comparativa da visibilidade entre os substratos, mas é importante ressaltar que esta é uma característica significativa, que pode aumentar a velocidade das análises das amostras e reduzir os erros de identificação e contagem.

5 CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, pode-se concluir que:

1. Considerando os critérios de acessibilidade, baixo custo e captura da biodiversidade ambiental apresentada pelos substratos avaliados, neste trabalho todos apresentaram-se adequados;
2. Quando se compara os resultados de diversidade, estabilidade da colonização e facilidade de uso, os resultados indicam que os substratos rugosos, mais notadamente o substrato palito de sorvete, são mais adequados, pois atingiram a maturidade da comunidade com mais rapidez;
3. Não foi possível se determinar o período de maturação dos substratos lisos (lâmina de vidro e lâmina de garrafa PET) ao final de quatro semanas de experimento. Nestes os índices de diversidade oscilaram durante o experimento, com uma redução significativa na segunda semana de cultivo;
4. Os substratos rugosos (palito de sorvete e lixa de unha) apresentaram um melhor desempenho, pois neles a comunidade perifítica alcançou a maturidade com apenas três semanas.

Recomendações para futuros experimentos:

1. Avaliar se há diferença de rugosidade entre as lâminas PET e as de vidro;
2. A luz é um fator limitante ao crescimento do perifíton e pode agir selecionando espécies. Neste experimento todos os substratos foram submetidos à mesma condição de luz. Recomenda-se o teste de diferentes substratos a diferentes profundidades, de modo a avaliar também o efeito da luminosidade sobre a diversidade de espécies;
3. Novos estudos podem ser feitos com o período de alguns meses para se determinar o período de maturação da comunidade perifítica aderida a lâminas de vidro e de PET, bem como para se conhecer as características sucessórias destas comunidades;
4. Embora as diferenças não tenham sido significativas, como indicou o teste da análise de variância, o substrato 'Palito' apresentou maiores índices de diversidade que o substrato 'Lixa' em todas as semanas do experimento.

Recomenda-se um novo experimento em laboratório, mantendo-se as variáveis ambientais constantes, no período de três semanas, para a comparação mais precisa entre o desempenho destes dois substratos.

REFERÊNCIAS

- APARECIDA, S.; RODRIGUES, L. Desmidiaceae , Gonatozygaceae e Mesotaeniaceae na comunidade perifítica do reservatório de Salto do Vau (Bacia do rio Iguaçu , PR). **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 235–254, 2008.
- ARAÚJO, C. V. M.; COHIN-DE-PINHO, S. J.; CHASTINET, C. B. A; MACHADO, S. L.; DA SILVA, E. M. The natural rehabilitation of an anthropogenically acidified tropical Lake: two decades of monitoring. **Chemosphere**, v. 90, n. 3, p. 887–94, 2013.
- ARAÚJO, C. V. M.; COHIN-DE-PINHO, S. J.; CHASTINET, C. B. A; SANTOS, J. S.; DA SILVA, E. M. Discriminating the pH toxicity to *Poecilia reticulata* Peters, 1859 in the Dunas Lake (Camaçari, BA, Brazil). **Chemosphere**, v. 73, n. 3, p. 365–70, 2008.
- ARAÚJO, C. V. M.; COHIN-DE-PINHO, S. J.; DOS SANTOS, J.; In situ and laboratory bioassays using *Poecilia reticulata* Peters, 1859 in the biomonitoring of an acidic lake at Camaçari, BA, Brazil. **Chemosphere**, v. 65, n. 4, p. 599–603, 2006.
- ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 301–315, 2000.
- AZEVEDO, M. T. D. P. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs , SP , Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p. 1–17, 2007.
- AZIM, M. E.; MILSTEIN, A.; WAHAB, M. A.; VERDEGAM, M. C. J. Periphyton–water quality relationships in fertilized fishponds with artificial substrates. **Aquaculture**, v. 228, n. 1–4, p. 169–187, 2003.
- AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J.; et al. The effects of artificial substrates on freshwater pond productivity and water quality and the implications for periphyton-based aquaculture. **Aquatic Living Resources**, v. 15, p. 231–241, 2002.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish**. 2nd ed. United States Environmental Protection Agency, 1999.
- CHRISTENSON, L.; SIMS, R. Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts. **Biotechnology advances**, v. 29, n. 6, p. 686–702, 2011. Elsevier Inc.
- DA SILVA, E. M.; NAVARRO, M. F. T.; BARROS, A. F.; MOTA, M. F. V; CHASTINET, C. B. A. Metals in the sediments of Jauá Lake (Camaçari, Bahia , Brazil) following an episode of industrial contamination. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 3, p. 509–514, 2000.

- DANILOV, R. A.; EKELUND, N. G. A. Comparison of usefulness of three types of artificial substrata (glass, wood and plastic) when studying settlement patterns of periphyton in lakes of different trophic status. **Journal of microbiological methods**, v. 45, n. 3, p. 167–70, 2001.
- DELAZARI-BARROSO, A.; SANT'ANNA, C. L.; SENNA, P. A. C. Phytoplankton from Duas Bocas Reservoir , Espírito Santo State , Brazil (except diatoms). **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 211–229, 2007.
- ESTEVES, F. A. COMUNIDADE PERIFÍTICA. In: F. A. Esteves (Ed.); **Fundamentos de Limnologia**. 3rd ed., p.447–460, 2011. Rio de Janeiro: Interciência.
- FARIA, D. M. DE; TREMARIN, P. I.; LUDWIG, T. A. V. Diatomáceas perifíticas da represa Itaquí, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthes e. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 415–427, 2010.
- FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F. A. The use of indices for evaluating the periphytic community in two kinds of substrate in Imboassica Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 63, n. 2, p. 233–243, 2003.
- FERRAGUT, C.; MARQUES, M. R. L.; BICUDO, D. D. C.; BICUDO, C. E. DE M.; VERCELLINO, I. S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG , São Paulo). **Hoehnea**, v. 32, n. 2, p. 137–184, 2005.
- FIERER, N.; NEMERGUT, D.; KNIGHT, R.; CRAINE, J. M. Changes through time: integrating microorganisms into the study of succession. **Research in microbiology**, v. 161, n. 8, p. 635–42, 2010. Elsevier Masson SAS.
- GAISER, E. Periphyton as an indicator of restoration in the Florida Everglades. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 6, p. S37–S45, 2009.
- GOOGLE EARTH. Google inc. 2013
- GRIFFITH, M. B.; HILL, B. H.; MCCORMICK, F. H.; et al. Comparative application of indices of biotic integrity based on periphyton, macroinvertebrates, and fish to southern Rocky Mountain streams. **Ecological Indicators**, v. 5, n. 2, p. 117–136, 2005.
- GUCKERT, J. B.; NOLD, S. C.; BOSTON, H. L.; WHITE, D. C. Periphyton response in an industrial receiving stream: lipid-based physiological stress analysis and pattern recognition of microbial community structure. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 49, n. 12, p. 2579–2587, 1992.
- HAACK, T. K.; McFeters, G. A. Nutritional relationships among microorganisms in a epilithic biofilm community. **Microbial Ecology**. v.8, n.2, p.115-126. 1982.

- Ho, S.C. **Structure, species diversity and primary production of epiphytic algal communities in the Schöhsee (Holtein), West Germany.** Alemanha, Universidade de Kiel, 1979. 306 p. (Ph D. Thesis).
- HÖTZEL, G.; CROOME, R. **A phytoplankton methods manual for Australian Freshwaters.** Canberra: Land and Water Resources Research and Development Corporation, 1999.
- KJERFVE, B. Coastal Lagoons. **coastal Lagoon Processes.** p.1–8, 1994.
- KRISTENSEN, J. B.; MEYER, R. L.; LAURSEN, B. S.; et al. Antifouling enzymes and the biochemistry of marine settlement. **Biotechnology advances**, v. 26, n. 5, p. 471–81, 2008.
- MOSCHINI-CARLOS, V. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: M. L. M. Pompêo (Ed.); **Perspectivas na Liminologia do Brasil.** 1st ed., p.74–85, 1999. São Luís: Gráfica e Editora União.
- MOSCHINI-CARLOS, V., HENRY, R. Aplicação de índices para a classificação do perifíton em substrato natural e artificial, na zona de desembocadura do rio Paranapanema (Represa de Jurumirim, SP). **Rev. Brasil Biol.**, v.57, n.4, p. 655-663,1997.
- MOSCHINI-CARLOS, V., HENRY, R. and POMPÊO, MLM. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrates in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, vol. 434, p. 35-40. 2000. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004086623922>
- NAYAR, S.; GOH, B. P. L.; CHOU, L. M. Settlement of marine periphytic algae in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, n. 2-3, p. 241–248, 2005.
- OLIVEIRA, I. B. DE; BICUDO, C. E. DE M.; MOURA, C. W. DO N. Contribuição ao conhecimento de *Cosmarium Corda ex Ralfs* (Desmidiaceae , Zygnematophyceae) para a Bahia e o Brasil. **Hoehnea**, v. 37, n. 3, p. 571–600, 2010.
- Parque das Dunas: Disponível em: <<http://www.unidunas.com.br/site/fauna.cfm>>. Acesso em: 27/05/2013.
- POMERAT & WISELY, B. Factors influencing the settling of the principal marine fouling organisms in Sidney Harbour. **J. Mar. Freshwater**, v. 10, p. 30-44. 1959
- POMPÊO, M; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos.** Rima, São Paulo, 134p, 2003.
- PUSCH, M.; FIEBIG, D.; BRETTAR, I.; et al. The role of micro-organisms in the ecological connectivity of running waters. **Freshwater Biology**, , n. 40, p. 453–495, 1998.
- QUEIROZ, E. P. Levantamento florístico e georreferenciamento das espécies com potencial econômico e ecológico em restinga de Mata de São João, Bahia, Brasil. **Biotemas**, v. 20, n. 4, p. 41–47, 2007.

- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. p.1-34. 2006.
- RICHARD, M.; TROTTIER, C.; VERDEGEM, M. C. J.; HUSSENOT, J. M. E. Submersion time, depth, substrate type and sampling method as variation sources of marine periphyton. **Aquaculture**, v. 295, n. 3-4, p. 209–217, 2009. Elsevier B.V.
- SANT'ANNA, C. L.; MELCHER, S. S.; CARVALHO, M. DO C.; GEMELGO, M. P.; Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs , SP , Brazil. **Revista Brasileira de botânica**.v. 30, n. 1, p. 1-17, 2007.
- SMALL, J. A; BUNN, A.; MCKINSTRY, C.; PEACOCK, A.; MIRACLE, A. L. Investigating freshwater periphyton community response to uranium with phospholipid fatty acid and denaturing gradient gel electrophoresis analyses. **Journal of environmental radioactivity**, v. 99, n. 4, p. 730–800, 2008.
- TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M; ROCHA, O. Água doce no mundo e no Brasil. **Ecosistemas de águas interiores**. São Paulo. p.161-201. 2006a.
- TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M; ABE, D. S. Água doce no mundo e no Brasil. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos**. São Paulo. p.161-201. 2006b.
- VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J. The potential of fish production based on periphyton. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, n. 12, p. 1–31, 2003.
- VERCELLINO, I. S.; BICUDO, D. DE C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 363–377, 2006.
- VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human Domination of Earth ' s Ecosystems. **Science**, v. 277, n. July, p. 494–499, 1997.
- WETZEL, R. G., 1983. Opening remarks, pp. 3-4. In: R. G. Wetzel (ed.), **Periphyton of freshwater ecosystems**. The Hague: Dr. W. Junk.
- WETZEL, R. G., 2001. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3° ed. San Diego: Elsevier.

APÊNDICE UM

**APÊNDICE 1 - COEFICIENTES DE RUGOSIDADE CALCULADOS PARA 10 RÉ-
PLICAS DE CADA SUBSTRATO TESTADO**

Substrato	Ponto	Coefficiente de rugosidade
Palito	1	1,03
	2	1,03
	3	1,08
	4	1,10
	5	1,06
	6	1,17
	7	1,10
	8	1,41
	9	1,01
	10	1,06
Lixa	1	1,15
	2	1,39
	3	1,16
	4	1,69
	5	1,23
	6	1,17
	7	1,23
	8	1,36
	9	1,23
	10	1,14
Vidro	Todas	1,00
PET	Todas	1,00

APÊNDICE DOIS

**APÊNDICE 2 - ABUNDÂNCIAS DE INDIVÍDUOS DA CADA GRANDE GRUPO EM
RELAÇÃO ÀS LAGOAS, ÀS SEMANAS DE COLETA E AOS SUBSTRATOS:**

Abundância de cada divisão					
Lagoa	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Euglenophyta	Dinophyta
Dunas	8399	10286	1284	57	1796
Vitória-Régia	9403	3872	5545	746	492
Juncos	4240	10525	6437	51	92

Abundância de cada divisão					
Semana	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Euglenophyta	Dinophyta
1	5162	4372	4279	546	369
2	5393	6382	3727	117	551
3	5410	6972	2794	94	870
4	6077	6957	2466	97	590

Abundância de cada divisão					
Substrato	Bacillariophyta	Chlorophyta	Cyanophyta	Euglenophyta	Dinophyta
Palito	6604	5498	3161	213	678
Lixa	6804	4720	3697	286	527
Vidro	3818	5974	3437	127	553
PET	4816	8491	2971	228	622

APÊNDICE TRÊS

APÊNDICE 3 - CONCENTRAÇÕES DE ORGANISMOS PARA CADA AMOSTRA

Lagoa	Substrato	Coleta	Ponto	Concentração (organismos/cm ²)
Dunas	Palito	1	1	3.131,08
			2	15.136,00
			3	5.508,00
		2	1	5.403,43
			2	15.424,00
			3	18.768,00
		3	1	8.102,40
			2	10.656,00
			3	20.208,00
		4	1	9.139,20
			2	64.800,00
			3	30.624,00
Dunas	Lixa	1	1	1.276,00
			2	11.328,00
			3	6.089,14
		2	1	2.213,05
			2	23.376,00
			3	15.904,00
		3	1	3.123,20
			2	14.496,00
			3	5.820,00
		4	1	4.778,67
			2	21.936,00
			3	10.032,00
Dunas	Vidro	1	1	1.828,00
			3	5.592,00
		2	1	6.569,14
			2	17.616,00
		3	3	23.376,00
			1	14.336,00
			2	39.264,00
			3	26.736,00

			1	8.096,00
		4	2	Amostra perdida
			3	27.504,00
			1	1.858,91
		1	2	15.360,00
			3	4.864,00
			1	7.088,00
		2	2	34.128,00
			3	46.464,00
Dunas	PET		1	30.288,00
		3	2	14.336,00
			3	27.264,00
			1	4.588,80
		4	2	24.480,00
			3	20.544,00
			1	2032,00
		1	2	2630,40
			3	2736,00
			1	10608,00
		2	2	4764,00
			3	8640,00
Vitória-Régia	Palito		1	6880,00
		3	2	4256,00
			3	5148,00
			1	11448,00
		4	2	3472,00
			3	2484,71
			1	6034,29
		1	2	4089,60
			3	3429,82
			1	7056,00
		2	2	5129,14
			3	2715,43
Vitória-Régia	Lixa		1	5448,00
		3	2	4003,20
			3	7424,00

			1	11136,00
		4	2	9081,60
			3	2526,00
			1	2097,60
		1	2	1336,00
			3	1648,00
			1	9072,00
		2	2	4956,00
Vitória-Régia	Vidro		3	4176,00
			1	3970,91
		3	2	8176,00
			3	6848,00
			1	Amostra perdida
		4	2	11088,00
			3	Amostra perdida
			1	3296,00
		1	2	2682,00
			3	1656,00
			1	12312,00
		2	2	14848,00
			3	9744,00
Vitória-Régia	PET		1	12720,00
		3	2	16096,00
			3	9388,80
			1	6774,86
		4	2	4579,20
			3	8044,80
			1	10656,00
		1	2	21456,00
			3	11880,00
			1	8889,60
Juncos	Palito	2	2	19008,00
			3	5197,71
			1	5787,43
		3	2	3735,27
			3	5184,00

			1	16896,00
		4	2	17216,00
			3	11544,00
		1	1	10392,00
			2	8102,40
			3	5691,43
		2	1	14432,00
			2	33504,00
			3	16736,00
Juncos	Lixa	3	1	4320,00
			2	35328,00
			3	2643,20
		4	1	16704,00
			2	36912,00
			3	15008,00
		1	1	688,00
			2	6253,71
			3	11376,00
		2	1	3552,00
			2	16160,00
			3	4376,00
Juncos	Vidro	3	1	648,00
			2	19040,00
			3	5938,29
		4	2	27312,00
			1	Amostra perdida
			2	Amostra perdida
			3	28464,00
		1	1	988,00
			2	10310,40
			3	8121,60
		2	1	2378,67
Juncos	PET		2	24960,00
			3	18576,00
		3	1	764,00
			2	43680,00

		3	29952,00
		1	14816,00
	4	2	47808,00
		3	29424,00

APÊNDICE QUATRO

APÊNDICE 4 - ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE SHANNON-WIEVER PARA CADA AMOSTRA

Lagoa	Substrato	Coleta	Ponto	Índice de Shannon-Wiever
Dunas	Palito	1	1	0,8547
			2	0,5701
			3	0,8734
		2	1	1,0731
			2	0,6159
			3	1,0159
		3	1	1,2398
			2	1,1644
			3	1,1461
		4	1	1,2288
			2	1,0750
			3	1,1905
Dunas	Lixa	1	1	0,7136
			2	0,7045
			3	1,0743
		2	1	1,0735
			2	0,6767
			3	1,0736
		3	1	1,3259
			2	1,1697
			3	1,2338
		4	1	1,2656
			2	1,0292
			3	1,3408
Dunas	Vidro	1	1	0,9428
			3	0,9152
			1	0,8888
		2	2	0,6280
			3	0,9616
			1	1,2430
		3	2	0,9370
			3	1,1076

			1	1,2735
		4	2	Amostra perdida
			3	1,2210
			1	1,0325
		1	2	0,6819
			3	1,0093
			1	0,5819
		2	2	0,7373
			3	1,0812
Dunas	PET		1	0,9832
		3	2	0,9730
			3	1,2016
			1	1,2969
		4	2	1,0929
			3	1,2028
			1	1,1678
		1	2	1,1862
			3	1,2633
			1	1,1050
		2	2	0,9016
			3	1,0214
Vitória-Régia	Palito		1	1,0030
		3	2	0,9904
			3	0,9778
			1	0,6417
		4	2	0,9828
			3	1,0069
			1	1,0852
		1	2	1,1693
			3	1,1553
			1	1,1062
		2	2	1,0193
			3	1,0195
Vitória-Régia	Lixa		1	1,1327
		3	2	0,9177
			3	1,0321

			1	0,6777
		4	2	0,6871
			3	0,9162
			1	0,9612
		1	2	1,0530
			3	1,0551
			1	0,7456
		2	2	0,7927
Vitória-Régia	Vidro		3	0,8121
			1	1,1576
		3	2	1,1542
			3	0,9745
			1	Amostra perdida
		4	2	0,9100
			3	Amostra perdida
			1	0,9593
		1	2	1,0771
			3	1,1054
			1	0,9979
		2	2	1,0009
			3	0,8044
Vitória-Régia	PET		1	0,9619
		3	2	1,0252
			3	0,9380
			1	1,0476
		4	2	1,0636
			3	1,0366
			1	1,0648
		1	2	0,9465
			3	0,9086
			1	1,1286
Juncos	Palito	2	2	1,1536
			3	1,2881
			1	1,2453
		3	2	1,1801
			3	1,2631

			1	1,2178
		4	2	1,1374
			3	1,2233
			1	1,0608
		1	2	0,8855
			3	0,6621
			1	1,1074
		2	2	1,1699
Juncos	Lixa		3	1,0269
			1	1,1537
		3	2	1,1297
			3	1,0470
			1	1,0797
		4	2	1,1539
			3	1,0649
			1	1,2047
		1	2	0,9876
			3	0,7165
			1	0,8472
		2	2	0,5194
Juncos	Vidro		3	0,7097
			1	1,2067
		3	2	0,7429
			3	1,1534
			1	Amostra perdida
		4	2	1,2247
			3	1,1808
			1	1,2051
		1	2	0,9654
			3	0,7992
			1	0,6825
Juncos	PET	2	2	0,6215
			3	0,3517
			1	1,3139
		3	2	0,6193
			3	0,6875

	1	1,2154
4	2	1,2083
	3	1,2336
