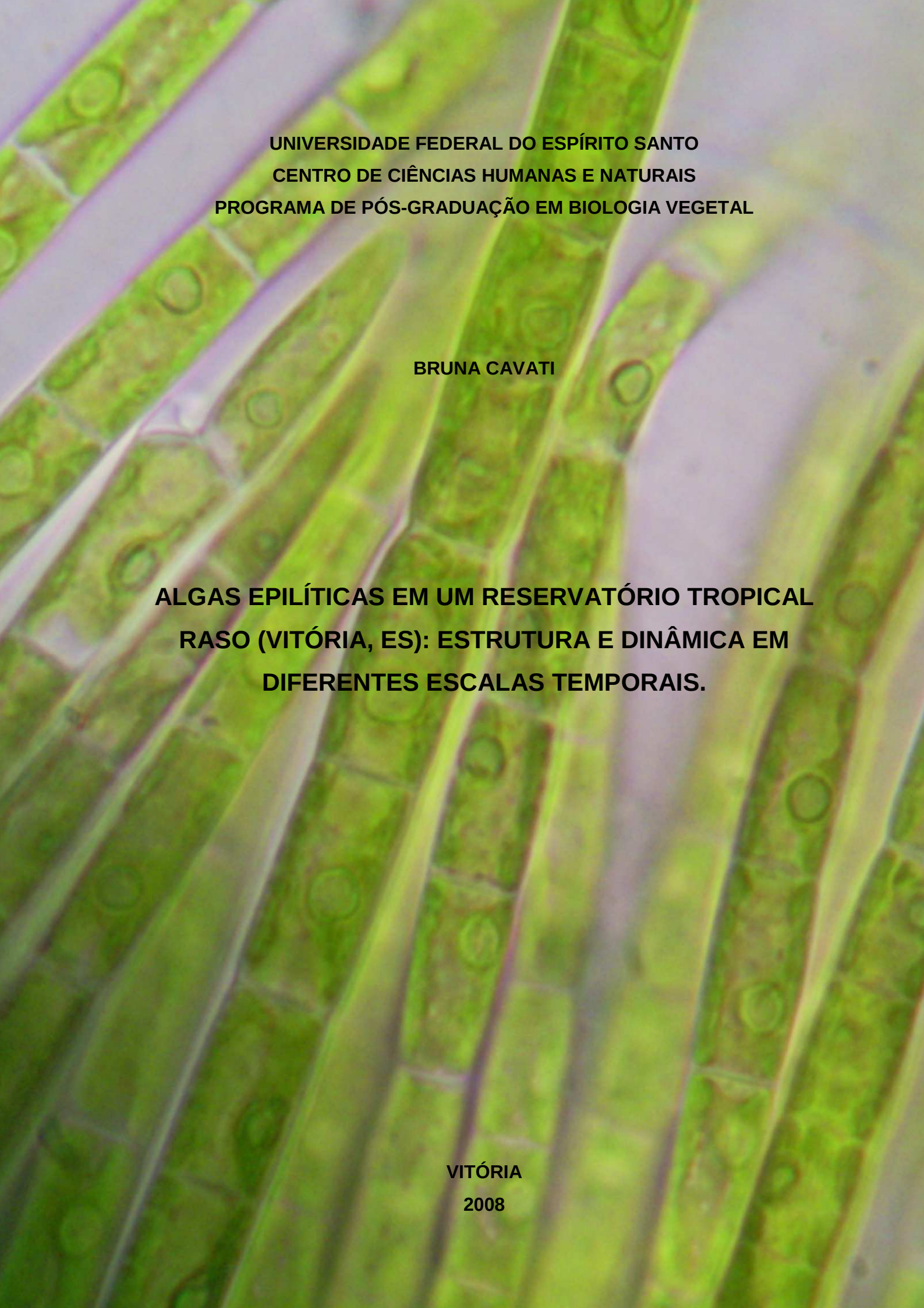




UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

BRUNA CAVATI

**ALGAS EPILÍTICAS EM UM RESERVATÓRIO TROPICAL
RASO (VITÓRIA, ES): ESTRUTURA E DINÂMICA EM
DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS.**

VITÓRIA
2008

BRUNA CAVATI

**ALGAS EPILÍTICAS EM UM RESERVATÓRIO TROPICAL
RASO (VITÓRIA, ES): ESTRUTURA E DINÂMICA EM
DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Diolina Moura Silva

VITÓRIA

2008

BRUNA CAVATI

**ALGAS EPILÍTICAS EM UM RESERVATÓRIO TROPICAL
RASO (VITÓRIA, ES): ESTRUTURA E DINÂMICA EM
DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração Fisiologia Vegetal.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Diolina Moura Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Co-orientadora

Prof. Dr. Camilo Dias Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro interno

Prof^a. Dr^a. Liliana Rodrigues
Universidade Estadual de Maringá (PR)
Membro externo

Dedico este trabalho aos meus pais Penha e Valentim, a minha irmã Ana Paula, ao meu namorado Izídio, a minha orientadora Valéria e a todos os integrantes do LATEAC (Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais). Todos vocês foram essenciais para a realização desta pesquisa!

AGRADECIMENTOS

Desde a idealização até a montagem e instalação do experimento e a realização desta pesquisa, pude contar com a ajuda de pessoas maravilhosas, que colaboraram das mais diversas formas para que este sonho se tornasse realidade. Agradeço a todos por terem vivido este sonho comigo!

Aos meus pais, Penha e Valentim, e minha irmã, Ana Paula, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. A nossa união e o amor que sentimos uns pelos outros sempre foram meu porto seguro.

Ao meu amor Izídio, pelo amor, confiança e incentivo de sempre, por me ajudar na idealização do experimento e por acreditar e me fazer ver que tudo daria certo. Sem seu apoio tudo seria mais difícil!

A minha madrinha Christiany, pela preocupação com meu bem-estar e por tornar meus dias de mestrandia mais “gostosos e saudáveis”.

A minha orientadora Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes pelo aprendizado, confiança, credibilidade, oportunidade e apoio durante todos estes anos de convivência, contribuindo, como MESTRE, para a minha formação profissional. A minha amiga Val agradeço por todos os momentos que compartilhamos: os felizes, alegres e de muitas risadas, que tornaram nossos dias de trabalho muito mais agradáveis, e os tristes e difíceis, quando fomos a força uma da outra.

Ao LATEAC (Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais), na pessoa da coordenadora Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes, pelo fornecimento de excelente infra-estrutura, material e equipamentos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos integrantes do LATEAC, antigos e atuais, que me ajudaram e me deram força em todos os momentos deste estudo, desde a elaboração até a montagem e instalação do experimento, além do fundamental e indispensável apoio durante as coletas e o trabalho de laboratório: Adriano, Bruna D'Ângela, Danilo, Flávia, Juliana

Miranda, Juliana Santiago, Karol, Lara, Larissa, Lidiane, Raiany, Ranyelle, Sâmia, Stéfano, Thaís Almeida e Thaís Barcelos. Obrigada por vocês terem abdicado de seu tempo livre para me ajudarem, sem vocês este trabalho não seria realizado.

As amigas Bruna D'Ângela, Larissa e Thais Almeida pelos maravilhosos momentos que compartilhamos, pelo carinho de irmãs, pelas palavras amigas nos momentos de dificuldade e por estarem sempre ao meu lado, torcendo por mim. Vocês são especiais!

A amiga Bruna D'Ângela pelo constante apoio emocional, pela prontidão em atender aos meus telefonemas desesperados e pela disposição em sanar minhas dúvidas e me ajudar com a estatística e o biovolume.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

Aos professores, funcionários e estagiários do Setor Botânica pela amizade, incentivo, apoio e empréstimo de materiais e equipamentos.

Aos meus colegas de mestrado, Ana Paula, Elias, Gabriela, Kamila, Mariela, Polyana, Sabrina, Sigrid e Tarcila, pelos momentos de descontração, pelas valiosas sugestões, pelo apoio e agradável convivência.

A Dr^a. Diolina Moura Silva pela co-orientação e valiosas sugestões.

Ao Dr. Camilo Dias Júnior pela revisão do trabalho, pelo auxílio na interpretação dos resultados e por sua disposição em me ajudar.

A Dr^a. Liliana Rodrigues pela atenção e pela prontidão em sanar minhas dúvidas.

A Dr^a. Viviane Moschini-Carlos pela suplência da banca.

Ao Dr. Eduardo Alexis Lobo e a Dr^a. Ana Luiza Burliga por terem me auxiliado nas questões quanto a metodologia utilizada para amostragem de epilítton e pelo fornecimento de material teórico.

A Dr^a. Rosane Aguiar pelo auxílio com a taxonomia das Cyanobacteria.

A Dr^a. Maria do Carmo e seu marido Guilherme Batitucci pelo apoio nos primeiros passos desta pesquisa.

Ao Dr. Gilberto Fonseca Barroso pela gentil e valiosa contribuição através da confecção do mapa da área de estudo.

Aos funcionários da central de abastecimento de carros pipa da Prefeitura Municipal de Vitória, especialmente Antônio, Camarão, Daniel, George, Helder, Sandro e Zoé, pela ajuda em todo trabalho de campo: na montagem e instalação do experimento e no manuseio de equipamentos e do barco.

Ao laboratório de química da Aracruz Celulose pelo fornecimento do espaço físico, equipamentos e reagentes para análise de nutrientes, em especial a Thábita e Lorena, pela ajuda com as análises.

A Thaís Barcelos e seus pais pela atenção e gentileza de terem conseguido a permissão para realização das análises dos nutrientes no laboratório de química da Aracruz Celulose.

A prefeitura Municipal de Vitória pela permissão para desenvolver esta pesquisa na lagoa de Captação, pelo empréstimo do barco e pela bolsa concedida através da FACITEC.

A Deus por estar comigo em todos os momentos: difíceis - dando-me a mão quando caí, o sorriso quando entristeci, a força quando fraquejei - e alegres - mostrando-me que com fé, confiança e perseverança os sonhos se tornam possíveis. Obrigada, senhor, por colocar em meu caminho pessoas tão maravilhosas!

O mundo está nas mãos daqueles
que têm a coragem de sonhar e de
correr o risco de viver seus sonhos.

(Paulo Coelho)

RESUMO

Esta pesquisa, desenvolvida na lagoa de Captação da central de abastecimento de carros pipa da Prefeitura de Vitória, um reservatório tropical raso, objetivou avaliar mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade de algas epilíticas em diferentes escalas temporais (sucessão e períodos hidrológicos), em substrato artificial rochoso. Uma estrutura experimental foi confeccionada, servindo de suporte para os substratos rochosos, e implantada em uma estação amostral no ponto central do reservatório. Em cada período (seco e chuvoso) o experimento durou 61 dias. Determinaram-se: velocidade do vento, intensidade luminosa, profundidade, transparência, zona eufótica, temperatura do ar e da água, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total kjeldahl, ortofosfato, fósforo total dissolvido e sílica. Os dados climatológicos (pluviosidade e temperatura do ar) foram obtidos na estação meteorológica do Incaper. A estrutura e a dinâmica da comunidade foram avaliadas com base nos seguintes atributos: riqueza de táxons, densidade, abundância, dominância, diversidade específica, equitabilidade e biovolume. Foram quantificadas também as concentrações das clorofilas *a*, *b* e *c*, carotenóides e feopigmentos nas algas epilíticas. O período de maior precipitação acarretou em menores valores dos nutrientes nitrogenados e de condutividade elétrica e maior carreamento de material alóctone e turbulência, elevando a turbidez e a concentração de fósforo. De acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, a lagoa de Captação se enquadra na classificação de águas tipo 2 (destinadas a irrigação de parques e jardins) e só não está em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos quanto aos teores de fósforo. Foram registrados 115 táxons com predomínio qualitativo das Classes Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae. A densidade, o biovolume e a concentração dos pigmentos foram crescentes em ambos os períodos, porém o aumento mais expressivo da densidade e dos pigmentos ocorreu no período seco e do biovolume no período chuvoso. Os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram variação temporal a curto e longo prazo. Em termos quantitativos, o padrão de sucessão se deu da seguinte forma: colonização inicial de Chlorophyceae, a qual foi substituída por Cyanophyceae nos estágios intermediários e finais. Bacillariophyceae contribuiu nos estágios intermediários, porém de forma mais intensa no período seco. Com relação ao biovolume, a Classe Chlorophyceae se destacou. A variabilidade da comunidade a curto prazo foi determinada por processos autogênicos (competição e limitação por recursos), sendo estes eventos mais acentuados no período seco. A longo prazo, a variação nos índices pluviométricos e na concentração dos nutrientes nitrogenados e fosfatados é que foram determinantes. Os atributos riqueza, densidade e concentração de pigmentos mostraram respostas mais sensíveis a limitação por nitrogênio e aos efeitos perturbatórios que o biovolume, o qual foi mascarado no período chuvoso pela representatividade taxonômica.

Palavras-chave: Algas epilíticas. Períodos seco e chuvoso. Sucessão. Reservatório raso.

ABSTRACT

This research, developed in the Captation Lagoon of the water trucks supplying center of the City Prefecture of Vitória, a shallow tropical reservoir, aimed to evaluate changes in the structure and dynamics of the epilithic algae community in different temporal scales (succession and hydrological periods) in artificial limestone substratum. An experimental structure was confectioned, serving of support for limestone substrata, and implanted in the sampling site (located in the middle of the lagoon). The experiment had lasted 61 days in each season (dry and rainy). The measured abiotical variables were: wind velocity, light intensity, site depth, Secchi transparency, eufotic zone, air and water temperature, electric conductivity, total solids in suspension, turbidity, dissolved oxygen, pH, nitrite, nitrate, ammoniacal nitrogen, total nitrogen (kjeldahl), ortophosphate, total phosphorus dissolved and silica. The climatological data (precipitation and air temperature) had been obtained from the Incaper meteorological station. The structure and dynamics of the community had been evaluated based in the following attributes: specie richness, density, abundance, dominancy, diversity, evenness and biovolume. The chlorophylls *a*, *b* and *c*, carotenoids and phaeopigments concentrations had also been quantified in the epilithic algae. The lowest nitrogen-nutrients and electric conductivity values and the highest turbidity and phosphorus concentration values were reported in the higher precipitation period. According CONAMA resolution nº357/2005, the Captation lagoon can be classified as "water class 2" (destinated to parks and garden irrigation) and only the phosphorus values are higher than the resolution standard quality values. 115 taxa were reported, with qualitative predominance of the Class Cyanophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae. In both periods, the density, biovolume and pigments concentrations were crescent; however, the most expressive density and pigments concentration increase occurred in the dry season, as long as the biovolume increase occurred in the rainy season. The diversity and evenness index showed temporal variations in short and long-term. The succession standard was, quantitatively: initial colonization by Chlorophyceae, which was substituted by Cyanophyceae in the intermediary and final stages. Bacillariophyceae contributed in the intermediary stages, mainly in the dry season. Chlorophyceae showed the highest relevance to biovolume. Short-term community variability was determined by autogenic process (competition and resources limitation), which were more accentuated in dry season. Pluviometric index and nitrogen and phosphorus-nutrients concentrations variation were determinants in long-term. The specie richness, density and pigments concentrations showed more sensible answers to nitrogen and to the disturbance features than the biovolume, which was masked in the rainy season by the taxonomic representation.

Key words: Epilithic algae. Dry and rainy period. Succession. Shallow reservoir.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da região estudada.....	28
Figura 2 - Lagoa de Captação e seus usos.....	29
Figura 3 - Diagrama da interligação superficial entre as lagoas localizadas nas áreas pertencentes à Vale.....	29
Figura 4 - Montagem e instalação do experimento.....	31
Figura 5 - Médias mensais de temperatura do ar e totais mensais de pluviosidade.....	42
Figura 6 - Variação temporal da temperatura do ar a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	43
Figura 7 - Variação temporal da profundidade, transparência da água e zona eufótica a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	46
Figura 8 - Variação temporal dos perfis verticais da temperatura da água e do oxigênio dissolvido durante o período seco.....	48
Figura 9 - Variação temporal dos perfis verticais da temperatura da água e do oxigênio dissolvido durante o período chuvoso.....	49
Figura 10 - Variação temporal do pH a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	50
Figura 11 - Variação temporal da condutividade elétrica a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	51
Figura 12 - Variação temporal dos sólidos totais em suspensão e turbidez a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	52
Figura 13 - Variação temporal da concentração de nitrato a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	53
Figura 14 - Variação temporal da concentração de nitrito a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	53
Figura 15 - Variação temporal da concentração de nitrogênio amoniacal a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	54
Figura 16 - Variação temporal da concentração de nitrogênio total Kjeldahl a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	55
Figura 17 - Variação temporal da concentração de ortofosfato a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	55

Figura 18 - Variação temporal da concentração de fósforo total dissolvido a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	56
Figura 19 - Variação temporal da concentração de sílica solúvel a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	57
Figura 20 - Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o estudo.....	58
Figura 21 - Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o período seco.....	58
Figura 22 - Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o período chuvoso.....	59
Figura 23 - Variação temporal da densidade total média ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	67
Figura 24 - Observação visual da colonização do epilíton no período seco.....	67
Figura 25 - Observação visual da colonização do epilíton no período chuvoso.....	68
Figura 26 - Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período seco.....	69
Figura 27 - Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.....	70
Figura 28 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período seco.....	70
Figura 29 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.....	71
Figura 30 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período seco.....	72
Figura 31 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.....	72
Figura 32 - Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas abundantes e dominantes na densidade total média ($n = 3$) no período seco.....	74
Figura 33 - Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas abundantes e dominantes na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.....	75

Figura 34 - Variação temporal dos valores médios de diversidade específica (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	76
Figura 35 - Variação temporal dos valores médios de eqüitabilidade (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	77
Figura 36 - Variação temporal do biovolume total médio (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	78
Figura 37 - Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período seco.....	78
Figura 38 - Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.....	79
Figura 39 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período seco.....	80
Figura 40 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.....	80
Figura 41 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período seco.....	81
Figura 42 - Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.....	82
Figura 43 - Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas com representatividade acima de 5% do biovolume total médio (n = 3) no período seco.....	83
Figura 44 - Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas com representatividade acima de 5% do biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.....	83
Figura 45 - Variação temporal a curto prazo dos valores médios dos pigmentos (n = 3) e erro padrão durante o período seco.....	84
Figura 46 - Variação temporal a curto prazo dos valores médios dos pigmentos (n = 3) e erro padrão durante o período chuvoso.....	85
Figura 47 - Variação temporal da concentração média de clorofila a (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	86

Figura 48 - Variação temporal da concentração média de clorofila <i>b</i> (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	87
Figura 49 - Variação temporal da concentração média de clorofila <i>c</i> (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	88
Figura 50 - Variação temporal da concentração média de carotenóides (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	89
Figura 51 - Variação temporal da concentração média de feopigmentos (n = 3) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	90
Figura 52 - Variação temporal das taxas médias de acumulação de biomassa fotossintética (n = 3) no período seco.....	90
Figura 53 - Variação temporal das taxas médias de acumulação de biomassa fotossintética (n = 3) no período chuvoso.....	91
Figura 54 - Análise dos Componentes Principais das variáveis abióticas (Fator 1 x Fator 2) durante o estudo.....	95
Figura 55 - Análise dos Componentes Principais das variáveis abióticas (Fator 1 x Fator 3) durante o estudo.....	95
Figura 56 - Análise dos Componentes Principais das variáveis bióticas e abióticas (Fator 1 x Fator 2) durante o estudo.....	105
Figura 57 - Análise dos Componentes Principais das variáveis bióticas e abióticas (Fator 1 x Fator 3) durante o estudo.....	106
Figura 58 - Ordenação dos períodos amostrais (seco e chuvoso) e dias de colonização (amostragens) pela análise de componentes principais (Fator 1 x Fator 2) das variáveis bióticas e abióticas.....	107
Figura 59 - Ordenação dos períodos amostrais (seco e chuvoso) e dias de colonização (amostragens) pela análise de componentes principais (Fator 1 x Fator 3) das variáveis bióticas e abióticas.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação temporal da velocidade do vento e intensidade luminosa a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).....	44
Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis abióticas durante os períodos seco e chuvoso.....	45
Tabela 3 - Ficoflórula epilítica da lagoa de Captação e frequência de ocorrência durante os períodos seco e chuvoso.....	60
Tabela 4 - Teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis abióticas entre os períodos seco e chuvoso.....	92
Tabela 5 - Matriz de correlação entre as variáveis abióticas.....	93
Tabela 6 - Correlação das variáveis abióticas com os fatores 1, 2 e 3.....	94
Tabela 7 - Testes estatísticos para Densidade Total ($\text{ind}/\text{cm}^2 \times 10^3$).....	96
Tabela 8 - Testes estatísticos para Biovolume Total (mm^3/cm^2).....	97
Tabela 9 - Testes estatísticos para Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	97
Tabela 10 - Testes estatísticos para Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	98
Tabela 11 - Testes estatísticos para Clorofila c ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	98
Tabela 12 - Testes estatísticos para Carotenóides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	99
Tabela 13 - Testes estatísticos para Feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	99
Tabela 14 - Testes estatísticos para Diversidade Específica (bits/ind).....	100
Tabela 15 - Testes estatísticos para Equitabilidade.....	100
Tabela 16 - Matriz de correlação entre as variáveis bióticas.....	101
Tabela 17 - Matriz de correlação entre as variáveis bióticas e abióticas.....	102
Tabela 18 - Correlação das variáveis bióticas e abióticas com os fatores 1, 2 e 3.....	104
Tabela 19: Estatística descritiva da Densidade Total ($\text{ind}/\text{cm}^2 \times 10^3$).....	163
Tabela 20: Estatística descritiva do Biovolume Total (mm^3/cm^2).....	163
Tabela 21: Estatística descritiva da Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	164
Tabela 22: Estatística descritiva da Clorofila b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	164
Tabela 23: Estatística descritiva da Clorofila c ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	165
Tabela 24: Estatística descritiva dos Carotenóides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	165
Tabela 25: Estatística descritiva dos Feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).....	166
Tabela 26: Estatística descritiva da Diversidade Específica (Bits/Ind.).....	166
Tabela 27: Estatística descritiva da Equitabilidade.....	167
Tabela 28 - Significado das abreviações utilizadas no texto.....	168

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 HIPÓTESES.....	24
3 OBJETIVOS.....	24
3.1 Objetivo Geral.....	24
3.2 Objetivos Específicos.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Área de estudo.....	25
4.2 Montagem e instalação do experimento.....	29
4.3 Substrato artificial.....	32
4.4 Periodicidade das coletas e estação amostral.....	32
4.5 Variáveis climatológicas.....	33
4.6 Variáveis limnológicas.....	33
4.6.1 Variáveis limnológicas determinadas em campo.....	34
4.6.2 Variáveis limnológicas determinadas em laboratório.....	34
4.7 Amostragem do epilítton e tratamento das amostras.....	35
4.7.1 Análise qualitativa.....	35
4.7.2 Análise quantitativa.....	36
4.7.3 Estimativa do biovolume.....	39
4.7.4 Quantificação dos pigmentos.....	39
4.7.5 Taxa de acumulação de biomassa.....	40
4.8 Tratamento e análises estatísticas.....	41
5. RESULTADOS.....	42
5.1 Variáveis Climatológicas.....	42
5.2 Variáveis Limnológicas.....	44
5.2.1 Profundidade da coluna d'água, transparência e zona eufótica.....	45
5.2.2 Temperatura da água e oxigênio dissolvido.....	46
5.2.3 pH.....	50
5.2.4 Condutividade elétrica.....	50
5.2.5 Sólidos totais em suspensão (STS) e turbidez.....	51
5.3 Nutrientes.....	52
5.3.1 Série Nitrogênio.....	52
5.3.1.1 Nitrato.....	52

5.3.1.2 Nitrito.....	53
5.3.1.3 Nitrogênio amoniacal.....	54
5.3.1.4 Nitrogênio total kjeldahl.....	54
5.3.2 Série Fósforo.....	55
5.3.2.1 Ortofosfato.....	55
5.3.2.2 Fósforo total dissolvido.....	56
5.3.3 Sílica solúvel.....	56
5.4 Comunidade Epilítica.....	57
5.4.1 Riqueza e composição específica	57
5.4.2 Densidade.....	66
5.4.3 Espécies abundantes e dominantes.....	73
5.4.4 Índices de diversidade específica e equitabilidade.....	75
5.4.5 Biovolume.....	77
5.4.6 Pigmentos.....	84
5.4.7 Taxa de acumulação de biomassa.....	90
5.5 Análises Estatísticas.....	91
5.5.1 Variáveis abióticas.....	91
5.5.1.1 Teste Mann-Whitney.....	91
5.5.1.2 Coeficiente de Correlação de Spearman.....	92
5.5.1.3 Análise Multivariada em Componentes Principais.....	94
5.5.2 Variáveis bióticas.....	96
5.5.2.1 Teste Krukal-Wallis e Teste Mann-Whitney.....	96
5.5.2.2 Coeficiente de Correlação de Spearman.....	100
5.5.3 Variáveis bióticas e abióticas em conjunto.....	101
5.5.3.1 Coeficiente de Correlação de Spearman.....	101
5.5.3.2 Análise Multivariada em Componentes Principais.....	103
6 DISCUSSÃO	108
6.1 Variáveis Climatológicas.....	108
6.2 Variáveis Limnológicas.....	109
6.3 Estrutura e dinâmica da comunidade de algas epilíticas e sua relação com as variáveis abióticas.....	123
7 CONCLUSÕES	147
8 REFERÊNCIAS	148
ANEXOS	162

1 INTRODUÇÃO

Reservatórios são ambientes aquáticos criados artificialmente através do represamento de rios ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazão sujeita a controle (CRUZ; FABRIZY, 1995). Estes corpos d'água são criados com a finalidade de suprir as crescentes demandas sócio-econômicas da humanidade, sustentando assim o desenvolvimento industrial, agrícola e urbano. Dentre os múltiplos usos dos reservatórios, destacam-se produção de alimentos (pesca e piscicultura), fornecimento de água para abastecimento doméstico, industrial e irrigação, hidroeletricidade, recreação, turismo e navegação (TUNDISI, 2006).

Os reservatórios são extremamente complexos e variáveis, devido ao caráter intermediário de sua estrutura e dinâmica, que se posiciona entre a de um rio e de um lago (MARGALEF, 1975). Em um reservatório, o sentido predominante do eixo ao redor do qual os processos se organizam pode passar de vertical (como em lagos) para o horizontal (como em rios) e vice-versa, dependendo do tempo de residência da água (AGOSTINHO; GOMES, 1997).

Estes ambientes modificados estão submetidos a forças naturais e artificiais, oriundas da bacia hidrográfica, do regime hidrológico e climatológico, das atividades humanas (TUNDISI, 2006) e de características intrínsecas, como morfometria, vazão, padrão de circulação, profundidade, área, desenho da barragem e procedimentos operacionais (AGOSTINHO; GOMES, 2006), constituindo, assim, uma rede interativa.

O represamento destes sistemas aquáticos para os mais diversos fins acarreta impactos que afetam os componentes físicos, químicos e biológicos do ambiente (BIANCHINI JR., 1994), modificando sua paisagem natural. Além das consequências ocasionadas pelo barramento dos cursos d'água, as atividades humanas no entorno, o despejo de efluentes domésticos e industriais entre outras atividades impactantes, são os principais responsáveis pela rápida degradação dos reservatórios (WETZEL, 2001).

Nos últimos anos tem sido crescente a preocupação com a conservação e a utilização racional dos cursos d'água, considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico do ambiente aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas em função de seus múltiplos usos pelo homem (resolução CONAMA Nº.20, 1986). Entretanto, a qualidade das águas vem sendo degradada de maneira alarmante, afetando diretamente as comunidades aquáticas (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999).

Um efeito bem documentado, que reflete a ação antrópica sobre os ecossistemas aquáticos, é a eutrofização artificial. Este termo é utilizado para descrever os efeitos biológicos resultantes do aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio (ESTEVES, 1998). Segundo Harper (1992), este é um termo multifacetado e que promove alterações em nível biológico: na produtividade primária, na composição específica das comunidades biológicas, nas cadeias alimentares e nos fluxos energéticos; em nível econômico: problemas na produção pesqueira e na irrigação de áreas agrícolas; em nível social: torna áreas de recreação e lazer impróprias para o uso e em nível de saúde: torna as águas dos mananciais impróprias ao consumo humano.

As investigações sobre as respostas dos produtores primários à eutrofização se concentram principalmente na comunidade fitoplanctônica, tanto em escala mundial quanto no Brasil (RODRIGUES, 1998). De acordo com Fermino (2006) e Vercellino (2007), a comunidade perifítica foi negligenciada por muito tempo, inclusive no Brasil, apesar de ser excelente bioindicadora da qualidade ecológica da água. Entretanto, Domozych e Domozych (2008) salientam que há um aumento substancial recente de pesquisas com biofilme perifítico, sobretudo em rios e em corpos d'água relativamente profundos. Segundo estes autores, tais pesquisas tem contribuído muito para o entendimento da ecologia desta comunidade, permitindo que este conhecimento seja aplicado ao tratamento de água, à medicina, à indústria e à ciência ambiental.

O perifíton é uma complexa comunidade de microorganismos (algas, bactérias, fungos, protozoários, microcrustáceos), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos ou associados a substratos naturais ou artificiais, vivos ou mortos (WETZEL, 1983). É

caracterizado por constituir uma bioderme que varia em termos de espessura (de mm a alguns cm) sendo visto como manchas verdes ou amarronzadas recobrendo rochas, troncos, carapaças de animais, objetos inertes e vegetação submersa (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003). A comunidade perifítica é composta em sua maioria por algas, chegando a constituir 95 a 99% desta comunidade (WETZEL, 1990; FERNANDES, 1997). De acordo com Round (1964), provavelmente mais de 90% de todas as algas crescem aderidas ou associadas a um substrato.

Diversos autores (CHAMIXAES, 1991; FERNANDES 1993; 1997; STEVENSON, 1996; MOSCHINI-CARLOS, 1999; BIGGS; KILROY, 2000; WETZEL, 2001) ressaltam a importância das algas perifíticas: são importantes produtores primários dos ecossistemas aquáticos, principalmente em pequenos rios e lagos rasos, onde chegam a contribuir com cerca de 70 a 85% da produção primária total; desempenham reconhecido papel nos ciclos energéticos, sendo reconhecidas como principal local de deposição de carbono orgânico, como importantes sequestradoras de nutrientes e como fonte alimentar para inúmeros invertebrados e peixes, atuando como componentes-chave para os ciclos de nutrientes e para as cadeias alimentares; servem como habitat e refúgio contra predadores para diversos organismos; possuem expressiva biodiversidade que resulta da heterogeneidade de habitats, das diferentes estratégias para colonização dos substratos, bem como da interação e do intercâmbio com o fitoplâncton.

Além de sua relevância no funcionamento dos ambientes, o perifíton possui várias características que lhe conferem vantagens como bioindicador em estudos ambientais. Dentre tais características, destacam-se a capacidade de converter muitos compostos inorgânicos em orgânicos; o modo de vida sésil, juntamente com o curto ciclo de vida, que fazem com que o perifíton responda rapidamente às alterações ocorridas na água; a riqueza de espécies, se comparado às outras comunidades aquáticas, constituindo um rico sistema de informações para o monitoramento ambiental; a capacidade de acumular grandes quantidades de nutrientes e substâncias poluentes dissolvidos, integrando a qualidade da coluna d'água, e por ser considerado um "ecossistema modelo", já que é adequado para avaliar colonização, sucessão, diversidade e estabilidade de comunidades (LOWE; PAN, 1996).

A estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas é descrita pela composição, riqueza, frequência de ocorrência das espécies, biomassa, densidade, diversidade específica e arquitetura (arranjo espacial dos componentes do biofilme) (WETZEL, 1983; MOSCHINI-CARLOS, 1999). Turbulência, sazonalidade, estado trófico da água, luz, natureza e qualidade do substrato – como composição química e rugosidade –, herbivoria e competição intra e interespecífica são fatores que podem interferir nos padrões da comunidade perifítica (WETZEL, 2001; RODRIGUES et al, 2005).

Tanto nos ecossistemas lênticos quanto nos lóticos, a estrutura da comunidade perifítica apresenta uma dinâmica temporal, denominada variabilidade sucessional, que varia de acordo com as condições climáticas e hidrodinâmicas do ambiente, com as condições físicas e químicas da água e com as características biológicas específicas (MOSCHINI-CARLOS, 1999). A sucessão resulta da modificação do ambiente físico pela própria comunidade e de interações de competição e coexistência entre as populações, embora os fatores abióticos determinem o padrão e a velocidade de sucessão, inferindo inclusive como fatores limitantes a essas mudanças (ODUM, 1983). Segundo Stevenson (1996), através do estudo da dinâmica sucessional é possível conhecer o pico de biomassa, o tempo decorrente para que este aconteça e as alterações na composição taxonômica, as quais dependem das estratégias adaptativas de cada espécie. Para Baffico (2001) entender a sucessão da comunidade perifítica é de fundamental importância para avaliar e prever como as mudanças ambientais podem afetar a comunidade e, assim, utilizá-la como bioindicadora.

Diferentes substratos (artificiais ou naturais, vivos ou mortos) podem ser utilizados no estudo da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica. Dentre os vários tipos de substratos artificiais utilizados, destacam-se lâminas e tubos de vidro e acrílico, blocos de concreto, pedras, areia e lâminas de metal e de plástico (WETZEL, 2001).

A utilização de substratos artificiais em pesquisas com perifíton apresenta uma série de vantagens, como superfície uniforme; facilidade de determinação da área colonizada e da extração do material aderido; programação do tempo de exposição

do substrato para a realização de estudos de sucessão; realização de estudos experimentais que visem comparar o grau de eutrofização dos sistemas aquáticos e eliminar os processos de fotossíntese, respiração e excreção das plantas hospedeiras (PANITZ, 1980); além de ser bastante útil quando há dificuldade de se encontrar substratos naturais (plantas aquáticas, por exemplo) permanentemente submersos (WATANABE, 1985).

No entanto, estudos comparativos têm demonstrado que o perifíton que cresce em substrato artificial é significativamente diferente do encontrado em substrato natural, estabelecendo muita controvérsia sobre a existência de diferenças entre a composição de espécies, a estrutura e o metabolismo da comunidade (FERNANDES, 1993; 1997; MOSCHINI-CARLOS, 1999). Wetzel (2001) afirmou que existem muitas restrições inerentes ao uso de substratos artificiais; Cattaneo e Amirealt (1992) debateram a respeito da acuracidade do perifíton de substrato artificial representar a comunidade de substrato natural, uma vez que a amostragem do perifíton nesse substrato é mais precisa do que naquele. Martins (2006) salientou que os substratos naturais refletem as reais condições do ambiente por fazerem parte da ecologia da paisagem dos mesmos. Assim, a escolha do tipo de substrato e da técnica de exposição dos substratos artificiais varia de acordo com os objetivos da pesquisa.

Vários termos foram criados para classificar as algas perifíticas de acordo com os substratos que colonizam: algas epipéllicas (ficoflora que se desenvolve sobre o sedimento), algas epilíticas (sobre as superfícies de rochas ou pedras), algas epífitas (crescem sobre a superfície de macrófitas aquáticas), algas epizoóicas (se desenvolvem sobre superfícies animais), algas episâmicas (vivem por entre os grãos do sedimento) (WETZEL, 1981; STEVENSON, 1996).

As rochas fornecem superfícies rígidas e estáveis às algas perifíticas, sendo bastante indicadas como substratos (artificiais ou naturais) em estudos experimentais com esta comunidade (VADEBONCOEUR et al, 2006), que passa a ser chamada de comunidade epilítica. Entretanto, Burkholder (1996) salienta que as relações entre as algas epilíticas e seu substrato ainda não estão elucidadas, devido a escassez de estudos desta natureza, e que as rochas podem fornecer recursos

para as algas, dependendo da composição química e da porosidade da rocha, bem como da temperatura e do pH do meio aquático. Para Parfenova et al (2008), não somente os parâmetros físico-químicos do ambiente aquático e das rochas, mas também a atividade da bioderme que se desenvolve sobre elas, exerce importante papel nos processos erosivos, os quais tornam os minerais disponíveis para o meio e para as comunidades biológicas que ali se desenvolvem.

No Brasil, poucos são os estudos desenvolvidos com a comunidade epilítica, sendo que a maioria foi realizada com a comunidade de diatomáceas em rios e riachos, principalmente na região Sul do país. Destacam-se as seguintes pesquisas: Lobo (1997), Rodrigues e Lobo (2000), Lobo, Callegaro e Bender (2002), Salomoni (2004), Salomoni et al (2006), Hermany et al (2006), Scheneck, Torgan e Schwarzbald (2007), todas realizadas em ambientes lóticos da região Sul, abordando a comunidade de diatomáceas epilíticas como bioindicadora da qualidade da água; Mourthé-Júnior (2000), realizada no estado de Minas Gerais, e Souza (2002), desenvolvida no estado de São Paulo, ambas com abordagem também da comunidade de diatomáceas epilíticas e sua relação com as variáveis físicas e químicas de ambientes lóticos; Burliga (2003) e Burliga et al (2004), com enfoque na estrutura da comunidade e tipos funcionais de algas epilíticas em um rio no sul do país e Moresco (2006), que avaliou a comunidade epilítica em um reservatório também no sul do Brasil. Não só no Brasil, mas em todo o mundo, é notório que pesquisas que englobem todos os grupos de algas epilíticas são bastante escassas, sobretudo em ambientes lênticos, onde pouco se conhece inclusive sobre a comunidade de diatomáceas epilíticas.

No Espírito Santo este panorama não é diferente, pois nenhum estudo havia sido desenvolvido com a comunidade epilítica antes da presente pesquisa. Neste estado, pouco se conhece ainda sobre a estrutura e dinâmica da comunidade perifítica, tanto nos ecossistemas lóticos quanto nos lênticos. Até o momento, foram realizadas as pesquisas de Martins (2002) sobre as comunidades perifítica (em substrato natural) e fitoplanctônica como bioindicadoras da qualidade da água na lagoa da UFES (Vitória); Semionato (2002) que também avaliou o potencial bioindicador do perifíton em substrato artificial (lâminas de vidro) no mesmo ambiente; Cetrangolo (2004) que avaliou a variação temporal e espacial do ficoperifíton em substrato natural e Sartori

(2005) sobre a variação temporal do perifíton em substrato artificial (lâminas de vidro), ambos desenvolvidos em um reservatório de abastecimento doméstico (Duas Bocas, Cariacica); Martins (2006) sobre respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (*in situ*) a diferentes condições ambientais no trecho superior do rio Santa Maria da Vitória (Santa Maria de Jetibá); Cavati (2006) a respeito da variação espacial e temporal da comunidade de algas perifíticas em substrato natural em dois ambientes do baixo rio doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno, Linhares) e Martins e Fernandes (2007) sobre a estrutura da comunidade perifítica em substrato natural na lagoa da UFES.

Atualmente, no Espírito Santo, estão em desenvolvimento três pesquisas com esta comunidade: a de Costa, que vem avaliando a estrutura e a dinâmica temporal da comunidade perifítica em substrato artificial (lâminas de vidro) na lagoa Mãe-Bá (Anchieta, ES); a de Gonçalves, que vem avaliando a seletividade das algas perifíticas a diferentes substratos em um reservatório eutrófico (lagoa de Captação) e a de Zorzal, que está avaliando a influência da herbivoria na sucessão da comunidade perifítica utilizando pedaços de bambu como substrato.

É fundamental, portanto, ampliar e aprofundar o conhecimento sobre o perifíton para melhor compreender a estrutura e dinâmica desta comunidade e o seu papel no funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Este trabalho visa avaliar a comunidade de algas epilíticas em diferentes escalas temporais (sucessão e ciclo hidrológico) em um reservatório tropical raso. Trata-se de contribuição pioneira ao escasso conhecimento sobre a comunidade epilítica em âmbito nacional, sendo pioneira no Espírito Santo e no ecossistema estudado, pois somente a pesquisa de Pereira (2008) foi desenvolvida neste ecossistema, abordando a comunidade fitoplanctônica.

2 HIPÓTESES

- Há variação temporal a longo prazo (períodos seco e chuvoso) na estrutura e dinâmica da comunidade epilítica, explicada pela variação das características limnológicas e climatológicas ao longo do ciclo hidrológico.
- Há variação temporal a curto prazo (dias) na estrutura e dinâmica da comunidade epilítica, explicada principalmente pelos seus processos autogênicos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar as mudanças na estrutura e na dinâmica da comunidade de algas epilíticas em diferentes escalas temporais (variabilidade sucessional e períodos hidrológicos), em substrato artificial rochoso, em um reservatório tropical raso no estado do Espírito Santo.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade de algas epilíticas a longo prazo (períodos seco e chuvoso) e a curto prazo (dinâmica sucessional em dias) em uma estação amostral através dos seguintes atributos: composição específica, riqueza, densidade, abundância, dominância, biovolume, pigmentos, diversidade e equitabilidade;
- Caracterizar a estação de amostragem com relação às variáveis ambientais (limnológicas e climatológicas);

- Relacionar as mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade epilítica às variáveis ambientais (limnológicas e climatológicas);
- Diagnosticar e discutir acerca da qualidade ecológica da água da lagoa de Captação;
- Conhecer a estrutura e dinâmica do epilíton em âmbito estadual e ampliar e aprofundar este conhecimento em âmbito nacional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A lagoa de Captação de água da Central de Abastecimento de Carros Pipa da Prefeitura Municipal de Vitória (Figuras 1, 2a e 2b) possui área de 2.525 m², perímetro de 456,4 m, comprimento aproximado de 127,3 m, largura média de 19,2 m e profundidade média de 2 m. Trata-se de um reservatório pequeno e raso, com pouca vegetação macrofítica, criado artificialmente no ano de 2000 com a finalidade de abastecer carros pipa, os quais fornecem água para irrigação de parques, jardins, áreas verdes e vias públicas do município de Vitória, além de abastecer os lagos artificiais destes parques (Figura 2). Antes da construção deste reservatório, as áreas verdes do município eram irrigadas com água potável (clorada e tratada), o que, segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM), acarretava em desperdício e custo elevado e, por isso, optou-se pela captação de água *in natura*. Ainda segundo a SEMMAM, esta é uma medida ecológica e economicamente correta. Porém, é importante destacar que nenhum monitoramento ambiental é realizado neste ambiente para avaliar a qualidade da água.

Este reservatório está inserido em uma área remanescente de Mata Atlântica, localizada no bairro Jardim Camburi (Vitória, ES) (FIGURA 1), e faz parte de um complexo de 11 lagoas interligadas (Figura 3), formadas artificialmente pelo barramento do córrego Camburi, o qual é originário do Planalto Serrano e, até o ano de 1980, era utilizado para abastecimento doméstico deste bairro (SEMMAM). As 11

lagoas interligadas estão localizadas nas áreas pertencentes à empresa Vale e recebem resíduos das lagoas de estabilização desta empresa, além de efluentes domésticos dos conjuntos habitacionais adjacentes (CEPEMAR, 1995). A lagoa de Captação é uma extensão da 10ª lagoa e é canalizada até a praia de Camburi, onde deságua. A 10ª lagoa, localizada no Parque Botânico da Vale, recebe efluente de lagoas de estabilização, drenagem do pátio de calcário e esgoto doméstico do Conjunto Habitacional Atlântica Ville (CEPEMAR, 1995).

O Estudo de Impacto Ambiental realizado na lagoa 10 antes da construção da barragem que originou a lagoa de Captação revelou elevada concentração de nutrientes, condutividade elétrica e pH, o que evidencia fortes sinais de eutrofização (CEPEMAR, 1995).

A eutrofização torna-se bastante preocupante, uma vez que a água deste ambiente é utilizada para manutenção das lagoas dos parques de Vitória, podendo funcionar como fonte de enriquecimento para as águas das lagoas municipais e como fonte inoculadora de algas, as quais podem se proliferar na coluna d'água ou nos substratos disponíveis, inclusive nas rochas de seu entorno, e provocar eventos de mortandade de peixes e outros animais aquáticos. Frequentes são os relatos e reclamações da população que utiliza os parques municipais como área de recreação e lazer e harmonia paisagística, de eventos de poluição nos lagos ao observarem cor esverdeada, odores desagradáveis e mortandade de peixes.

Além disso, esta água é usada para irrigar jardins do município, o que merece considerável atenção já que as elevadas concentrações de nutrientes presentes nesta água podem ser tóxicas às plantas. Há de se considerar ainda a possível contaminação dos lençóis freáticos. Tais fatos levam à degradação ambiental, além de pôr em risco a biodiversidade local.

O tipo climático predominante na região estudada, segundo a classificação de Köppen – Geiger (1936), é o tropical quente com estações seca e úmida ("Aw"). As menores precipitações pluviométricas ocorrem no mês de agosto e maiores nos meses de outubro a janeiro, sendo o restante do ano parcialmente seco. A

temperatura média anual do ar é de 30°C e a precipitação média anual é de 1.153 mm (SIAG – Incaper).

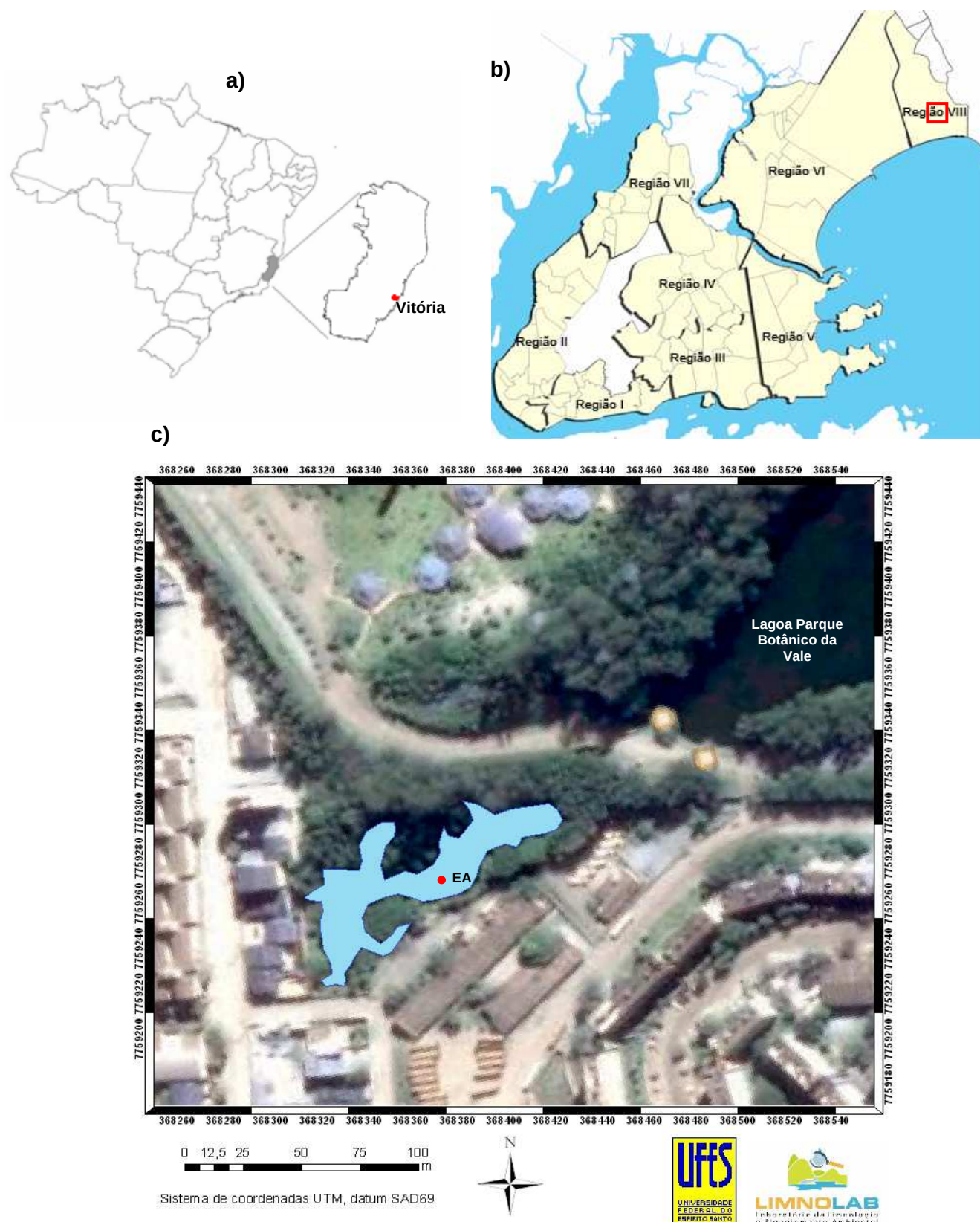


Figura 1: Mapa da região estudada. a) Mapa do Brasil com destaque para o Espírito Santo. b) Município de Vitória e suas regiões administrativas, destacando-se a região VIII constituída exclusivamente pelo bairro Jardim Camburi (INFORMAÇÕES MUNICIPAIS-Prefeitura de Vitória). c) Lagoa de Captação da Central de Abastecimento de Carros Pipa da Prefeitura de Vitória, com destaque para a estação amostral (EA) (LIMNOLAB – UFES, 2008).



Figura 2: Lagoa de Captação e seus usos. a) Vista parcial da lagoa de Captação; b) canalizações ligadas à bomba de captação de água; c) Abastecimento de carro pipa; d) Abastecimento de uma das lagoas do Parque Municipal Pedra da Cebola (Vitória, ES) com água da lagoa de Captação.

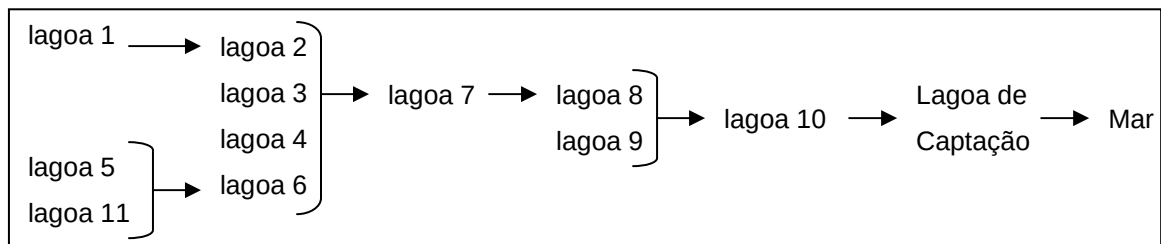


Figura 3: Diagrama da interligação superficial entre as lagoas localizadas nas áreas pertencentes à Vale.

4.2 Montagem e instalação do experimento

Uma estrutura experimental foi confeccionada com a finalidade de servir de suporte para os substratos artificiais rochosos (Figura 4). Em cada lado da estrutura, três bóias do tipo “macarrão” (200 cm de comprimento) (Figura 4c) foram amarradas entre si com fio de nylon, funcionando como flutuadores do experimento. As bóias foram ligadas por 11 barras de alumínio firmes (120 cm de comprimento) (Figura 4c),

inseridas nas bóias através de furos espaçados em 16,5 cm e presas por clips metálicos (Figura 4d). Estas barras serviram de suporte para os substratos rochosos, os quais foram perfurados com auxílio de uma furadeira (Figura 4b) e presos ao experimento por fios de nylon com espaçamento de 14,6 cm. Em cada barra foram amarradas nove pedras, totalizando 99 pedras na estrutura experimental, sendo 90 para utilização na pesquisa e nove extras (Figura 4e). Quatro poitas, que serviram para ancorar o experimento no sedimento foram amarradas à estrutura (uma em cada extremidade) com folga de cerca de 40 cm (Figura 4f) para que o experimento acompanhasse a flutuação do nível da água do reservatório. Tanto no período seco quanto no chuvoso, o experimento foi instalado no ponto central da lagoa de Captação e as rochas ficaram submersas a 30 cm da superfície.

As barras de alumínio foram identificadas por letras e as pedras de cada barra foram identificadas por números uma vez que, antes das coletas, foi feito sorteio de quais pedras seriam coletadas (coletas aleatórias).



Figura 4: Montagem e instalação do experimento. a) substrato artificial rochoso; b) substrato sendo furado; c) bóias “macarrão” amarradas entre si e ligadas por barras de alumínio; d) clips metálicos prendendo as barras de alumínio às bóias macarrão; e) estrutura experimental montada; f) implantação do experimento na água.

4.3 Substrato artificial

Para este estudo, optou-se por trabalhar com substrato artificial uma vez que este é bastante indicado em estudos que visem avaliar a sucessão da comunidade perifítica e em ambientes que não apresentem vegetação aquática em abundância, como é o caso da lagoa de Captação, e por serem de fácil manuseio, remoção do material aderido e determinação de área colonizada (FERNANDES, 1997; POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Os substratos artificiais utilizados neste experimento foram sobras de mármore branco polidas (Figura 4a), usadas na ornamentação de jardins. Estas rochas foram escolhidas como substratos artificiais para este experimento por apresentarem: tamanho adequado; superfície porosa, que auxilia a fixação das algas, porém regular, que facilita a remoção das algas e determinação da área de colonização; serem fáceis de furar; serem encontradas com facilidade no Espírito Santo; pela ausência de estudo no Espírito Santo e no Brasil com a comunidade perifítica que coloniza este substrato. Ainda, observou-se previamente em visita a campo, a densa colonização de pequenas pedras nas margens da lagoa de Captação, levando a crer que as rochas seriam um bom substrato artificial a ser utilizado.

As pedras foram escolhidas uma a uma para evitar discrepância de tamanho e irregularidades em seu formato que poderiam atrapalhar o cálculo da área colonizada. Os critérios utilizados para a escolha foram dimensões de aproximadamente 10 cm de comprimento por 06 cm de largura.

4.4 Periodicidade das coletas e estação amostral

O experimento foi realizado em dois períodos do ciclo anual (período seco – julho a setembro/2007 e período chuvoso – novembro/2007 a janeiro/2008), com duração de 61 dias em cada período, no ponto central da lagoa de Captação (20° 15.580' S e 40° 15.626' H), com profundidade média de 2,0 m. Em ambos os períodos, as coletas foram realizadas com intervalos mais curtos nos estágios iniciais da sucessão e mais espaçados nos estágios finais. Esta periodicidade é citada em

literatura como ideal para acompanhar tanto a rápida colonização dos organismos perifíticos quanto a estabilidade da comunidade (FERNANDES, 1997). No total foram realizadas 10 coletas em cada período (seco e chuvoso).

No período seco, o experimento foi implantado no dia 03 de julho e as coletas foram realizadas nas seguintes datas: 05, 07, 09, 13, 17, 21 e 26 de julho; 02 e 13 de agosto e 03 de setembro, todas no ano de 2007. No período chuvoso, o experimento foi implantado no dia 27 de novembro e as coletas, realizadas com os mesmos intervalos da estação seca, foram feitas nos dias 29 de novembro; 01, 03, 07, 11, 15, 20 e 27 de dezembro, todas no ano de 2007 e 07 e 28 de janeiro de 2008.

4.5 Variáveis climatológicas

Os dados climatológicos mensais (temperatura média do ar e pluviosidade) referentes ao período de abril de 2007 a abril de 2008, foram obtidos no SIAG (Serviço de Informações Agrometeorológicas - Incaper).

A temperatura do ar (°C) foi avaliada com termômetro de bulbo, a velocidade do vento (m/s) com anemômetro portátil digital Instrutherm AD-250 e a intensidade luminosa (W/m^2) com luxímetro portátil Clauvin Arnoux CA810. Todas estas variáveis foram determinadas em campo, nos dias de amostragem.

4.6 Variáveis limnológicas

As variáveis limnológicas foram amostradas a 30 cm da subsuperfície, na água circundante ao substrato artificial colonizado, sempre pela manhã. Oxigênio dissolvido e temperatura da água foram medidos a cada 30 cm em perfil vertical desde a subsuperfície até próximo ao sedimento.

4.6.1 Variáveis limnológicas determinadas em campo

A transparência (m) foi avaliada utilizando-se disco de Secchi, o qual foi utilizado também para medir a profundidade da coluna d'água (m), uma vez que este possui cabo marcado a cada 10 cm. A profundidade da zona eufótica foi estimada a partir dos valores de transparência multiplicados por três, segundo Cole (1975). Conforme este mesmo autor, o valor obtido corresponde a cerca de 1% da radiação incidente na subsuperfície.

Os perfis verticais de temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (mg/L e % de saturação) foram determinados desde a subsuperfície da água até o fundo, sendo medidos a cada 30 cm, com medidor Multiparâmetros YSI 85.

A condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) foi medida utilizando-se condutivímetro Alfakit AT 230 e o pH foi determinado através de pHmetro Alfakit At 300.

4.6.2 Variáveis limnológicas determinadas em laboratório

A turbidez (NTU) foi determinada com o turbidímetro Afakit Plus V1.25. Para determinação dos Sólidos Totais em Suspensão (STS – mg/L) as amostras foram filtradas a vácuo através de microfiltros de fibra de vidro GF-1, previamente pesados. Posteriormente, os filtros foram mantidos em estufa a 60 °C por 48 h e após este período foram novamente pesados, sendo os resultados obtidos pela diferença entre o peso final e o inicial, divididos pelo volume da amostra filtrada (APHA, 1992).

As análises de nutrientes foram realizadas no Laboratório de Química da Aracruz Celulose S/A, a partir de amostras coletadas a 30 cm da subsuperfície que foram acondicionadas em frascos de polietileno. Parte das amostras foi congelada para posterior análise de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total kjeldahl, ortofosfato e sílica solúvel e parte foi acidificada para posterior análise de fósforo total dissolvido. Os nutrientes analisados e seus respectivos métodos estão listados a seguir:

- Nitrito ($\mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$), nitrato ($\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$), nitrogênio amoniacal ($\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$), nitrogênio total kjeldhal ($\mu\text{g NTK}/\text{L}$) – segundo APHA (1992);
- Ortofosfato ($\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) – adaptado de Murphy e Riley (1962), descrito em Aminot e Chaussepied (1983);
- Fósforo total dissolvido ($\mu\text{g PTD}/\text{L}$) – segundo FAO;
- Sílica solúvel ($\mu\text{g Si}/\text{L}$) – segundo Santos Filho (1983).

4.7 Amostragem do epilítton e tratamento das amostras

Todas as variáveis biológicas foram analisadas em tréplicas ($n = 3$). Em cada coleta foram retiradas, por sorteio aleatório, nove pedras: três para análise qualitativa, três para análise quantitativa e três para determinação dos pigmentos. As pedras foram coletadas cortando-se, com auxílio de tesoura, o fio de nylon e acondicionadas em frasco de polietileno contendo água da torneira.

Em laboratório, as algas epilíticas foram separadas do substrato através de raspagem com estilete e escova de dente e jatos de água. A área raspada foi determinada desenhando-se, em um papel milimetrado, todos os lados de cada pedra, os quais foram cortados e pesados em balança de precisão. Posteriormente, pesava-se um cm^2 do papel milimetrado e por regra de três achava-se a área raspada, da mesma forma como é feito o cálculo para área foliar. As pedras escolhidas para este experimento foram mais regulares possíveis, com superfícies planas e sem reentrâncias para minimizar os problemas inerentes ao cálculo da área.

4.7.1 Análise qualitativa

A análise qualitativa foi realizada a partir de amostras fixadas com solução formalina 4% (BICUDO; MENEZES, 2005), utilizando microscópio óptico Olympus CX 41 equipado com ocular de medição e câmara clara.

Os táxons foram esquematizados, medidos e identificados, utilizando-se bibliografia especializada e contato com especialistas, visando à identificação a nível específico, sempre que possível. Os Sistemas de Classificação utilizados para Classes foram Round, Crawford e Mann (1990) para Diatomáceas, van den Hoek, Mann e Jahns (1995) para Zygnemaphyceae, e Round (1965;1971) para as demais Classes. Para identificação a categorias taxonômicas inferiores utilizou-se bibliografias clássicas como Komárek e Fott (1983), Anagnostidis e Komárek (1988), Komárek e Anagnostidis (1989, 1990, 1999 e 2005), Bourrelly (1966, 1968 e 1970), Krammer e Lange-Bertalot (1986), entre outras mais específicas e regionais.

A riqueza de táxons foi determinada através do número de táxons presentes nas amostras. A frequência de ocorrência foi calculada de acordo com Lobo e Leighton (1986) e, segundo estes autores, são consideradas constantes as espécies que ocorrem em mais de 50% das amostras, comuns, aquelas que ocorrem entre 10% e 50% das amostras e raras as que ocorrem abaixo de 10%.

4.7.2 Análise quantitativa

A análise quantitativa foi realizada a partir de amostras fixadas com solução de lugol acético 5%, utilizando-se sedimentação em câmaras, seguindo o método de Utermöhl (1958). O procedimento de contagem, em microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100, foi o de campos aleatórios (UEHLINGER, 1964), como recomendado por Bicudo (1990), já que se trata de uma comunidade que tende a sedimentar de maneira agregada.

Nas primeiras amostragens (estágios iniciais de sucessão) foram contados no mínimo 100 indivíduos da espécie mais abundante, conforme Lund, Kiplind e Lecren (1958) recomendam, com precisão de $\pm 20\%$. Nas amostragens intermediárias a finais (estágios intermediários a finais de sucessão), como este número era obtido logo nos primeiros campos contados, adotou-se contar, no mínimo, 400 indivíduos da espécie mais abundante, ou até mesmo da segunda mais abundante no caso de densidade elevada, chegando a precisão de $\pm 10\%$, conforme sugerido pelos autores acima citados.

Concomitantemente, para que a mudança de critério não influenciasse os resultados, foi utilizado o método proposto por Bicudo (1990) onde o número mínimo de campos contados é determinado pelo método gráfico de estabilização da curva obtida com a adição de espécies novas com aumento do numero de campos.

Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 10 mL e as amostras das primeiras coletas (até o 4º dia de colonização) não foram diluídas; as das amostragens seguintes foram diluídas até um máximo de 0,5 mL de amostra: 9,5 mL de água. Cada célula, colônia ou filamento foi considerado como um único indivíduo.

Os resultados da análise quantitativa foram expressos em indivíduos/cm² e calculados de acordo com APHA (1992), através da fórmula seguinte:

$\text{Ind/cm}^2 = \frac{\text{n}^\circ \text{ de organismos contados} \times \text{área do fundo da câmara} \times \text{volume da amostra}}{\text{área do campo} \times \text{vol. da câmara} \times \text{área raspada} \times \text{n}^\circ \text{ de campos contados}}$

A partir dos dados de densidade, foram calculadas as espécies dominantes, ou seja, aquelas cuja ocorrência numérica supera 50% do número total de indivíduos em cada amostra, e as espécies abundantes, aquelas cuja ocorrência numérica supera o valor médio do número total de indivíduos de cada amostra (LOBO; LEIGHTON, 1986).

Foram calculadas também as contribuições relativas das Classes, das formas de vida e das formas de fixação das algas para a densidade total. As formas de vida das algas epilíticas foram divididas em quatro grupos: unicelular, colonial, filamentosa e agregada, sendo as agregadas aquelas que se agrupam, porém não formam colônias propriamente ditas. Já as formas de fixação das algas epilíticas foram divididas em: móveis (por flagelo); associadas, as quais não possuem estrutura de fixação e são tipicamente planctônicas; emaranhadas, que também não possuem estrutura de fixação, porém são caracteristicamente perifíticas e se entrelaçam ao biofilme pela forma filamentosa (como as Cyanobacteria filamentosas) ou pela mucilagem que produzem (como em algumas Diatomáceas); com alguma

estrutura de fixação (pedúnculo mucilaginoso, pedículo e disco basal); heterotricosas e prostradas, as quais crescem prostradas ao substrato. Estas classificações foram feitas com base nos critérios propostos por Biggs, Stevenson e Lowe (1998), porém foram mais refinadas, adequando-se esta metodologia à ficoflórula registrada na presente pesquisa.

Através dos dados de densidade, calcularam-se também os índices de diversidade e eqüitabilidade. A diversidade específica (H) foi calculada através do índice de diversidade de Shannon e Weanner (1963) e expressa em bits/indivíduos, segundo a expressão:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = n_i/N$$

Onde:

H = diversidade específica;

n_i = densidade da espécie i;

N = densidade total da amostra.

A eqüitabilidade (E) foi calculada através da seguinte fórmula, proposta por Pielou (1975, apud LEGENDRE; LEGENDRE, 1983):

$$E = H/H_{\max}$$

Onde:

E = eqüitabilidade;

H = diversidade da amostra;

$H_{\max}$ = diversidade máxima da amostra ($H_{\max} = \log_2 S$);

S = número de espécies da amostra.

4.7.3 Estimativa do biovolume

O volume celular das espécies quantificadas foi estimado considerando-se as dimensões médias dos indivíduos, usando modelos geométricos aproximados à forma das algas, conforme Hillebrand et al (1999), Sun e Liu (2003) e Vadrucci, Cabrini e Basset (2007).

Foram medidos, no mínimo 20, indivíduos por táxon, com exceção daqueles cuja frequência foi rara, em que se mediu o máximo de indivíduos possível. Posteriormente, foi calculada a média do volume de cada espécie. O biovolume foi obtido através da multiplicação das médias de volumes pelas densidades de cada espécie, sendo os resultados expressos em mm^3/cm^2 .

Foram calculadas as contribuições relativas das Classes, das espécies com representatividade maior que 5%, das formas de vida e das formas de fixação das algas para o biovolume total, segundo a mesma metodologia usada para a densidade.

4.7.4 Quantificação dos pigmentos

Os pigmentos clorofilas *a*, *b* e *c*, carotenóides e feopigmentos foram determinados segundo Lorenzen (1967) através de filtração das amostras em filtro de fibra de vidro GF-1, sendo a extração feita com acetona 90% por um período de 24 horas sob refrigeração e posterior centrifugação (centrífuga SIGMA 2K15), e a leitura realizada através do método espectrofotométrico (espectrofotômetro FEMTO 700 Plus). Os resultados foram obtidos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, utilizando-se as seguintes fórmulas propostas por Parsons, Takahashi e Hargrave (1984) para clorofilas *a*, *b* e *c* e carotenóides e por Lorenzen (1967) para feopigmentos, porém modificadas para perifíton:

- $\text{Cl } a = 11,85 A_{665} - 1,54 A_{647} - 0,08 A_{630}$
- $\text{Cl } b = 21,03 A_{647} - 5,43 A_{665} - 2,66 A_{630}$
- $\text{Cl } c = 24,52 A_{630} - 1,67 A_{665} - 7,60 A_{647}$
- $\text{Cp} = 7,60 (A_{480} - 1,49 A_{510})$

$$\mu\text{g}/\text{cm}^2 = \frac{C_x \times v}{AR \times p}$$

Onde:

A_x = absorbância no comprimento de onda x, sendo A_{665} , A_{647} , A_{630} corrigidos com $1 \times A_{750}$, A_{510} corrigido com $2 \times A_{750}$ e A_{480} corrigido com $3 \times A_{750}$;

C_x = valor obtido com as fórmulas de Cl a, Cl b, Cl c e Cp;

v = volume de acetona;

AR = área raspada;

p = passo ótico da cubeta.

- Feopigmentos

$$\text{Feo} = \frac{26,73 (1,7 [A_{665ac}] - A_{665}) \times v}{A \times p}$$

Onde:

A_{665ac} = leitura no comprimento de onda 665 depois da acidificação com HCl 0,1N, corrigido de $1 \times A_{750}$ também acidificado;

A_{665} = leitura no comprimento de onda 665;

v = volume de acetona;

A = área raspada;

p = passo ótico da cubeta.

4.7.5 Taxa de acumulação de biomassa

As taxas de acumulação de biomassa fotossintética foram calculadas através da diferença entre o teor de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) de dois estágios consecutivos dividido pelo intervalo de tempo (dias) (SLÁDECEK; SLÁDECKOVÁ, 1964).

4.8 Tratamento e análises estatísticas

Os resultados obtidos foram inicialmente avaliados utilizando-se estatística descritiva, analisando-se a amplitude de variação dos dados e a dispersão em torno da média, através dos programas Microsoft Excel 2003, para as variáveis abióticas, e Microcal Origin 6.0, para as variáveis bióticas.

Para verificação de variação significativa dos dados abióticos e dos dados bióticos entre os períodos seco e chuvoso foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney (Teste U), ao nível de significância de $p < 0,05$, realizado através do programa STATISTICA 6.0.

Para os dados bióticos aplicou-se também o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para verificar diferenças significativas entre os dias de colonização dentro de cada período (seco e chuvoso), ao nível de significância de $p < 0,05$, através do programa ASSISTAT 7.5 beta.

A Análise multivariada em Componentes Principais foi utilizada para avaliação separada dos dados abióticos e conjunta dos dados abióticos e bióticos do epilítion e, ainda, para observar a existência de alguma relação entre as amostragens e os períodos estudados. Os dados foram estandarizados e para realização desta análise foi utilizado o programa STATISTICA 6.0.

Utilizou-se, ainda, o coeficiente de correlação de Spearman a fim de identificar as relações das variáveis abióticas entre si, entre as variáveis abióticas e as variáveis biológicas do epilítion e das variáveis biológicas entre si, ao nível de significância de $p < 0,05$, através do programa STATISTICA 6.0.

5. RESULTADOS

5.1 Variáveis Climatológicas

Os dados mensais de temperatura média do ar e de precipitação total, no período de abril de 2007 a abril de 2008, estão apresentados na Figura 5. A menor temperatura foi registrada em julho/07 (22,7 °C) e a maior em março/08 (26,9 °C). O menor índice de precipitação foi registrado em julho/07 (2,0 mm) e o maior em fevereiro/08 (186,8 mm).

Dos meses amostrados, julho, agosto e setembro/07 apresentaram as menores temperaturas do ar e os menores índices pluviométricos, representando o período seco, e novembro e dezembro/07 e janeiro/08 apresentaram as maiores temperaturas do ar e os maiores índices pluviométricos, correspondendo ao período chuvoso. Foi registrada diferença significativa na pluviosidade ($p < 0,05$) entre os períodos estudados.

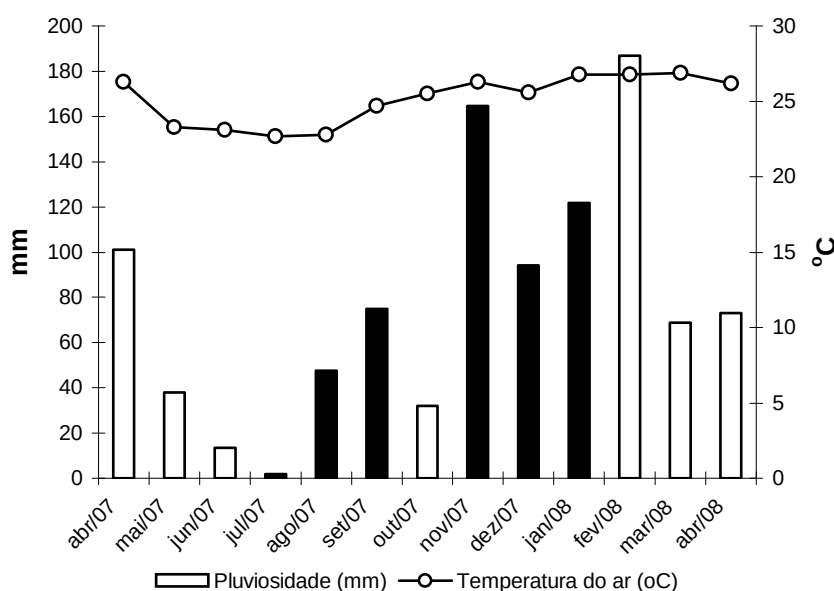


Figura 5: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de pluviosidade (mm), com destaque para os meses de amostragem em barras cheias.

No período seco, a temperatura do ar variou de 23,4 °C (10º dia) a 29,0 °C (4º dia), com média de 25,9 °C. No período chuvoso, as temperaturas foram mais elevadas,

variando de 25,5 °C (61º dia) a 29,3 °C (14º dia), com média de 27,4 °C (Figura 6). O coeficiente de variação foi 6,6 e 5,9% nos períodos seco e chuvoso respectivamente (Tabela 2).

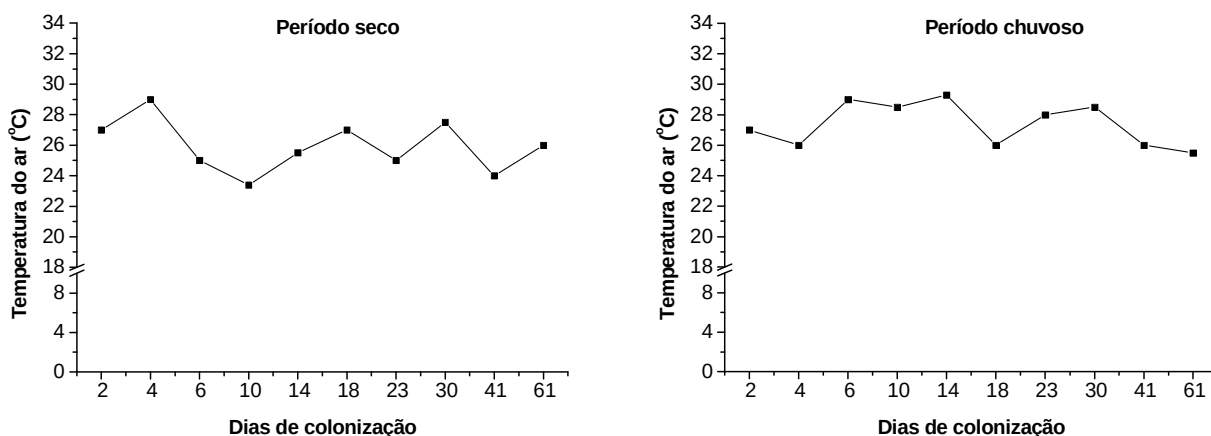


Figura 6: Variação temporal da temperatura do ar a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

A variação temporal da velocidade do vento e da intensidade luminosa está apresentada na Tabela 1. No período seco, a velocidade do vento variou de 0,2 (6º e 18º dias) a 5,4 m/s (23º dia), com média de 1,5 m/s e coeficiente de variação de 103,6%. No período chuvoso, a variação da velocidade vento foi de 0,4 (4º dia) a 2,6 m/s (6º dia), com média de 1,1 m/s e coeficiente de variação de 70,1%.

A intensidade luminosa oscilou entre 51,3 (23º dia) e 446,4 w/m² (41º dia), com média de 286,0 w/m² e coeficiente de variação de 44,8% no período seco e entre 0,02 (61º dia) e 631,8 w/m² (2º dia), com média de 224,7 w/m² e coeficiente de variação de 83,9%.

Temperatura do ar, velocidade do vento e intensidade luminosa não apresentaram variação significativa ($p > 0,05$) entre os dois períodos analisados.

Tabela 1: Variação temporal da velocidade do vento e intensidade luminosa a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

Variáveis		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Velocidade do vento (m/s)	3,0	0,7	0,2	1,8	1,1	0,2	5,4	0,4	1,7	1,0
	Intensidade luminosa (w/m^2)	228,6	384,3	410,8	279,0	310,9	188,1	51,3	398,7	446,4	161,5
Período chuvoso	Velocidade do vento (m/s)	2,2	0,4	2,6	0,5	1,9	1,0	0,9	0,9	0,5	0,5
	Intensidade luminosa (w/m^2)	631,8	108,0	309,1	221,8	348,3	154,3	80,1	339,3	54,4	0,02

5.2 Variáveis Limnológicas

A Tabela 2 mostra os valores mínimo e máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis abióticas, durante os períodos seco e chuvoso.

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis climatológicas e limnológicas durante os períodos seco e chuvoso.

Variáveis	Período seco				Período chuvoso			
	Mín.-Máx.	Média	Desvpad	C. V. (%)	Mín.-Máx.	Média	Desvpad	C. V. (%)
Temperatura do ar (°C)	23,4-29,0	25,9	1,7	6,6	25,5-29,3	27,4	1,4	5,9
Velocidade do vento (m/s)	0,2-5,4	1,5	1,6	103,6	0,4-2,6	1,1	0,8	70,1
Intensidade luminosa (w/m ²)	51,3-446,4	286,0	128,2	44,8	0,02-631,8	224,7	188,6	83,9
Temperatura da água (°C)	20,9-24,7	23,5	1,0	4,3	26,4-29,0	27,8	1,0	3,6
*Profundidade (m)	1,8-2,2	2,1	0,1	5,2	2,0-2,2	2,1	0,1	3,3
Transparência (m)	0,4-0,5	0,4	0,04	9,4	0,4-0,5	0,4	0,04	11,2
Zona Eufótica (m)	1,2-1,6	1,3	0,1	9,5	1,1-1,6	1,3	0,1	11,2
Oxigênio Dissolvido (%Sat)	59,1-145,0	92,2	26,3	28,5	43,3-128,0	81,0	30,0	37,0
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,4-12,0	7,8	2,2	27,8	3,4-9,8	6,4	2,2	35,1
Turbidez (NTU)	17,0-25,0	20,7	2,9	14,0	20,0-34,0	27,7	3,9	14,1
Sólidos Totais Suspensos (mg/L)	18,0-33,0	25,8	5,1	19,7	24,0-38,0	28,3	4,0	14,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	560,0-610,0	598,5	15,3	2,5	452,0-486,0	470,0	10,3	2,2
pH	8,9-9,6	9,2	0,2	2,6	8,6-10,1	9,3	0,4	4,4
Nitrato (µg/L)	174,3-311,8	238,2	46,6	19,6	4,8-137,7	55,0	53,2	96,7
Nitrito (µg/L)	27,2-46,1	36,9	7,1	19,3	1,5-94,4	26,2	37,2	142,4
Nitrogênio Amoniacal (µg/L)	272,0-1.670,0	904,8	368,0	40,7	48,9-793,0	166,6	234,9	141,0
Nitrogênio Total Kjeldahl (µg/L)	2.650,0-5.220,0	3.571,0	883,7	24,7	1.590,0-4.760,0	2.672,0	877,7	32,8
Ortofosfato (µg/L)	114,1-309,7	205,4	71,3	34,7	277,1-619,4	490,6	91,7	18,7
Fósforo Total Dissolvido (µg/L)	270,0-510,0	395,7	82,0	20,7	430,0-790,0	596,0	92,1	15,5
Sílica Solúvel (µg/L)	8.080,0-12.660,0	10.088,0	1.596,0	15,8	9.660,0-12.780,0	11.280,0	1.101,5	9,8

* Característica morfométrica.

5.2.1 Profundidade da coluna d'água, transparência e zona eufótica

Durante o estudo houve pouca variação na profundidade da coluna d'água, transparência e zona eufótica entre os dias de colonização (Figura 7), não tendo sido registrada variação significativa ($p > 0,05$) entre o período seco e o período chuvoso.

No período seco a variação da profundidade foi de 1,8 a 2,2 m e no período chuvoso foi de 2,0 a 2,2 m, com média de 2,1 m em ambos. O coeficiente de variação foi 5,2% e 3,3% nos períodos seco e chuvoso respectivamente.

A transparência da água foi baixa, variando de 0,4 a 0,5 m, com média de 0,4 m em ambos os períodos. O coeficiente de variação foi 9,4% no período seco e 11,2% no período chuvoso.

A profundidade da zona eufótica, no período seco, oscilou entre 1,2 m e 1,6 m e, no período chuvoso, entre 1,1 m e 1,6 m, com média de 1,3 m em ambos. O coeficiente de variação foi 9,5% no período seco e 11,2% no período chuvoso. Em nenhuma das amostragens a zona eufótica alcançou o sedimento, resultando em ausência de luz (ou zona afótica) a partir de cerca de 1,6 cm de profundidade.

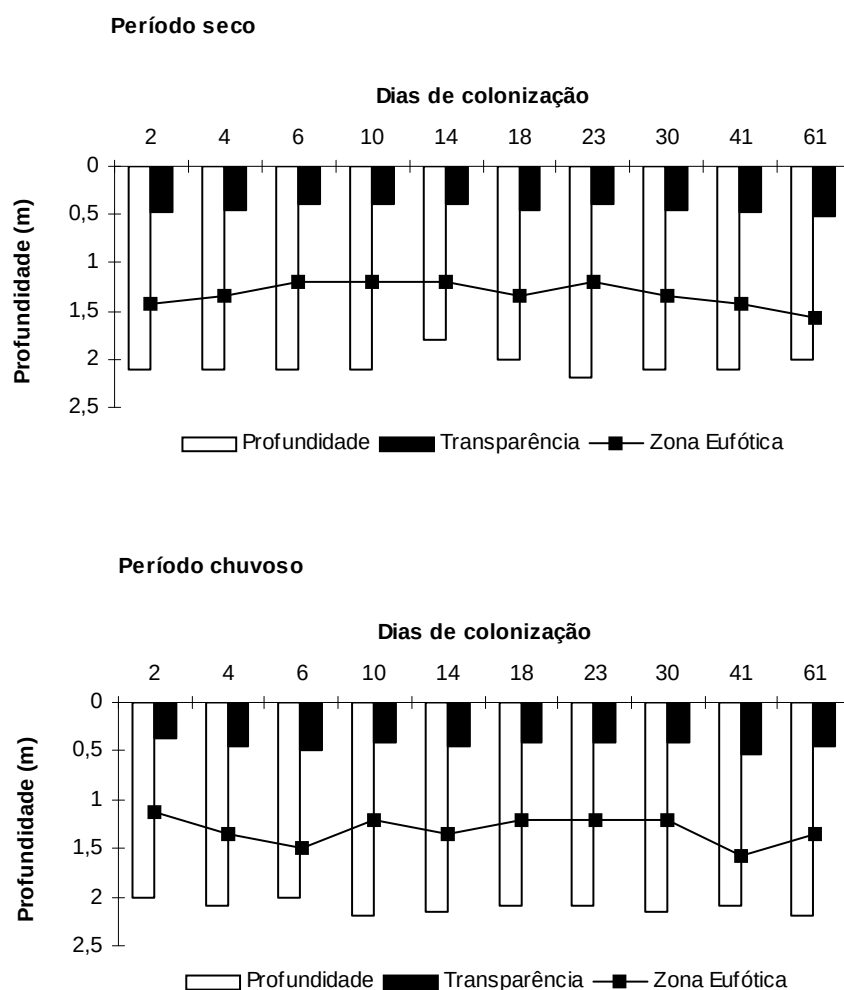


Figura 7: Variação temporal da profundidade, transparência da água e zona eufótica a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.2.2 Temperatura da água e oxigênio dissolvido

Variação significativa ($p < 0,05$) da temperatura da água foi registrada entre os períodos estudados, sendo os maiores valores registrados no período chuvoso. Não foi registrada estratificação térmica em nenhuma das amostragens. No período seco a maior variação entre a superfície e o fundo foi de 1,0 °C, registrada nas amostragens do 30º e 41º dias de colonização (Figura 8). No período chuvoso as maiores variações entre a superfície e o fundo foram 1,3, 2,0, 1,8 e 1,6 °C nas amostragens do 6º, 14º, 30º e 61º dias de colonização, respectivamente (Figura 9).

A temperatura da água, a 30 cm da superfície, variou de 20,9 a 24,7 °C, com média de 23,5 °C no período seco e de 26,4 a 29,0 °C, com média de 27,8 °C no período chuvoso. O coeficiente de variação foi 4,3% no período seco e 3,6% no período chuvoso.

Durante todo o período estudado foi observada desestratificação química, quanto aos teores de oxigênio dissolvido, da coluna d'água, alternada com momentos de estratificação mais acentuadas no 30º, 41º e 61º dia de colonização no período seco e no 6º, 14º e 23º dia de colonização no período chuvoso, com valores bem próximos ou acima da saturação nas camadas superiores e hipoxia ou anoxia no fundo (Figuras 8 e 9). Não foi constatada diferença significativa ($p > 0,05$) do oxigênio dissolvido entre os períodos estudados.

No período seco, o menor valor registrado a 30 cm da superfície da água foi 59,1% e o maior 145,0% (Figura 8), com média de 92,2% e coeficiente de variação de 28,5%. No período chuvoso o oxigênio dissolvido variou de 43,3 a 128,0%, com média de 81% e coeficiente de variação de 37% (Figura 9). Em termos de concentração, no período seco o oxigênio dissolvido variou de 5,4 a 12,0 mg/L, com média de 7,8 mg/L e coeficiente de variação de 27,8%, e no período chuvoso variou de 3,4 a 9,8 mg/L, com média de 6,4 mg/L e coeficiente de variação de 35,1%.

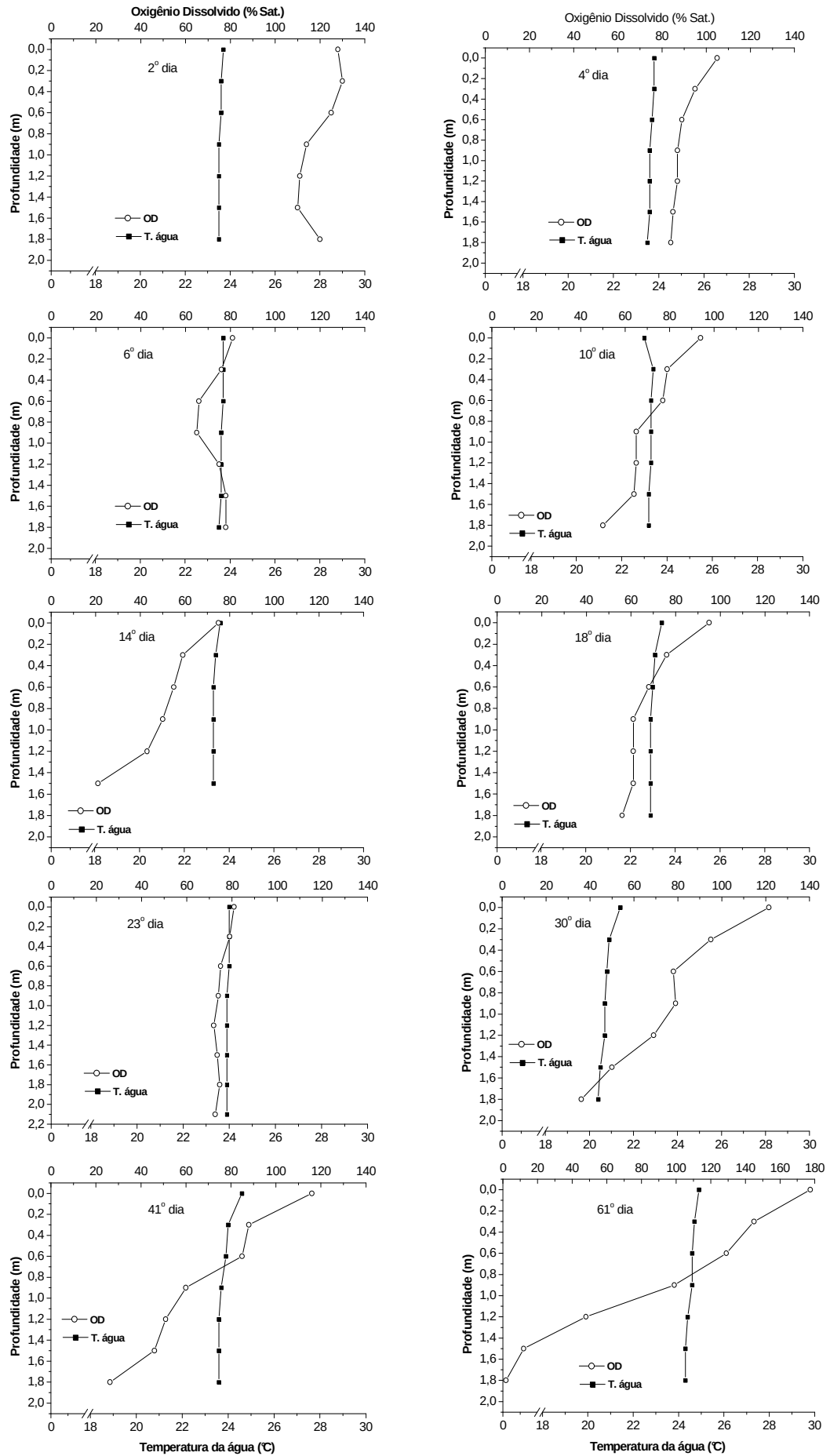


Figura 8: Variação temporal dos perfis verticais da temperatura da água (T. água) e do oxigênio dissolvido (OD) durante o período seco.

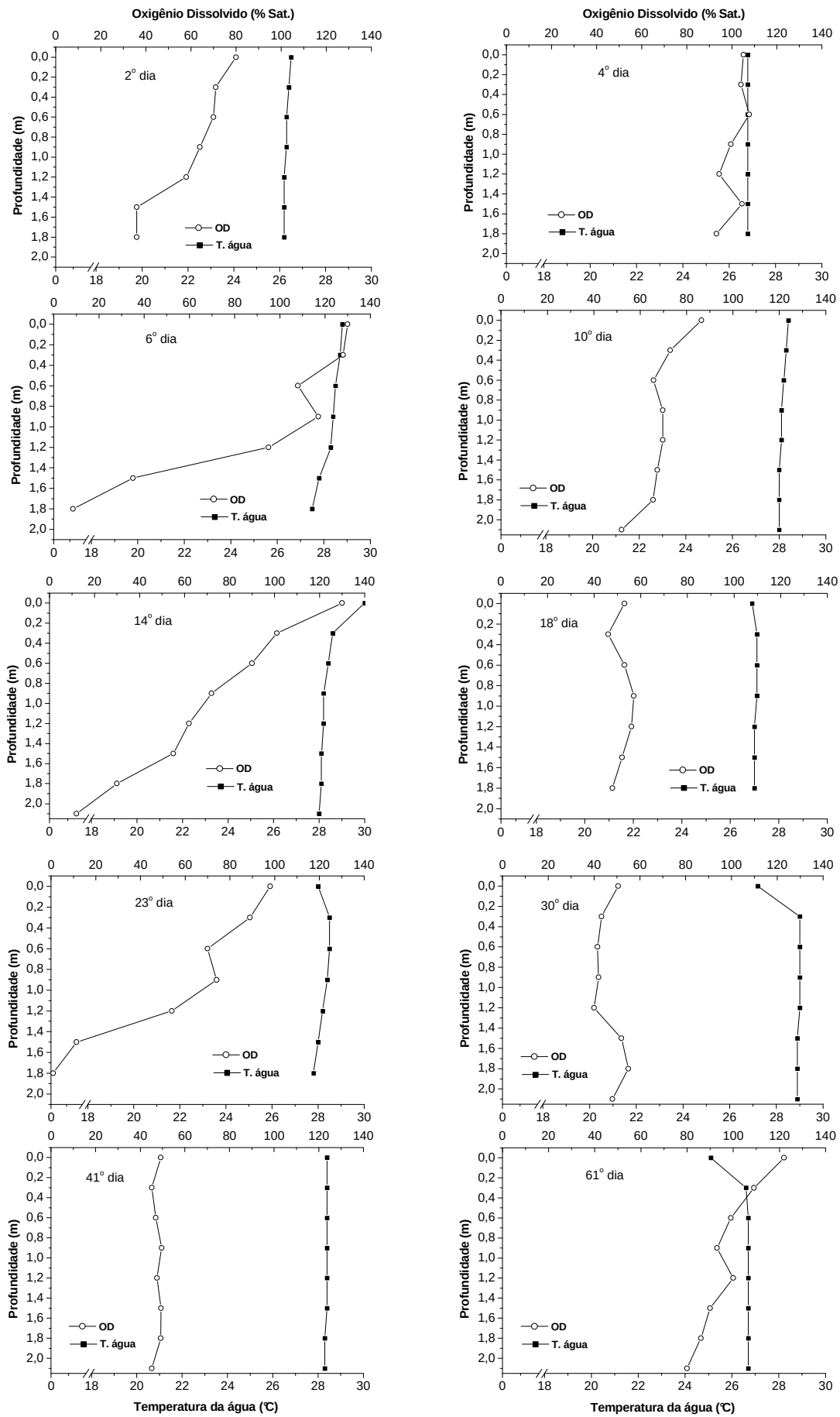


Figura 9: Variação temporal dos perfis verticais da temperatura da água (T. água) e do oxigênio dissolvido (OD) durante o período chuvoso.

5.2.3 pH

O pH caracterizou a lagoa de Captação como um ambiente de água alcalina (Figura 10). Os valores de pH variaram de 8,9 (18º dia) a 9,6 (61º dia), com média de 9,2 e coeficiente de variação de 2,6% no período seco e de 8,6 (2º e 61º dias) a 10,1 (41º dia), com média de 9,3 e coeficiente de variação de 4,4% no período chuvoso. Não houve variação significativa ($p > 0,05$) de pH entre os períodos estudados.

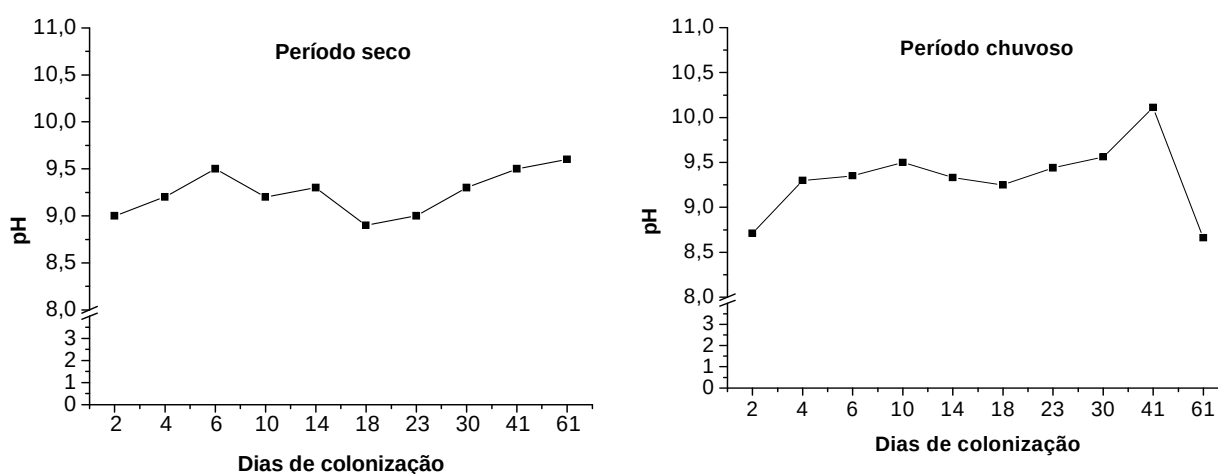


Figura 10: Variação temporal do pH a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.2.4 Condutividade elétrica

Foi constatada diferença significativa ($p < 0,05$) da condutividade elétrica entre os períodos estudados. Os maiores valores foram registrados no período seco (Figura 11), variando de 560,0 (2º dia) a 610,0 $\mu\text{S/cm}$ (61º dia), com média de 598,5 $\mu\text{S/cm}$ e coeficiente de variação de 2,5%. No período chuvoso, a condutividade elétrica oscilou entre 452,0 (4º dia) e 486,0 $\mu\text{S/cm}$ (10º dia), com média de 470,0 $\mu\text{S/cm}$ e coeficiente de variação de 2,2%.

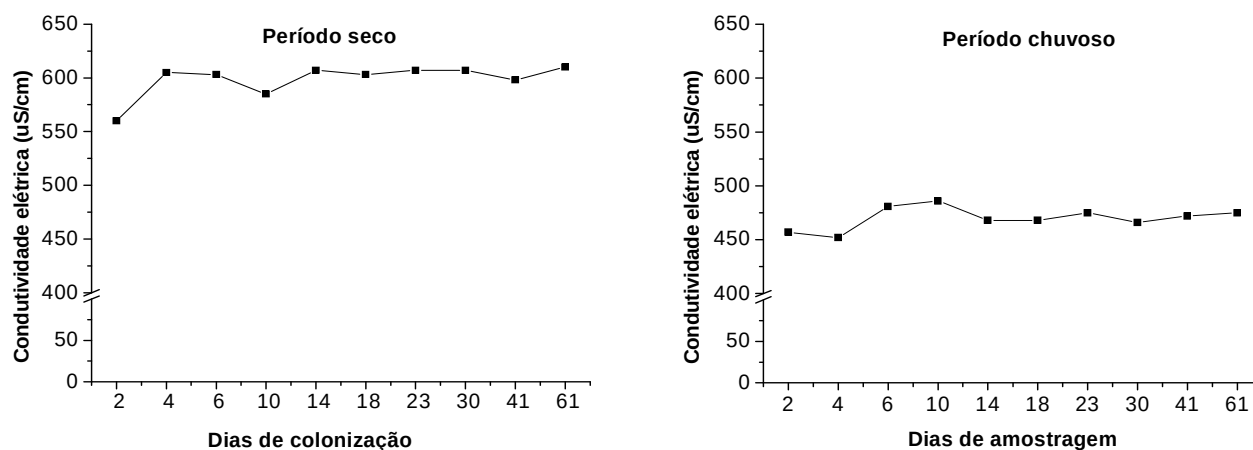


Figura 11: Variação temporal da condutividade elétrica a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.2.5 Sólidos totais em suspensão (STS) e turbidez

Em ambos os períodos estudados os valores de STS e turbidez seguiram o mesmo padrão de variação temporal a curto prazo (dias de colonização) (Figura 12). Variação significativa ($p < 0,05$) entre os períodos seco e chuvoso foi observada apenas para turbidez.

No período seco, o menor valor de STS registrado foi 18,0 mg/L (2º dia) e o maior 33,0 mg/L (30º dia), com média de 25,8 mg/L e coeficiente de variação de 19,7%. No período chuvoso, a variação foi de 24,0 (2º dia) a 38,0 mg/L (6º dia), com média de 28,3 mg/L e coeficiente de variação de 14% (Figura 12).

A turbidez variou entre 17,0 (2º dia) e 25,0 NTU (45º dia), com média de 20,7 NTU no período seco, e entre 20 (14º dia) e 34 NTU (2º dia), com média de 27,7 NTU no período chuvoso (Figura 12). O coeficiente de variação foi de 14,0% no período seco e 14,1% no período chuvoso.

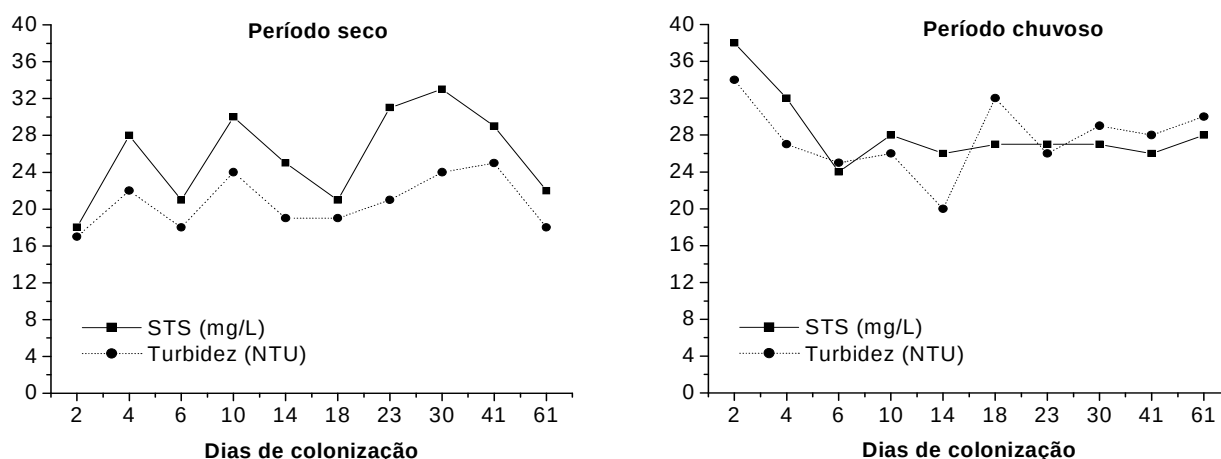


Figura 12: Variação temporal dos sólidos totais em suspensão e turbidez a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3 Nutrientes

5.3.1 Série Nitrogênio

5.3.1.1 Nitrato

Os resultados obtidos para a concentração de nitrato estão apresentados na Figura 13. No período seco, os valores de nitrato oscilaram entre 174,3 (41º dia) e 311,8 µg/L (14º dia), com média de 238,2 µg/L e coeficiente de variação de 19,6%. No período chuvoso, o menor valor registrado foi 4,8 µg/L (41º dia) e o maior 137,7 µg/L (4º dia), com média de 55,0 µg/L e coeficiente de variação de 96,7%. Variação significativa ($p < 0,05$) foi registrada entre os períodos estudados, com maiores valores de nitrato no período seco.

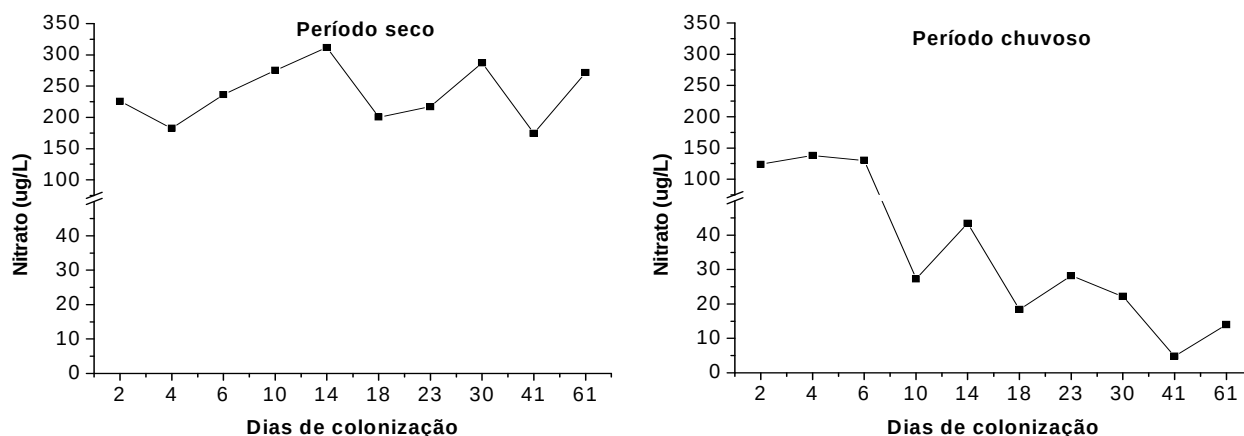


Figura 13: Variação temporal da concentração de nitrato a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.1.2 Nitrito

A Figura 14 mostra os resultados obtidos para concentração de nitrito. Os menores valores registrados foram 27,2 (10º dia) e 1,5 µg/L (23º dia) e os maiores foram 46,1 (61º dia) e 94,4 µg/L (4º dia), nos períodos seco e chuvoso respectivamente. Os valores médios e os coeficientes de variação respectivamente foram 36,9 µg/L e 19,3% no período seco e 26,2 µg/L e 142,4% no período chuvoso. Não foi registrada variação significativa ($p > 0,05$) entre os períodos estudados, porém, os menores valores de nitrito foram observados no período chuvoso.

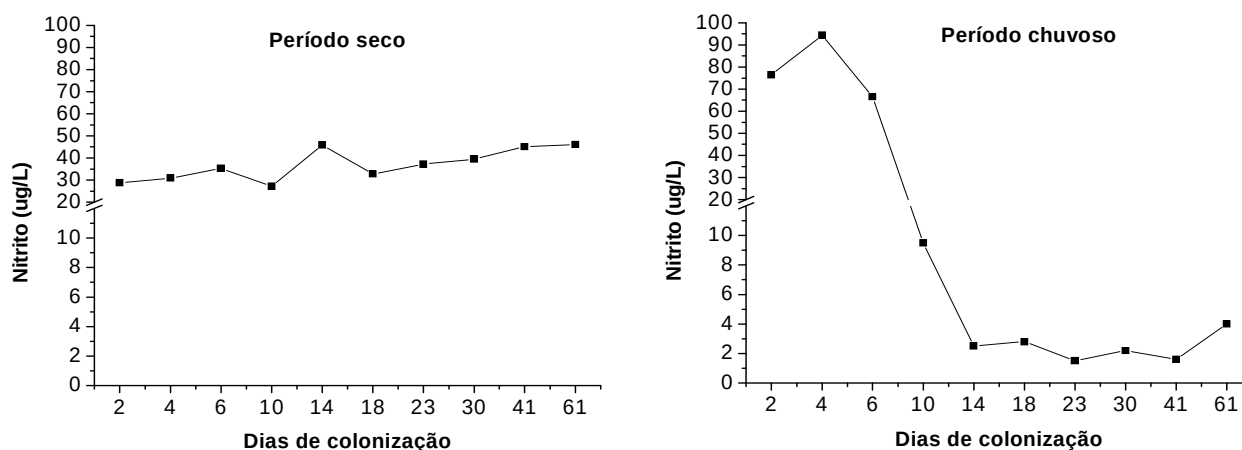


Figura 14: Variação temporal da concentração de nitrito a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.1.3 Nitrogênio amoniacal

A figura 15 apresenta os resultados obtidos para nitrogênio amoniacal. As menores concentrações registradas foram 272,0 (61º dia) e 48,9 µg/L (23º dia) e as maiores foram 1.670,0 (30º dia) e 793,0 µg/L (2º dia), nos períodos seco e chuvoso respectivamente (Figura 13). No período seco, a média foi 904,8 µg/L e o coeficiente de variação 40,7% e, no período chuvoso, a média foi 166,6 µg/L e o coeficiente de variação 141,0%. Variação significativa ($p < 0,05$) foi registrada entre os períodos estudados, com maiores valores de nitrogênio amoniacal no período seco.

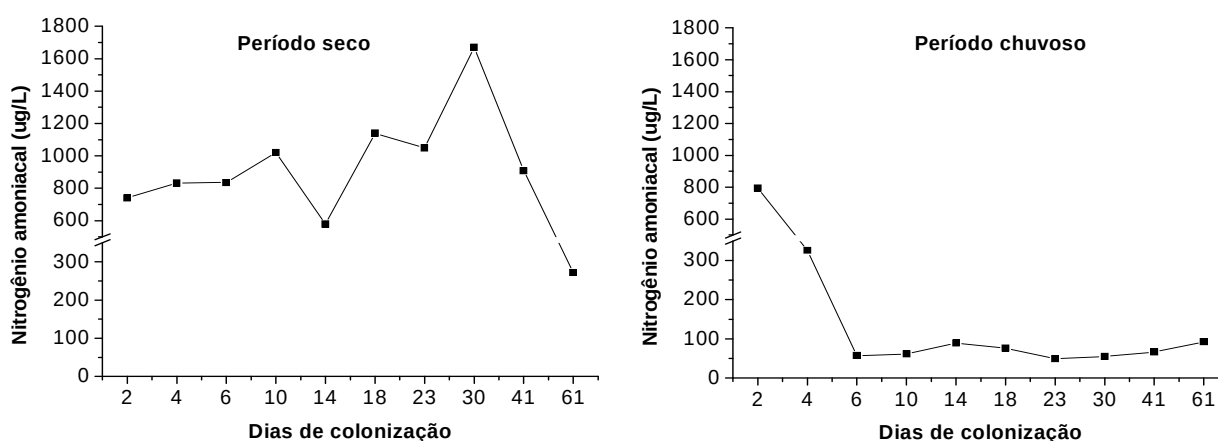


Figura 15: Variação temporal da concentração de nitrogênio amoniacal a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.1.4 Nitrogênio total kjeldahl

As concentrações de nitrogênio total kjeldahl registradas neste estudo estão apresentadas na Figura 16. No período seco os valores oscilaram entre 2.650,0 (14º dia) e 5.220,0 µg/L (30º dia), com média de 3.571,0 µg/L e no período chuvoso oscilaram entre 1.590,0 (14º dia) e 4.760,0 µg/L (2º dia), com média de 2.672,0 µg/L. Os coeficientes de variação foram 24,7% e 32,8% nos períodos seco e chuvoso respectivamente. Variação significativa ($p < 0,05$) foi registrada entre os períodos estudados, com maiores valores de nitrogênio total kjeldahl no período seco.

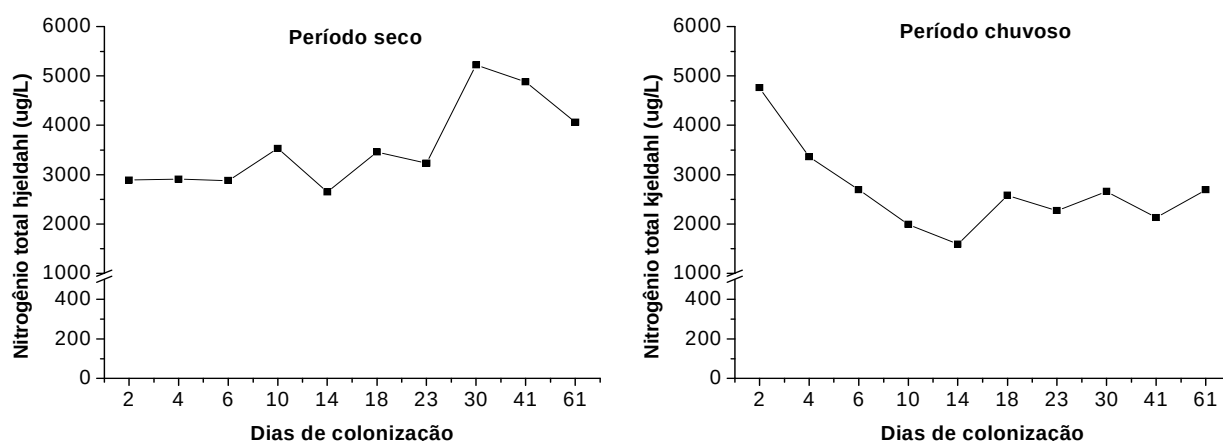


Figura 16: Variação temporal da concentração de nitrogênio total kjeldahl a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.2 Série Fósforo

5.3.2.1 Ortofosfato

As concentrações de ortofosfato variaram de 114,1 (6º dia) a 309,7 µg/L (30º dia) no período seco, com média de 205,4 µg/L e coeficiente de variação de 34,7% e de 277,1 (61º dia) a 619,4 µg/L (2º dia) no período chuvoso, com média de 490,6 µg/L e coeficiente de variação de 18,7% (Figura 17). Variação significativa ($p < 0,05$) foi registrada entre os períodos estudados, com maiores valores de ortofosfato no período chuvoso.

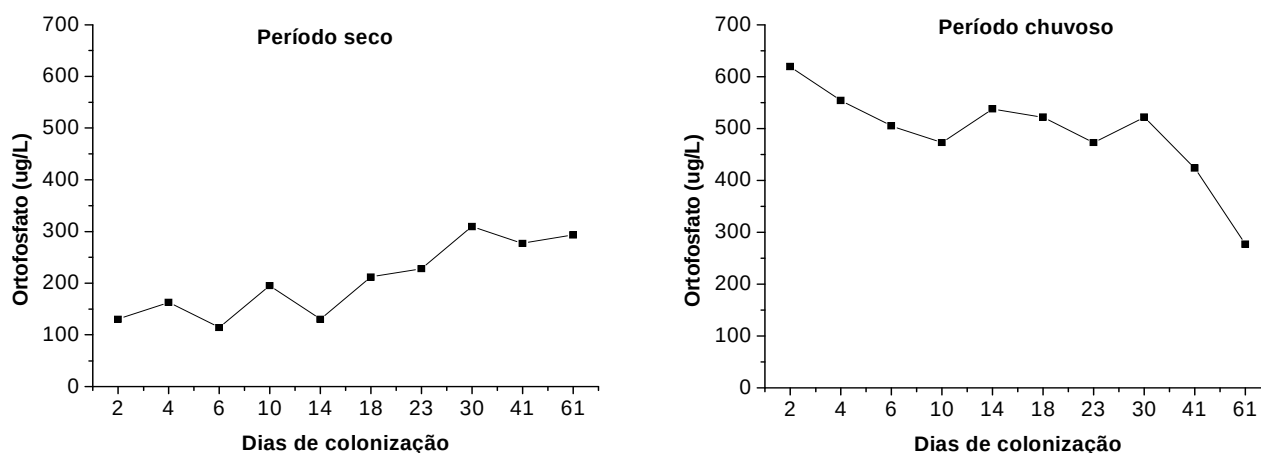


Figura 17: Variação temporal da concentração de ortofosfato a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.2.2 Fósforo total dissolvido

Nas três primeiras amostragens do período seco os resultados das concentrações de fósforo total dissolvido não foram obtidos por problemas logísticos. A Figura 18 apresenta os resultados obtidos para esta variável.

No período seco, a concentração do fósforo total variou de 270,0 (14º dia) a 510,0 µg/L (30º dia), com média de 395,7 µg/L e coeficiente de variação de 20,7% e no período chuvoso de 430,0 (61º dia) a 790,0 µg/L (2º dia), com média de 596,0 µg/L e coeficiente de variação de 15,5% (Figura 18). Variação significativa ($p < 0,05$) foi registrada entre os períodos estudados, com maiores valores de fósforo total dissolvido no período chuvoso.

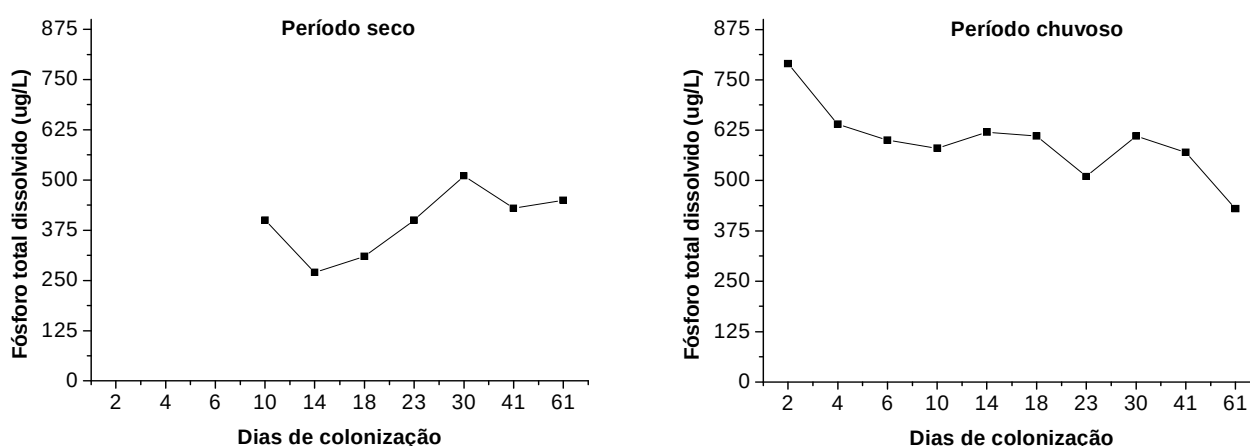


Figura 18: Variação temporal da concentração de fósforo total dissolvido a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.3.3 Sílica solúvel

As menores concentrações registradas foram 8.080,0 (2º dia) e 9.660,0 µg/L (2º dia) e as maiores foram 12.660,0 (61º dia) e 12.780,0 µg/L (30º dia), nos períodos seco e chuvoso respectivamente (Figura 19). As concentrações médias e os coeficientes de variação respectivamente foram 10.088 µg/L e 15,8% no período seco e 11.280 µg/L e 9,8% no período chuvoso. Não foi observada variação significativa ($p > 0,05$) entre o período seco e o chuvoso.

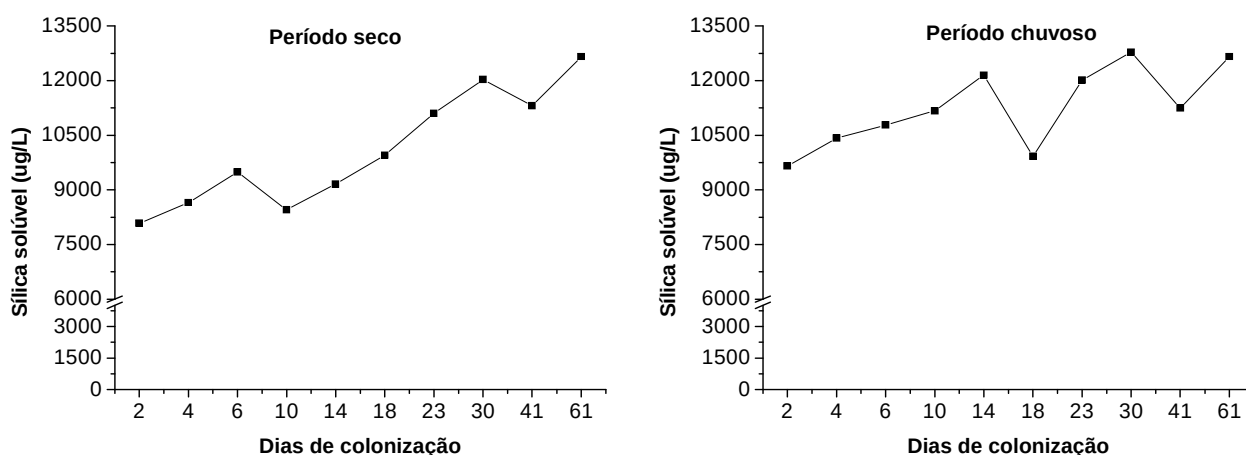


Figura 19: Variação temporal da concentração de sílica solúvel a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.4 Comunidade Epilítica

A estatística descritiva das variáveis bióticas encontra-se nas Tabelas de 19 a 27 no Anexo A.

5.4.1 Riqueza e composição específica

A comunidade epilítica esteve composta, nos dois períodos analisados, por 115 táxons distribuídos em 10 Classes, sendo 41 táxons pertencentes à Classe Chlorophyceae (35%), 40 à Classe Cyanophyceae (35%), 14 à Classe Bacillariophyceae (12%), 12 à Classe Euglenophyceae (10%), 2 à Classe Oedogoniophyceae (2%), 2 à Classe Zygnemaphyceae (2%), 1 à Classe Coscinodiscophyceae (1%), 1 à Classe Xanthophyceae (1%), 1 à Classe Crysiophyceae (1%) e 1 à Classe Cryptophyceae (1%) (Figura 20 e Tabela 3).

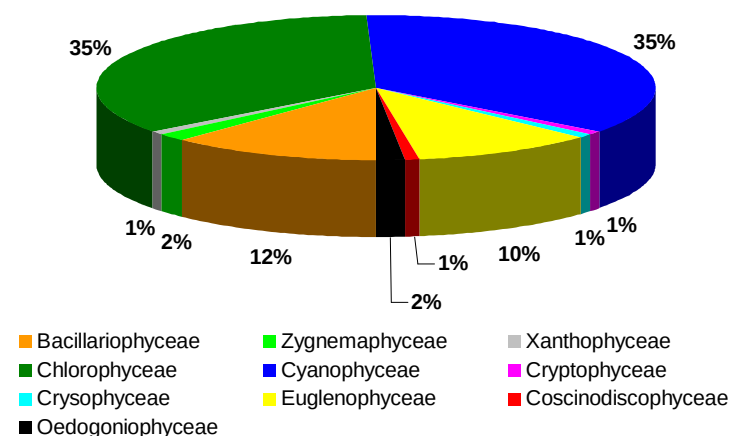


Figura 20: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o estudo.

No período seco foram registrados 100 táxons distribuídos em nove Classes, sendo 39 táxons pertencentes à Classe Chlorophyceae (39%), 29 à Classe Cyanophyceae (29%), 14 à Classe Bacillariophyceae (14%), 11 à Classe Euglenophyceae (11%), 2 à Classe Oodogoniophyceae (2%), 2 à Classe Zygnemaphyceae (2%), 1 à Classe Coscinodiscophyceae (1%), 1 à Classe Xanthophyceae (1%) e 1 à Classe Cryptophyceae (1%) (Figura 21 e Tabela 3).

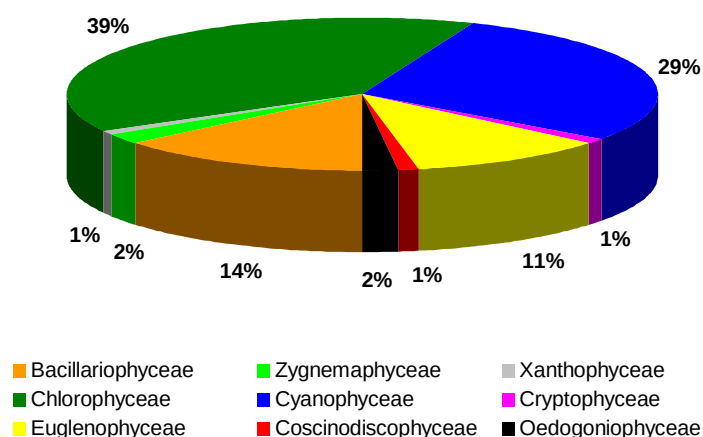


Figura 21: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o período seco.

No período chuvoso foram registrados 67 táxons distribuídos em nove Classes, sendo 33 táxons pertencentes à Classe Cyanophyceae (50%), 18 à Classe Chlorophyceae (28%), 7 à Classe Bacillariophyceae (11%), 3 à Classe

Euglenophyceae (4%), 2 à Classe Oedogoniophyceae (3%), 1 à Classe Coscinodiscophyceae (1%), 1 à Classe Xanthophyceae (1%), 1 à Classe Crysophyceae (%) e 1 à Classe Cryptophyceae (1%) (Figura 22 e Tabela 3).

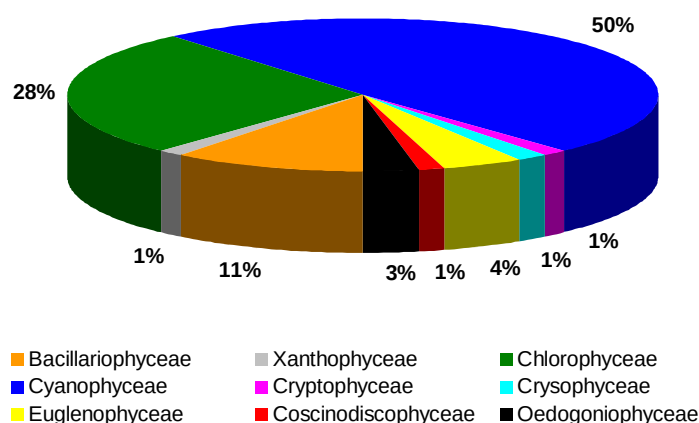


Figura 22: Contribuição percentual das Classes de algas, em termos de riqueza de táxons, na comunidade epilítica da lagoa de Captação durante o período chuvoso.

A riqueza de táxons da comunidade epilítica foi maior no período seco (100 táxons) se comparada ao período chuvoso (67 táxons), sendo 52 táxons comuns aos dois períodos. Com relação aos táxons exclusivos, foram registrados 48 no período seco e 15 no período chuvoso. A Classe Zygnemaphyceae foi exclusiva do período seco e a Classe Crysophyceae do período chuvoso.

Quanto à frequência de ocorrência, foram registrados, no período seco, 37 táxons constantes, 41 comuns e 22 raros e, no período chuvoso, 25 táxons constantes, 26 comuns e 16 raros.

A Tabela 3 apresenta a composição específica, a frequência de ocorrência de cada espécie, assim como as espécies comuns aos dois períodos amostrados e as exclusivas de cada um.

Tabela 3: Ficoflórula epilítica da lagoa de Captação e frequência de ocorrência durante os períodos seco e chuvoso. CT – constante; CM – comum; R – rara.

Táxon	Período seco	Período chuvoso
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA		
CLASSE BACILLARIOPHYCEAE		
Bacillariophyceae 1	CT	CT
ORDEM ACHNANTHALES		
Achnanthales 1	CT	CT
Achnanthales 2	CM	CM
FAMÍLIA ACHNANTHACEAE		
<i>Achnanthes inflata</i> (Kützinger) Grunow	R	
ORDEM BACILLARIALES		
FAMÍLIA BACILLARIACEAE		
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	CT	CT
ORDEM CYMBELLALES		
FAMÍLIA GOMPHONEMATACEAE		
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke	CT	CT
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	CM	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützinger) Kützinger	CT	
<i>Gomphonema turris</i> Ehrenberg	CT	
ORDEM NAVICULALES		
Naviculales 1	CM	CM
FAMÍLIA NAVICULACEAE		
<i>Navicula</i> sp.	CM	
<i>Navicula viridula</i> (Kützinger) Ehrenberg	CT	R
FAMÍLIA PINNULARIACEAE		
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst	CM	
<i>Pinnularia stauroptera</i> (Grunow) Rabenhorst	CM	
CLASSE COSCINODISCOPHYCEAE		
ORDEM THALASSIOSIRALES		
FAMÍLIA STEPHANODISCACEAE		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützinger	CT	CT
DIVISÃO CHLOROPHYTA		
CLASSE CHLOROPHYCEAE		

ORDEM CHAETOPHORALES
FAMÍLIA CHAETOPHORACEAE

<i>Stigeoclonium farctum</i> Berthold	CM	CT
---------------------------------------	----	----

ORDEM CHLOROCOCCALES

Chlorococcales 1	CM	CT
------------------	----	----

FAMÍLIA BOTRYOCOCCACEAE

<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	CM	
--	----	--

FAMÍLIA CHARACIACEAE

Characiaceae 1		CM
----------------	--	----

<i>Characium ensiforme</i> Hermann	CM	R
------------------------------------	----	---

<i>Characium</i> sp.1	R	
-----------------------	---	--

<i>Characium</i> sp.2	R	
-----------------------	---	--

FAMÍLIA CHLORELLACEAE

<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	CT	R
--------------------------------------	----	---

<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Koršicov) Hindák	CT	R
---	----	---

<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	CT	R
---	----	---

<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	CT	R
--	----	---

<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	CT	CT
---	----	----

<i>Tetraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	CM	CM
---	----	----

<i>Tetraëdron regulare</i> Kützing	CT	
------------------------------------	----	--

<i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg	CT	
--	----	--

<i>Tetraëdron</i> sp.	CT	
-----------------------	----	--

FAMÍLIA COELASTRACEAE

<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	CM	
---	----	--

<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	CM	
-------------------------------------	----	--

FAMÍLIA HYDRODICTYACEAE

<i>Pedistrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	CM	R
--	----	---

FAMÍLIA MICRACTINIACEAE

<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	CM	
--	----	--

FAMÍLIA OOCYSTACEAE

<i>Granulocystis</i> sp.	CT	
<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Koršicov	CT	CM
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	R	
<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann	CT	CT
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg	CM	
<i>Oonephris obesa</i> (W. West) Fott	CM	
FAMÍLIA PALMELLACEAE		
<i>Neochloris</i> sp.	R	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	CM	
FAMÍLIA RADIOCOCCACEAE		
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek	R	
FAMÍLIA SCENEDESMACEAE		
<i>Coronastrum anglicum</i> Flint	CM	
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek	CT	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) An, Friedl & Hegewald	CT	CM
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch & Rich) Hegewald	CT	CT
<i>Didymocystis inermis</i> (Fott) Fott	CM	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	CT	
<i>Scenedesmus arcuatus</i> Lemmermann	CM	
<i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat	R	
ORDEM ULOTHRICALES		
FAMÍLIA ULOTHRICACEAE		
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák f. <i>variabilis</i> Nygaard	R	CM
ORDEM VOLVOCALES		
FAMÍLIA CHLAMYDOMONADACEAE		
<i>Chlamydomonas</i> cf. <i>orbicularis</i> Pringsheim		R
<i>Chlamydomonas skujae</i> Pascher	CM	R
<i>Chlamydomonas</i> sp.	R	
CLASSE OEDOGONIOPHYCEAE		
ORDEM OEDOGONIALES		

FAMÍLIA OEDOGONIACEAE		
<i>Oedogonium</i> sp.1	R	R
<i>Oedogonium</i> sp.2	CT	CT
CLASSE ZYGNEMAPHYCEAE		
ORDEM DESMIDIALES		
FAMÍLIA DESMIDIACEAE		
<i>Cosmarium depressum</i> (Nägeli) Lundell	R	
<i>Cosmarium vexatum</i> W. West & G. S. West	R	
DIVISÃO CHRYSOPHYTA		
CLASSE CHRYSOPHYCEAE		
ORDEM MONOSIGALES		
FAMÍLIA MONOSIGACEAE		
<i>Codosiga</i> sp.		R
CLASSE XANTHOPHYCEAE		
ORDEM MISCHOCOCCALES		
FAMÍLIA CHARACIOPSIDACEAE		
<i>Characiopsis saphagnicola</i> Pascher	CM	CM
DIVISÃO CRYPTOPHYTA		
CLASSE CRYPTOPHYCEAE		
ORDEM CRYPTOMONADALES		
FAMÍLIA CRYPTOMONADACEAE		
<i>Cryptomonas</i> sp.	R	CM
DIVISÃO CYANOPHYTA		
CLASSE CYANOPHYCEAE		
ORDEM CHROOCOCCALES		
FAMÍLIA CHAMAESIPHONACEAE		
<i>Geitleribactron crassum</i> Gold-Morgan, Montejano & Komárek	CT	CT
<i>Geitleribactron subaequale</i> (Geitler) Komárek		CM
FAMÍLIA HYDROCOCCACEAE		
<i>Cyanodermatium</i> sp.	CM	CT
FAMÍLIA MERISMOPEDIACEAE		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> (W. West) G.S. West	CT	CM

<i>Aphanocapsa elachista</i> (W. West) G.S. West	CT	CT
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmermann) Cronberg & Kamárek	CT	CT
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) Cronberg & Kamárek	CM	CM
<i>Coelomoron tropicale</i> Senna, Peres & Komárek	CM	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	CT	CT
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	CT	CT
<i>Synechocystis</i> sp.		CM
FAMÍLIA MICROCYSTACEAE		
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková		CM
<i>Microcystis</i> sp.		CM
FAMÍLIA SYNECHOCOCCACEAE		
<i>Aphanothece nidulans</i> Richter	R	R
<i>Bacularia</i> cf. <i>gracilis</i> Komárek	CM	CT
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek	CM	CM
FAMÍLIA XENOCOCCACEAE		
Xenococaceae 1	CT	CT
ORDEM NOSTOCALES		
FAMÍLIA NOSTOCACEAE		
<i>Anabaenopsis</i> sp.	CT	CT
FAMÍLIA RIVULARIACEAE		
<i>Calothrix braunii</i> Bornet & Flahault		CM
ORDEM OSCILLATORIALES		
FAMÍLIA BORZIACEAE		
<i>Komvophorom</i> sp.	R	
FAMÍLIA OSCILLATORIACEAE		
<i>Lyngbya martensiana</i> (Meneghini) Gomont	CM	CM
<i>Oscillatoria tenuis</i> (Agardh) Gomont	CM	
FAMÍLIA PHORMIDIACEAE		
<i>Phormidium diguetii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	CM	CM

<i>Phormidium inundatum</i> (Kützing) Gomont	R	
<i>Phormidium puteale</i> (Montagne ex Gomont)	CM	
Anagnostidis		
<i>Phormidium</i> sp.	CT	CT
<i>Planktothrix clathrata</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek	R	R
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek & Komárcová	R	
<i>Tychonema</i> cf. <i>tênue</i> (Skuja) Anagnostidis & Komárek		CM
FAMÍLIA PSEUDANABAENACEAE		
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont)	CM	CM
Anagnostidis		
<i>Heteroleibleinia kuetzinguii</i> (Schmidle) Compère	CT	CT
<i>Leptolyngbya lagerheimii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		CM
<i>Leptolyngbya subtilis</i> (W. West) Anagnostidis		CM
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	R	R
<i>Pseudanabaena minima</i> (G. S. An.) Anagnostidis	CM	CT
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Pestalozzi) Scwabe		CM
<i>Pseudanabaena papillaterminata</i> (Kiselev) Kukk	R	
<i>Pseudanabaena</i> sp.		R
<i>Spirulina subtilissima</i> (Kützing) Gomont		CM
FAMÍLIA SCHIZOTHRICACEAE		
<i>Schizothrix fragilis</i> (Kützing) Gomont	CM	CT
DIVISÃO EUGLENOPHYTA		
CLASSE EUGLENOPHYCEAE		
ORDEM EUGLENALES		
FAMÍLIA EUGLENACEAE		
<i>Euglena</i> sp.	CM	R
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann	CM	
<i>Lepocinclis salina</i> Fritsch	CM	

<i>Lepocinclis</i> sp.	CM	
<i>Lepocinclis texta</i> (Düjardin) Lemmermann emend Conrad	R	
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Düjardin var. <i>tortus</i> Lemmermann	CM	
<i>Phacus megalopsis</i> Pochmam	CM	
<i>Phacus onyx</i> Pochmam	CT	
<i>Trachelomonas</i> sp.		CM
<i>Trachelomonas sydneyensis</i> Playfair	R	
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg	CT	CT
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko	CT	

5.4.2 Densidade

A Figura 23 mostra a variação temporal da densidade total média ($n = 3$), que foi crescente em ambos os períodos, porém o aumento foi mais expressivo no período seco. Até o 18º dia de colonização, a densidade total média foi maior no período chuvoso e, a partir daí, maior no período seco. Tais fatos puderam ser observados visualmente como mostram as Figuras 24 e 25.

No período seco, não houve diferença significativa na densidade total média ($n = 3$) entre o 4º e o 6º dia de colonização apenas. Foi registrado aumento abrupto significativo do 30º dia para o 41º dia de amostragem, com incremento de 3,5 vezes. O menor valor médio registrado foi $3,304 \times 10^3$ ind/cm² (2º dia) e o maior foi $2.466,489 \times 10^3$ ind/cm² (61º dia).

No período chuvoso, não foi registrada diferença significativa entre o 23º e o 41º dia de colonização. O maior aumento na densidade total média ($n = 3$) foi do 6º para o 10º dia de colonização, sendo o incremento de 4,1 vezes. O menor valor médio registrado foi $5,814 \times 10^3$ ind/cm² (2º dia) e o maior foi $818,758 \times 10^3$ ind/cm² (61º dia), nitidamente inferior ao máximo do período seco.

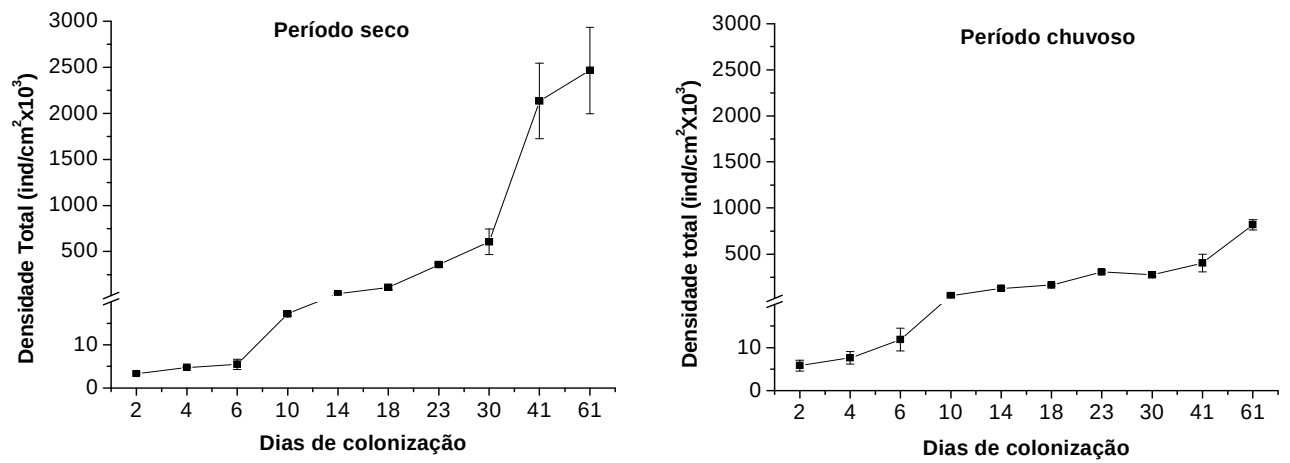


Figura 23: Variação temporal da densidade total média ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

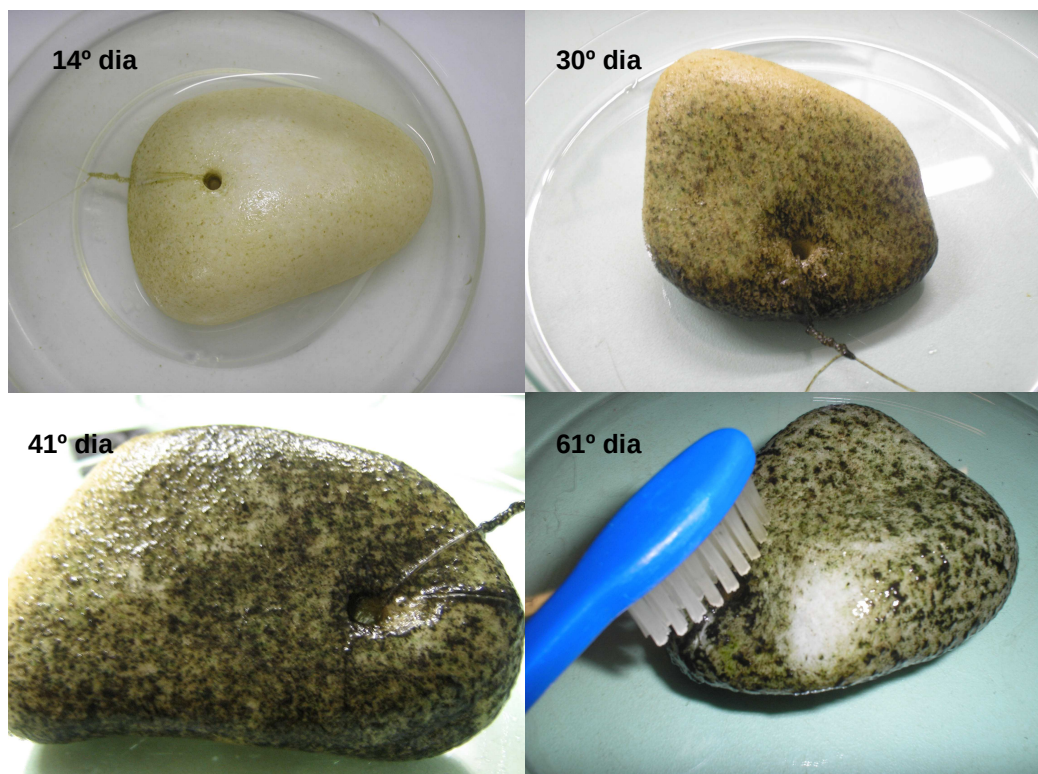


Figura 24: Observação visual da colonização do epilítion no 14º, 30º, 41º e 61º dia de colonização no período seco.

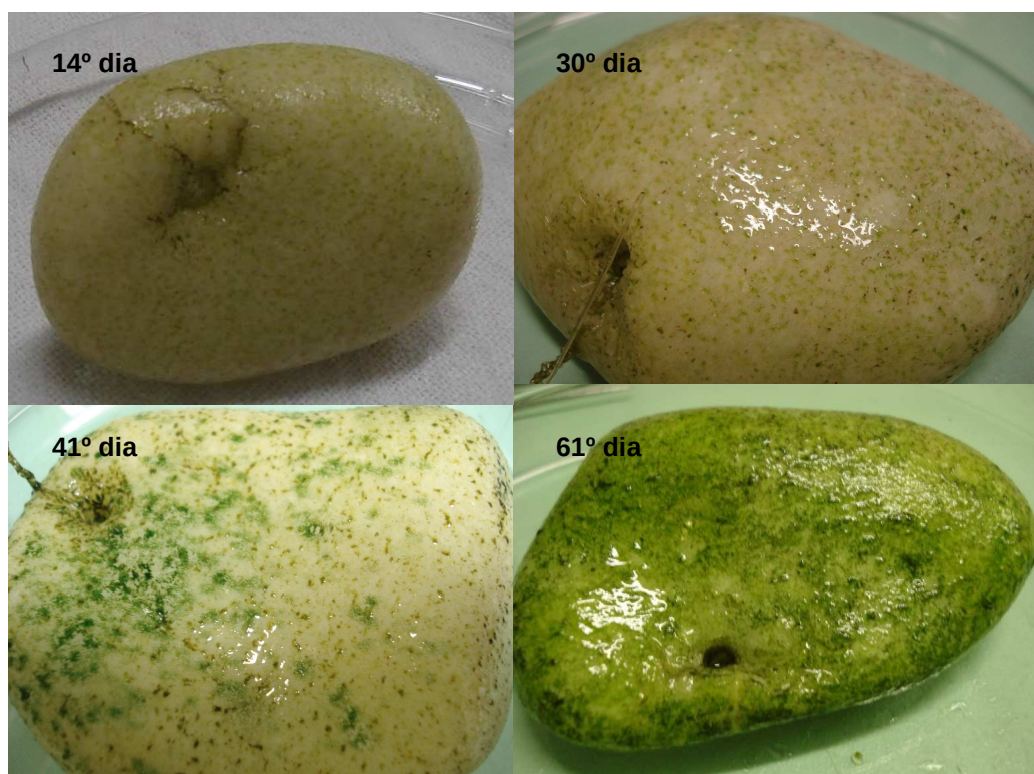


Figura 25: Observação visual da colonização do epilítion no 14º, 30º, 41º e 61º dia de colonização no período chuvoso.

Quanto à contribuição relativa das Classes na densidade total média ($n = 3$), Chlorophyceae e Cyanophyceae foram as que apresentaram maior representatividade em ambos os períodos.

No período seco, Chlorophyceae foi a Classe que mais contribuiu até o 14º dia de colonização, sendo substituída a partir daí por Bacillariophyceae e Cyanophyceae, a qual foi predominante do 23º dia em diante (Figura 26). O 18º dia de colonização foi o período em que estas três Classes contribuíram mais igualmente para a densidade total média (cerca de 30%).

A maior contribuição da Classe Chlorophyceae no período seco ocorreu do 2º ao 10º dia de colonização (em torno de 90%), coincidindo com a menor contribuição da Classe Cyanophyceae (de 0,2% a 2,0%), e a menor no 61º dia (2,3%), quando foi maior a porcentagem de Cyanophyceae (93,2%). A contribuição da Classe

Bacillariophyceae variou de 0,3% (2º dia) a 29,2% (18º dia). As demais Classes não chegaram a contribuir com 10% neste período (Figura 26).

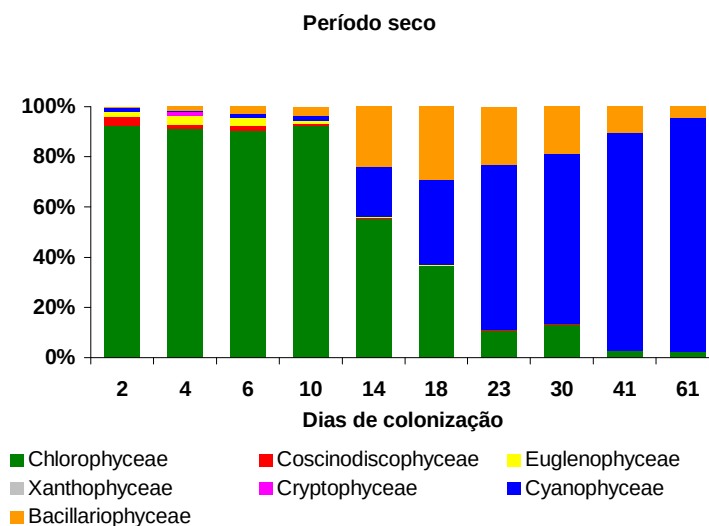


Figura 26: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas na densidade total média (n = 3) no período seco.

No período chuvoso, Chlorophyceae foi a Classe que mais contribuiu nos estágios iniciais de sucessão (até o 6º dia), sendo substituída gradativamente por Cyanophyceae, a qual foi predominante a partir do 10º dia (Figura 27). Estas Classes foram bastante representativas durante todo o período sucessional, diferentemente do período seco. A maior contribuição relativa da Classe Bacillariophyceae foi registrada nos estágios intermediários de sucessão, sendo, porém, menos representativa que no período seco.

A redução de Chlorophyceae no decorrer do experimento durante o período chuvoso foi concomitante ao aumento de Cyanophyceae. A maior contribuição da Classe Chlorophyceae ocorreu no 2º e 4º dia de colonização (78,5 e 73,5% respectivamente) e a menor no 41º e 61º dia (15,4 e 16,3% respectivamente). A contribuição da Classe Cyanophyceae variou de 20,9% (2º dia) a cerca de 83% (41º e 61º dia) e da Classe Bacillariophyceae de 0,5% (2º e 61º dia) a 12,4% (10º dia). As demais Classes não chegaram a contribuir com 10% neste período (Figura 27).

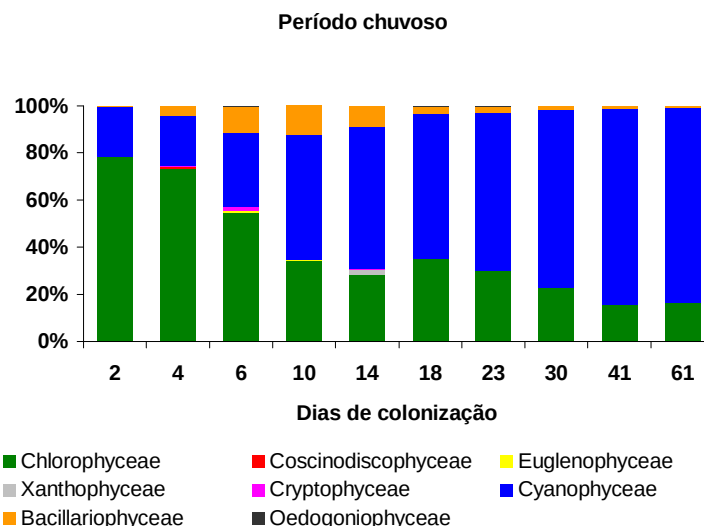


Figura 27: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.

A contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) se deu de forma diferente entre os períodos estudados (Figuras 28 e 29). No período seco, até o 10º dia de colonização apenas as formas coloniais e unicelulares contribuíram para a densidade total. As formas agregadas e as filamentosas só foram registradas a partir do 14º dia, permanecendo, as ultimas, com baixa percentagem. As formas coloniais predominaram nos estágios iniciais (de 72,6 a 84,0%), sendo substituídas nos estágios intermediários principalmente pelas unicelulares (de 37,5 a 54,7%) e nos estágios finais pelas formas agregadas (58,2 e 67,3%) (Figura 28).

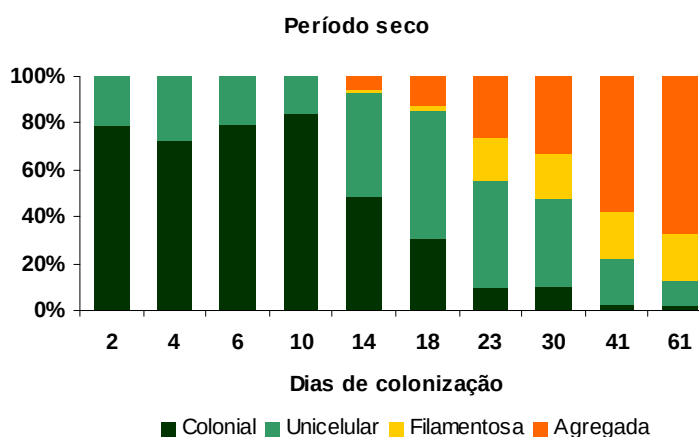


Figura 28: Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso, as formas coloniais foram predominantes até o 6º dia de colonização, sendo substituídas pelas filamentosas nos estágios intermediários a finais (Figura 29). As menores contribuições das filamentosas ocorreram nos estágios iniciais (0,9 a 1,4%), coincidindo com as maiores densidades das coloniais (57,7 a 79,5%), e as maiores nos estágios finais (74% ao 61º dia), mesmo período em que as coloniais foram menos representativas (6,4% ao 61º dia). As formas unicelulares contribuíram durante todo o período, com maiores densidades no 6º e 10º dia (40,9 e 37,5% respectivamente). O 10º dia de colonização apresentou densidades mais igualitárias entre estas três formas de vida. As formas agregadas foram registradas a partir do 10º e permaneceram até o final da sucessão, porém em baixas densidades.

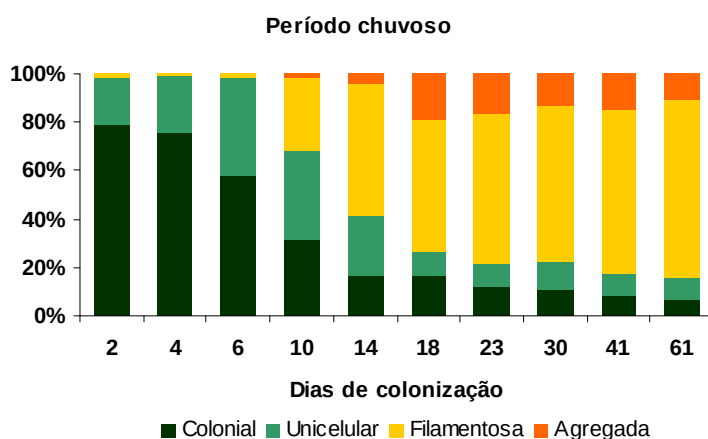


Figura 29: Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas na densidade total média (n = 3) no período chuvoso.

A contribuição das formas de fixação das algas epilíticas ao substrato na densidade total média (n = 3) também ocorreu de forma diferenciada entre os dois períodos analisados (Figuras 30 e 31). No período seco (Figura 30), as formas associadas foram predominantes até o 18º dia (46,6 a 97,7%). A partir do 14º dia foi crescente a contribuição das formas prostradas, as quais predominaram nos estágios finais de sucessão (69,3% ao 61º dia). As formas emaranhadas apresentaram maiores densidades a partir do 14º dia e aquelas com alguma estrutura de fixação a partir do 18º dia, permanecendo ambas com contribuição representativa até os estágios

finais. As demais formas (móveis e heterotricosas) não chegaram a representar juntas 10% da comunidade.

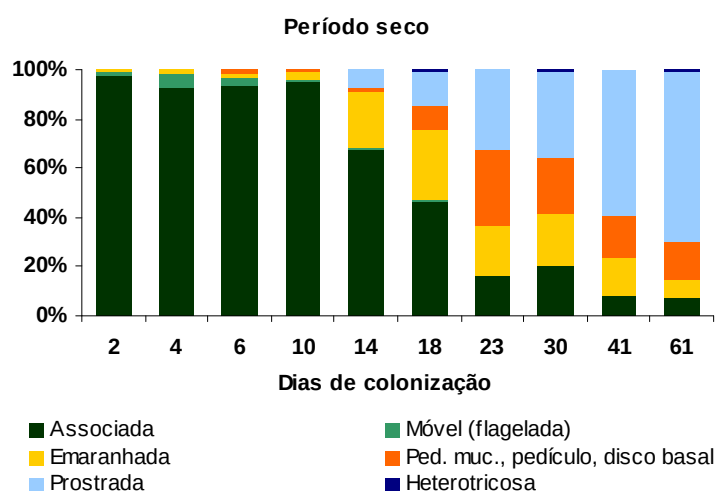


Figura 30: Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso, as formas associadas foram as mais representativas apenas até o 6º dia de colonização (70,7 a 97,7%), havendo, a partir daí, aumento na contribuição das algas com alguma estrutura de fixação, as quais foram predominantes até o 61º dia (50,6 a 63,9%) (Figura 31). As algas emaranhadas contribuíram desde o início até o final da sucessão, porém em baixas densidades, assim como as prostradas e heterotricosas, as quais foram mais representativas a partir dos estágios intermediários. As formas móveis não chegaram a contribuir com 5% da comunidade.

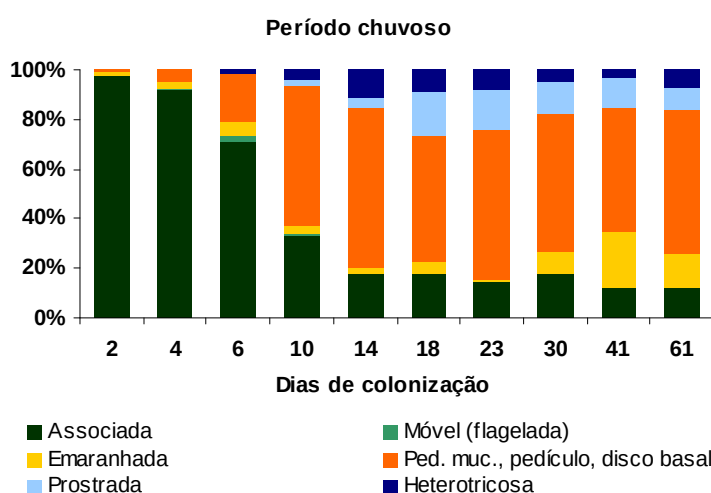


Figura 31: Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas na densidade total média ($n = 3$) no período chuvoso.

5.4.3 Espécies abundantes e dominantes

No período seco, *Desmodesmus protuberans* foi dominante no 2º dia de colonização e Xenococcaceae 1 no 41º e 61º dias de colonização. Nos outros dias amostrados nenhuma espécie dominante foi registrada. Em todas as amostragens deste período foram registradas espécies abundantes: *Scenedesmus acuminatus* e *Monoraphidium minutum* foram abundantes até o 18º dia de colonização; *Desmodesmus protuberans* do 4º ao 30º dia; *Synechocystis aquatilis* a partir do 14º dia; *Aphanocapsa holsatica* no 14º e 18º dia; Bacillariophyceae 1 e Xenococcaceae 1 do 14º ao 30º dia; *Geitleribactron crassum* do 18º ao 30º dia; *Nitzschia amphibia* do 18º ao 41º dia; Achnanthales 2 no 30º dia; *Heteroleibleinia kuetzingii* e *Phormidium* sp. a partir do 30º dia e *Cyanodermatium* sp. no 30º e 41º dia (Figura 32).

A Figura 32 mostra a variação sucessional da contribuição relativa das espécies abundantes e dominantes na densidade total média ($n = 3$) do período seco, as quais representam mais de 5% da comunidade. As espécies *Desmodesmus protuberans* e *Scenedesmus acuminatus* foram as que mais contribuíram para densidade total nos estágios iniciais de sucessão (até o 10º dia). Nos estágios intermediários, um maior número de espécies contribuiu, e de maneira mais igualitária, para a densidade. Nesta fase, o número de táxons com representatividade numérica acima de 5% variou de sete (14º dia) a nove (18º, 23º e 30º dia). Xenococcaceae 1 foi registrada a partir do 14º dia, sendo a maior contribuinte nos estágios finais (41º e 61º dia).

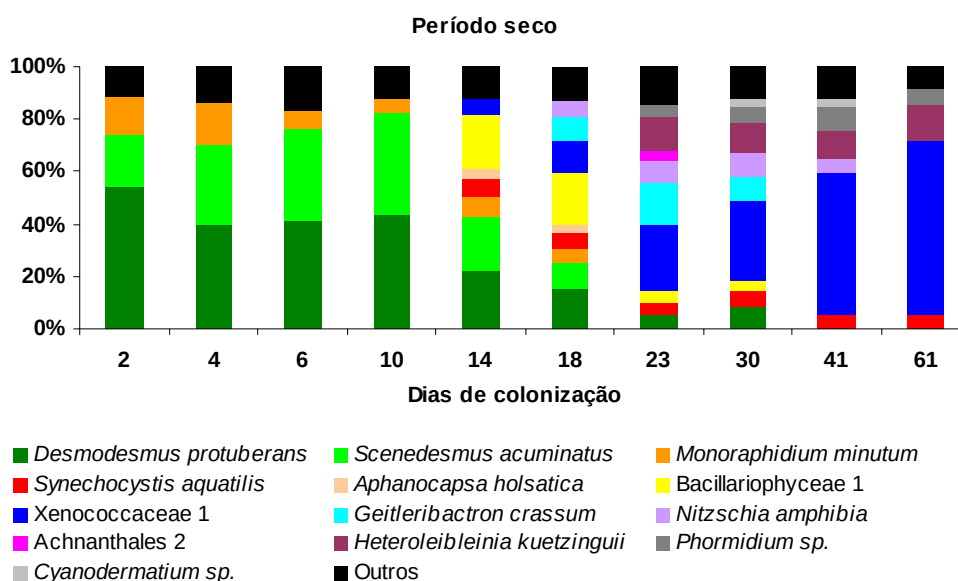


Figura 32: Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas abundantes e dominantes na densidade total média (n = 3) no período seco.

No período chuvoso, *Desmodesmus protuberans* foi dominante até o 6º dia de colonização e *Heteroleibleinia kuetzinguii* no 23º e 30º dias de colonização. Em todas as amostragens deste período foram registradas espécies abundantes: *Desmodesmus protuberans* foi abundante a partir do 10º dia; *Synechocystis* sp. até o 6º dia; *Gomphonema clevei* do 6º ao 14º dia; *Geitleribactron crassum* do 6º ao 18º dia; *Heteroleibleinia kuetzinguii* do 10º ao 18º dia, além do 41º e 61º dia; *Stigeoclonium farctum* do 14º ao 23º dia, além do 61º; *Xenococcaceae* 1 no 18º, 23º, 41º e 61º dia; *Chlorococcales* 1 do 18º ao 30º dia; *Synechocystis aquatilis* no 30º e no 61º dia; *Schizothrix fragilis* a partir do 30º dia e *Calothrix braunii* no 41º e 61º dia (Figura 33).

A Figura 33 mostra a variação sucessional da contribuição relativa das espécies abundantes e dominantes na densidade total média (n = 3) do período chuvoso, as quais representam mais de 5% da comunidade. *Desmodesmus protuberans* foi a espécie que mais contribuiu para densidade total nos estágios iniciais de sucessão (até o 6º dia) e *Heteroleibleinia kuetzinguii* a que apresentou maiores densidades nos estágios intermediários e finais. As demais algas foram gradativamente substituídas ao longo do período sucessional.

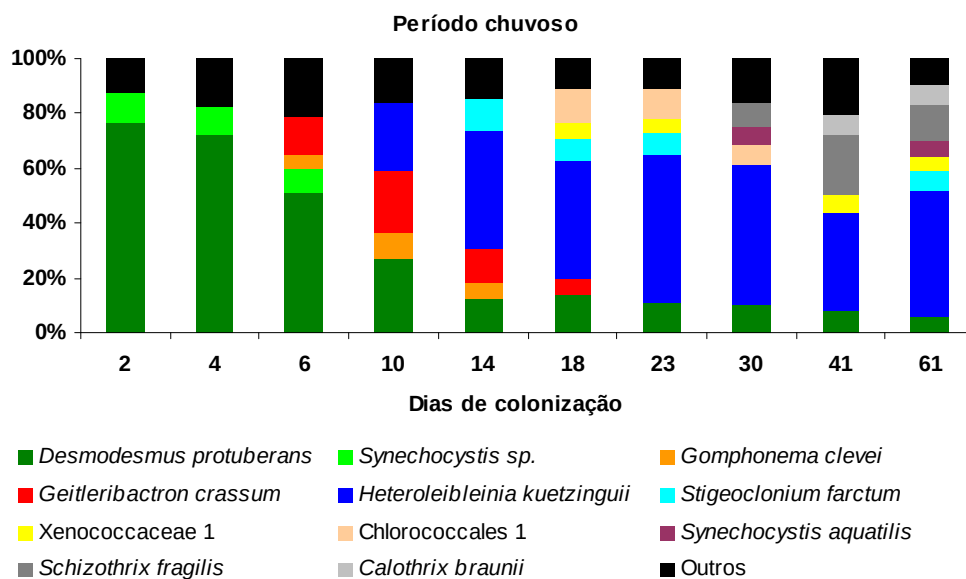


Figura 33: Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas abundantes e dominantes na densidade total média (n = 3) no período chuvoso.

5.4.4 Índices de diversidade específica e eqüitabilidade

Os valores médios de diversidade (n = 3) nos períodos seco e chuvoso estão apresentados na Figura 34. A diversidade específica apresentou valores significativamente semelhantes entre os períodos estudados no 6º, 14º, 23º e 41º dia. No restante dos dias, a diversidade foi maior no período seco, com exceção do 10º e 61º dia, quando foi estatisticamente maior no período chuvoso.

No período seco, a diversidade do 2º dia foi igual a do 10º e do 61º dia, ocorrendo semelhança também entre o 4º, 6º e 41º dia e entre o 18º, 23º e 30º dia. O valor máximo foi atingido no 18º (3,47 bits/ind.) e o mínimo no 61º dia (1,97 bits/ind.).

No período chuvoso, a diversidade foi semelhante entre o 2º e o 4º dia, entre o 6º e o 30º dia e entre o 10º, 18º e 61º dia, os quais foram significativamente semelhantes ao 14º e ao 41º dia. O pico máximo de diversidade ocorreu no 41º (2,75 bits/ind.) e o mínimo no 2º dia (1,31 bits/ind.).

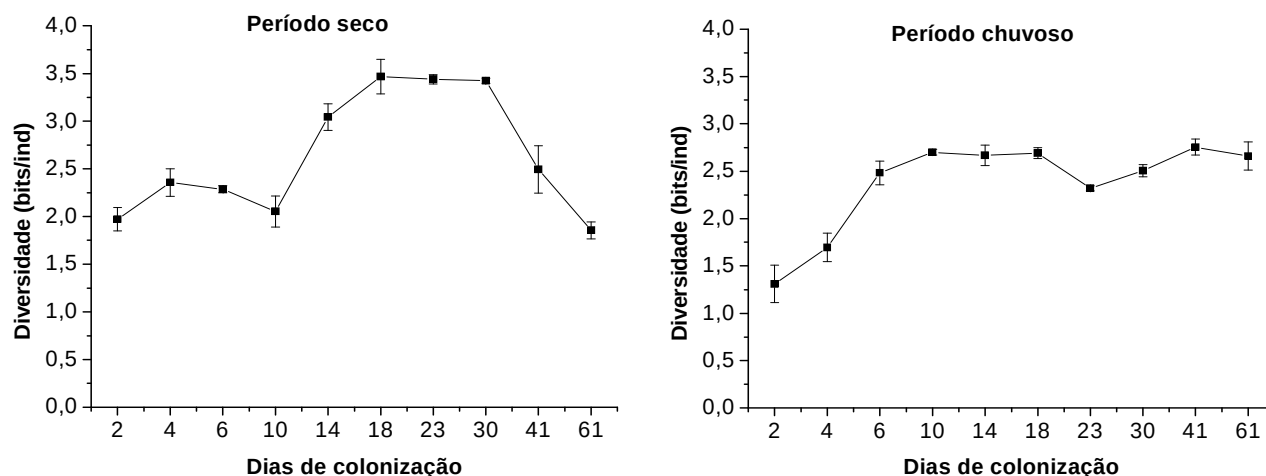


Figura 34: Variação temporal dos valores médios de diversidade específica ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

Os valores de equitabilidade médios ($n = 3$) nos períodos seco e chuvoso estão apresentados na Figura 35. A equitabilidade apresentou valores significativamente semelhantes entre os períodos estudados no 2º, 4º, 6º, 14º e 30º dia. No restante dos dias, a equitabilidade foi maior no período chuvoso, com exceção do 18º e 23º dia, quando foi estatisticamente maior no período seco.

No período seco, houve semelhança estatística entre o 4º e o 6º dia, o 10º e o 41º e o 14º e 30º dia. A maior equitabilidade foi registrada no 23º dia (0,69) e a menor no 61º (0,24).

No período chuvoso, o 14º foi semelhante ao 6º, ao 30º e ao 61º dia, o 30º dia foi igual ao 2º, ao 6º e ao 14º e o 61º dia foi semelhante ao 14º e ao 18º dia. O maior valor ocorreu no 41º (0,67) e o menor no 2º dia (0,39).

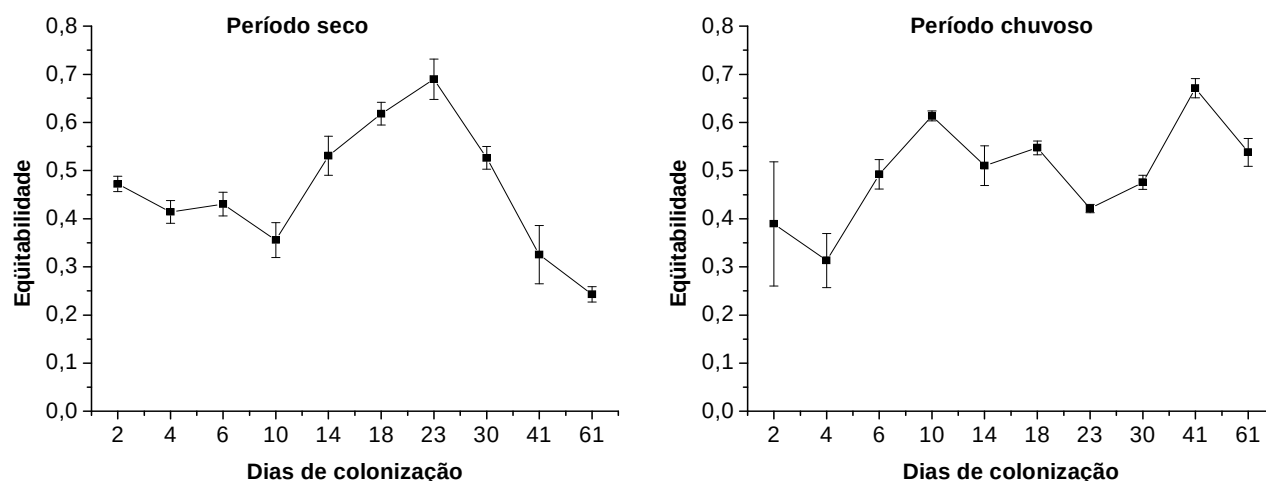


Figura 35: Variação temporal dos valores médios de equitabilidade ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.4.5 Biovolume

A figura 36 mostra a variação temporal do biovolume total médio ($n = 3$), que foi crescente em ambos os períodos, acompanhando a mesma tendência da densidade total. Porém, o aumento mais expressivo foi registrado no período chuvoso, ao contrário do observado na densidade total. O período chuvoso apresentou maior biovolume total que o período seco durante todos os estágios, com exceção do 23º, 30º e 41º dia de colonização, onde os valores foram significativamente iguais.

No período seco, não houve diferença significativa no biovolume total médio ($n = 3$) entre o 4º e o 6º dia de colonização e entre o 23º e 30º dia e o 41º e 61º dia. O maior incremento foi registrado do 18º dia para o 23º dia de amostragem (8,6 vezes). O menor valor médio registrado foi $03 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$ (2º dia) e o maior foi $2.098 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$ (61º dia).

No período chuvoso, não foi registrada diferença significativa entre o 2º e o 4º dia de colonização, nem entre o 14º e o 18º, os quais foram estatisticamente semelhantes ao 30º e 41º dias. O maior aumento no biovolume total médio ($n = 3$) foi do 6º para o 10º dia de colonização, coincidindo com a densidade, sendo o incremento de 7,9 vezes. O menor valor médio registrado foi $06 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$ (2º dia) e o maior foi $3.675 \text{ mm}^3/\text{cm}^2$ (61º dia), nitidamente superior ao máximo do período seco.

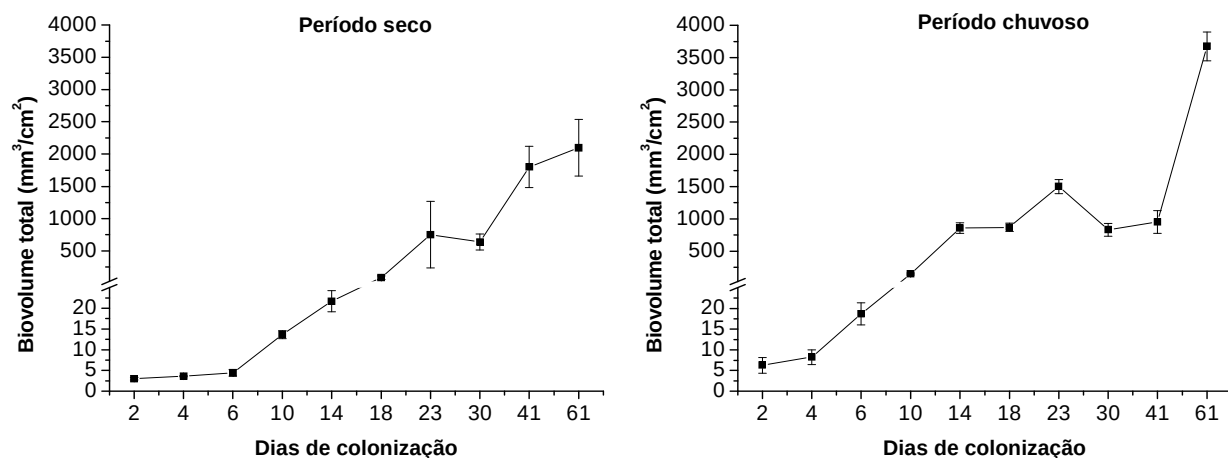


Figura 36: Variação temporal do biovolume total médio ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

De modo geral, a Classe Chlorophyceae foi a que apresentou maior contribuição relativa para o biovolume total médio ($n = 3$) em ambos os períodos estudados. No período seco (Figura 37), o biovolume de Chlorophyceae foi o mais representativo até o 18º dia e no 30º dia, chegando a 96,9% (10º dia). No 23º dia a Classe Bacillariophyceae apresentou maior biovolume (75,6%). Cyanophyceae apresentou maiores valores de biovolume nos estágios finais de sucessão, ocorrendo sua maior contribuição no 41º (69,7%), quando foi predominante.

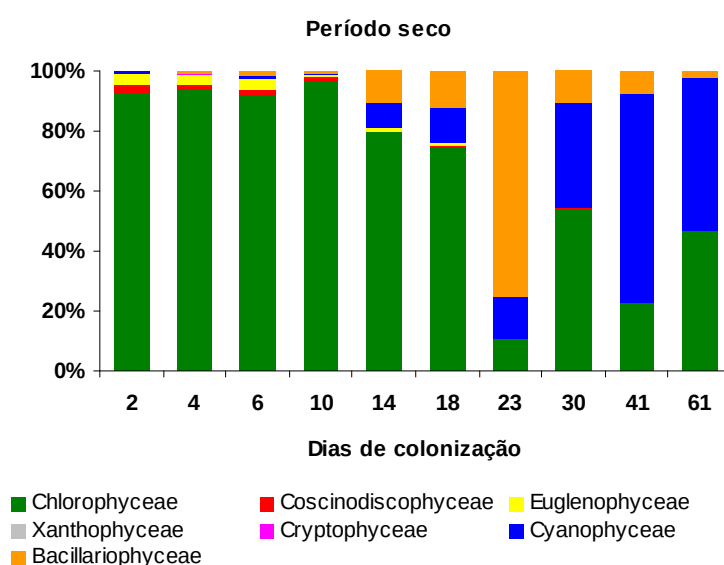


Figura 37: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas no biovolume total médio ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso (Figura 38), o biovolume de Chlorophyceae foi predominante do começo ao fim da sucessão, com contribuição relativa variando de 79,9% (41º dia) a 97% (2º dia). Além de Chlorophyceae, a única Classe que contribuiu em mais de 10% para o biovolume total foi Cyanophyceae no 41º dia (19,9%), coincidindo com a menor contribuição de Chlorophyceae.

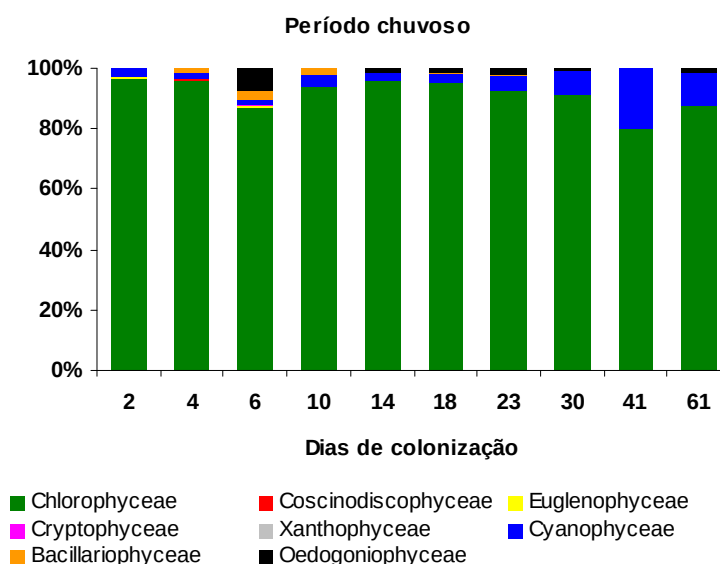


Figura 38: Variação temporal da contribuição relativa das Classes de algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.

A contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) ocorreu de forma diferente entre os períodos estudados (Figuras 39 e 40). No período seco, até o 14º dia de colonização as formas coloniais foram predominantes, seguidas das unicelulares, as quais predominaram no 23º dia. As maiores contribuições das formas agregadas e filamentosas foram registradas a partir do 14º dia, permanecendo, estas últimas, com elevada percentagem até o final do experimento, ao contrário do ocorrido na densidade total. As formas coloniais predominaram nos estágios iniciais (de 65,5 a 93,4%), sendo substituídas nos estágios finais principalmente pelas filamentosas (de 63,1 a 72,0%) (Figura 39).

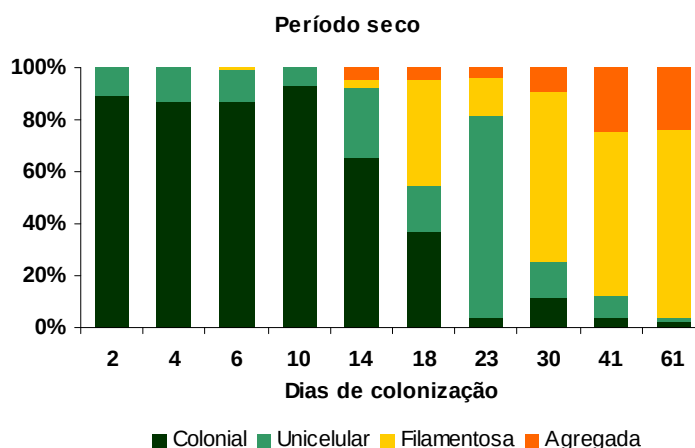


Figura 39: Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas no biovolume total médio ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso, as formas coloniais foram predominantes até o 4º dia de colonização, sendo substituídas pelas filamentosas nos estágios intermediários a finais (Figura 40). As menores contribuições das filamentosas ocorreram no 2º e 4º dia (2,4 e 6,6% respectivamente), coincidindo com as maiores densidades das coloniais (97,1 e 91% respectivamente). O 6º dia de colonização apresentou biovolumes mais equivalentes entre estas duas formas de vida. Assim, a contribuição das formas para o biovolume foi semelhante a da densidade, porém as demais formas não chegaram a contribuir com 10% do biovolume total.

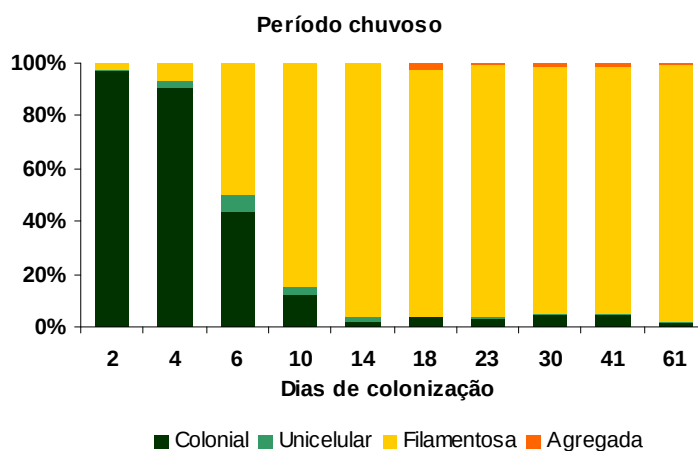


Figura 40: Variação temporal da contribuição relativa das formas de vida das algas epilíticas no biovolume total médio ($n = 3$) no período chuvoso.

Do mesmo modo que na densidade total, a contribuição das formas de fixação das algas epilíticas ao substrato no biovolume total médio ($n = 3$) também ocorreu de forma diferenciada entre os dois períodos analisados (Figuras 41 e 42). No período seco (Figura 41), as formas associadas foram predominantes até o 14º dia (chegando a 98,0% no 10º dia). Do 18º dia em diante foi registrada maior contribuição de outras formas. As formas com alguma estrutura de fixação apresentaram maiores biovolumes no 18º dia, as formas emaranhadas no 23º e 41º dia, quando foram predominantes, e as heterotricosas no 30º e 61º dia. As formas móveis não chegaram a representar 10% da comunidade.

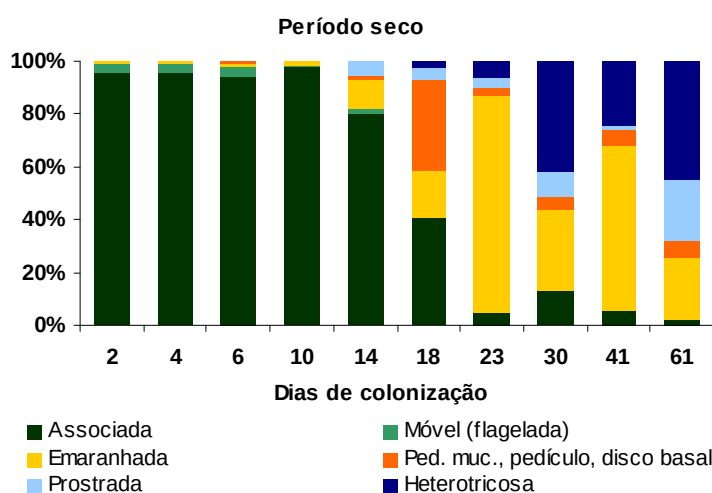


Figura 41: Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas no biovolume total médio ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso, as formas associadas foram as mais representativas apenas até o 4º dia de colonização (97,5 e 91,7%). No 6º dia, as formas associadas e heterotricosas contribuíram igualmente para o biovolume total (44,4 e 42,8% respectivamente). A partir daí, houve aumento na contribuição das heterotricosas, as quais foram predominantes até o 61º dia (74,4 a 92,9%) (Figura 42). As algas com alguma estrutura de fixação contribuíram desde os estágios intermediários até os finais da sucessão, porém com baixo biovolume. As formas emaranhadas, móveis e prostradas não chegaram a contribuir com 5% da comunidade.

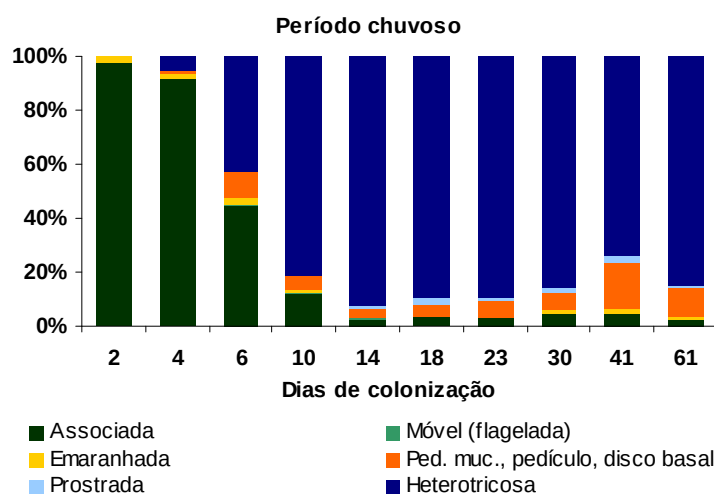


Figura 42: Variação temporal da contribuição relativa das formas de fixação das algas epilíticas no biovolume total médio (n = 3) no período chuvoso.

A variação sucessional das espécies com representatividade acima de 5% do biovolume total médio (n = 3) nos períodos estudados está representada nas Figuras 42 e 43. No período seco (Figura 43), as espécies *Desmodesmus protuberans* e *Scenedesmus acuminatus* foram as que mais contribuíram para o biovolume total nos estágios iniciais de sucessão (até o 14º dia). Dos estágios intermediários a finais, um maior número de espécies contribuiu para a biovolume: *Stigeoclonium farctum* foi predominante no 18º dia, Bacillariophyceae 1 no 23º dia e *Phormidium* sp. no 41º dia. Xenococcaceae 1 também apresentou contribuição bastante representativa no 41º e 61º dia.

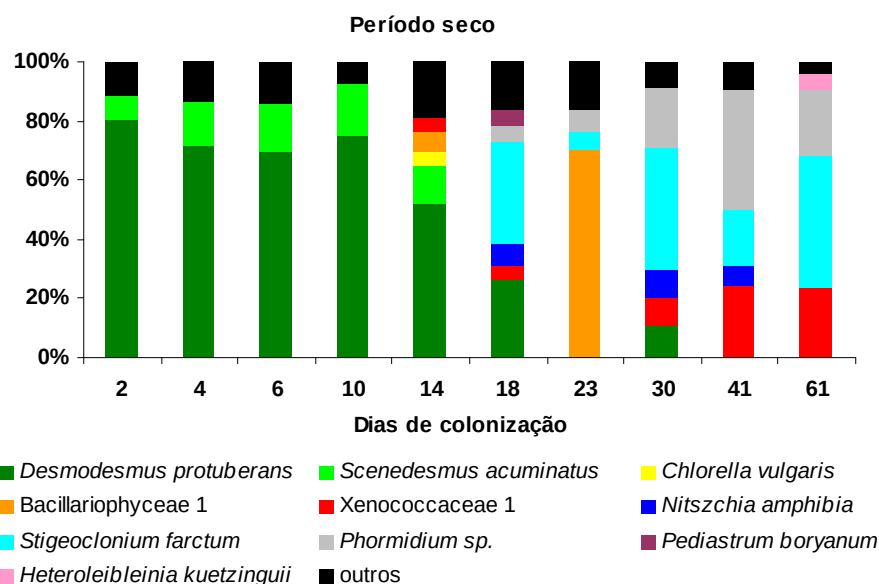


Figura 43: Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas com representatividade acima de 5% do biovolume total médio ($n = 3$) no período seco.

No período chuvoso (Figura 44), apenas algumas espécies contribuíram de forma representativa para o biovolume total. *Desmodesmus protuberans* foi a espécie que mais contribuiu até o 4º dia. No 6º dia esta espécie e *Stigeoclonium farctum* foram as mais representativas. Do 10º dia até o final da sucessão, *Stigeoclonium farctum* foi a única espécie que predominou. As demais algas que contribuíram foram: *Oedogonium sp.2* (6º dia), *Heteroleibleinia kuetzingii* (30º e 41º dia) e *Calothrix braunii* (30º e 41º dia).

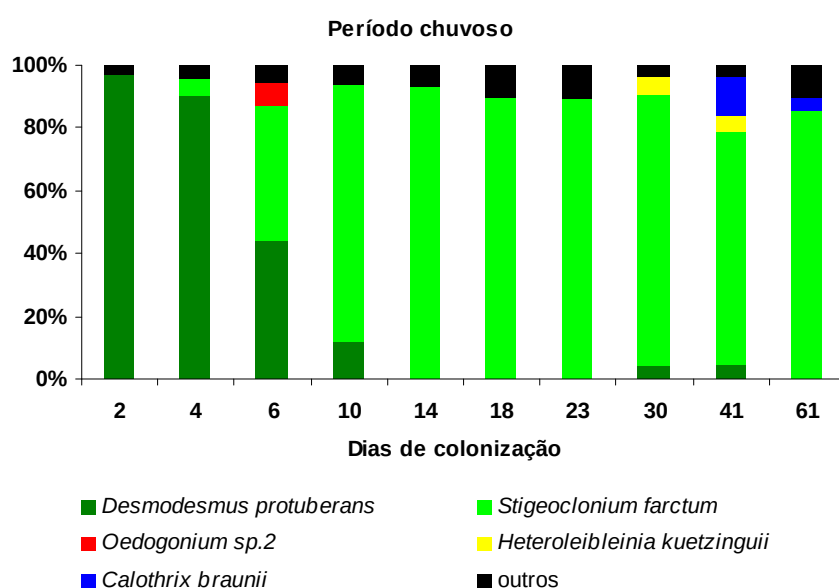


Figura 44: Variação temporal da contribuição relativa das algas epilíticas com representatividade acima de 5% do biovolume total médio ($n = 3$) no período chuvoso.

5.4.6 Pigmentos

As Figuras 45 e 46 mostram a variação temporal dos pigmentos nos períodos seco e chuvoso respectivamente.

No período seco (Figura 45) houve tendência ao aumento nos valores de todos os pigmentos analisados do início ao final da sucessão, com exceção da clorofila *c* que permaneceu com baixos valores em todo o período. Os valores das clorofilas *a* e *b* foram bastante próximos, com diferenças representativas apenas no 30º e 61º dia, quando clorofila *b* foi maior que clorofila *a*. As concentrações dos feopigmentos também foram semelhantes a estas duas clorofilas até o 18º dia, quando, a partir daí apresentou menores valores. As clorofilas *a* e *b* e os feopigmentos ocorreram em maiores valores que os carotenóides e a clorofila *c*, porém nas duas últimas amostragens (41º e 61º dia) não foi registrada diferença representativa entre feopigmentos e carotenóides. Até o 6º dia não houve diferença expressiva entre carotenóides e clorofila *c*.

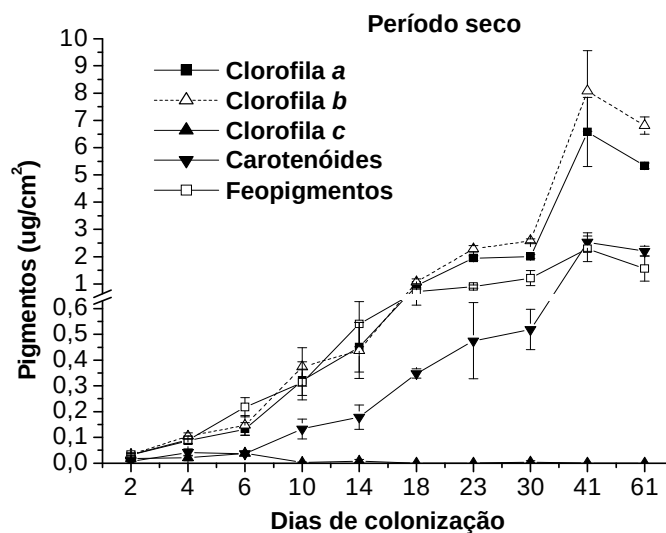


Figura 45: Variação temporal a curto prazo dos valores médios dos pigmentos ($n = 3$) e erro padrão durante o período seco.

No período chuvoso (Figura 46) os valores dos pigmentos analisados também foram crescentes, com tendência a estabilização do 10º ao 41º dia, com exceção da clorofila *c* que permaneceu com valores constantes e baixos em todo o período. Os valores das clorofilas *a* e *b* foram bastante semelhantes, com diferenças

representativas apenas no 18º e 23º dia, quando clorofila *b* foi maior que clorofila *a*, e sempre maiores que os outros pigmentos. Feopigmentos e carotenóides não apresentaram diferença expressiva entre si durante todo o período sucessional e, até o 6º dia, foram semelhantes à clorofila *c*.

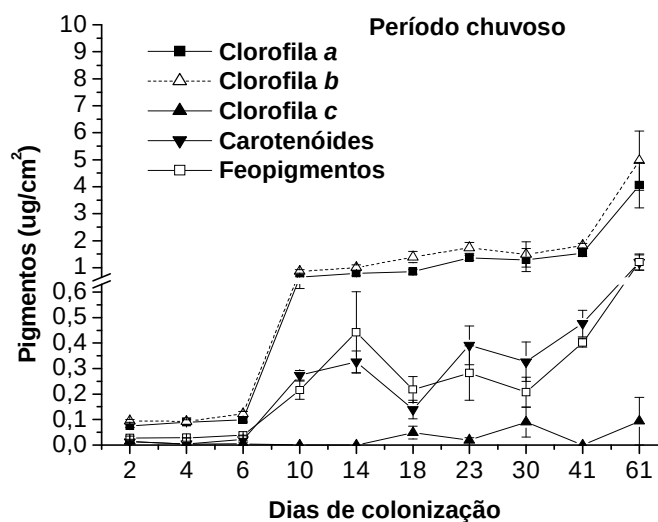


Figura 46: Variação temporal a curto prazo dos valores médios dos pigmentos ($n = 3$) e erro padrão durante o período chuvoso.

Os valores médios de clorofila *a* ($n = 3$) foram estatisticamente semelhantes entre os períodos seco e chuvoso no 4º, 6º, 18º, 30º e 61º dia de colonização (Figura 47). No 2º, 14º e 18º dia as concentrações deste pigmento foram maiores no período chuvoso e no 23º e 41º dia maiores no período seco.

No período seco os valores foram significativamente iguais entre o 10º e 14º, 23º e 30º e 41º e 61º dias de colonização. O maior aumento na concentração média de clorofila *a* ($n = 3$) foi do 30º para o 41º dia de colonização, sendo o incremento de 3,2 vezes. O menor valor médio registrado foi $0,032 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (2º dia) e o maior foi $6,574 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (41º dia). No período chuvoso os valores foram significativamente iguais entre o 4º e 6º e o 14º e 18º dia, sendo o 23º semelhante estatisticamente ao 30º e 41º dia de colonização. O incremento máximo ocorreu do 6º para o 10º dia de colonização, com aumento de 6,6 vezes. A menor concentração média registrada foi $0,075 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (2º dia) e a maior foi $4,057 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (61º dia).

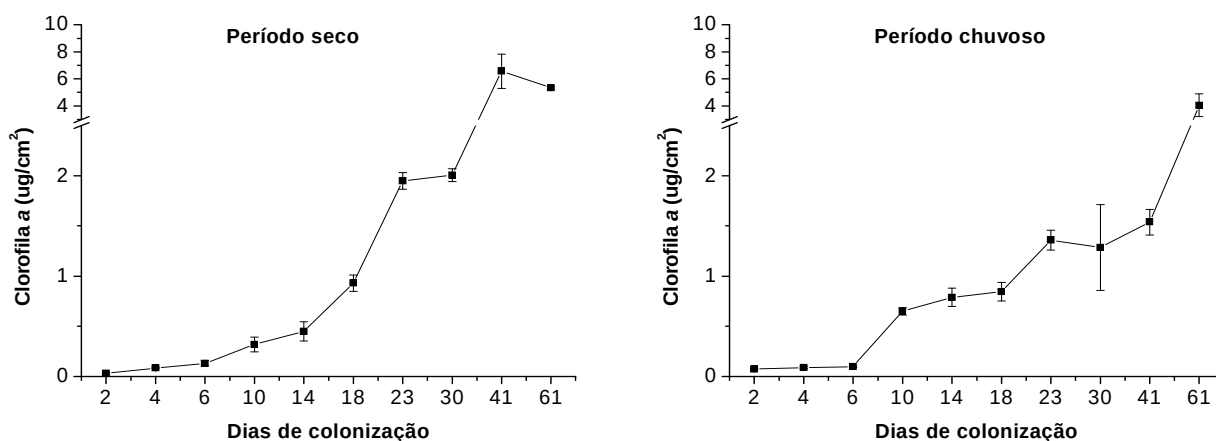


Figura 47: Variação temporal da concentração média de clorofila *a* ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

As concentrações médias de clorofila *b* ($n = 3$) foram estatisticamente semelhantes entre os períodos seco e chuvoso no 4º, 6º, 14º, 18º e 61º dia de colonização (Figura 48). No 2º e 10º dia as concentrações deste pigmento foram maiores no período chuvoso e no 23º, 30º e 41º dia maiores no período seco.

No período seco os valores foram significativamente iguais entre o 10º e o 14º e o 41º e o 61º dias de colonização. Os maiores incrementos foram registrados do 2º para o 4º e do 30º para o 41º dia, sendo estes de 3,1 vezes em ambos. O menor valor médio registrado foi 0,033 µg/cm² (2º dia) e o maior foi 8,080 µg /cm² (41º dia). No período chuvoso os valores foram significativamente iguais entre o 2º e o 4º, o 10º e o 14º, o 18º e o 30º e o 23º e o 41º dia de colonização. O incremento máximo ocorreu do 6º para o 10º dia de colonização, com aumento de 7,1 vezes. A menor concentração média registrada foi 0,094 µg/cm² (2º dia) e a maior foi 4,969 µg /cm² (61º dia).

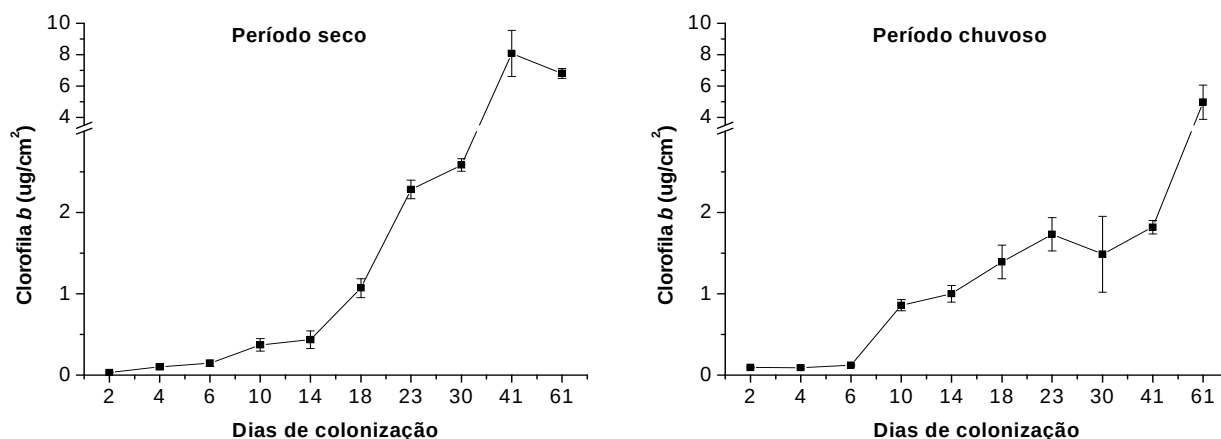


Figura 48: Variação temporal da concentração média de clorofila *b* ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

As concentrações médias de clorofila *c* ($n = 3$) foram estatisticamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso apenas no 6º dia de colonização, quando foi maior no período seco (Figura 49).

No período seco, o 4º dia foi estatisticamente semelhante ao 2º e ao 6º dia, ocorrendo semelhança também entre o 10º, 14º e o 30º dia, entre o 18º e o 23º e o 41º e 61º dia. Como as concentrações foram bastante semelhantes, incrementos representativos não foram registrados, sendo o maior deles do 10º para o 14º dia (2,9 vezes). O menor valor registrado foi 0,000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (18º, 23º, 41º e 61º dia) e o maior foi 0,038 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (6º dia). No período chuvoso os valores foram significativamente iguais em todos os dias de colonização, com maior incremento do 23º para o 30º dia (4,6 vezes). As concentrações variaram de 0,000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (10º, 14º e 41º) a 0,093 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (61º dia).

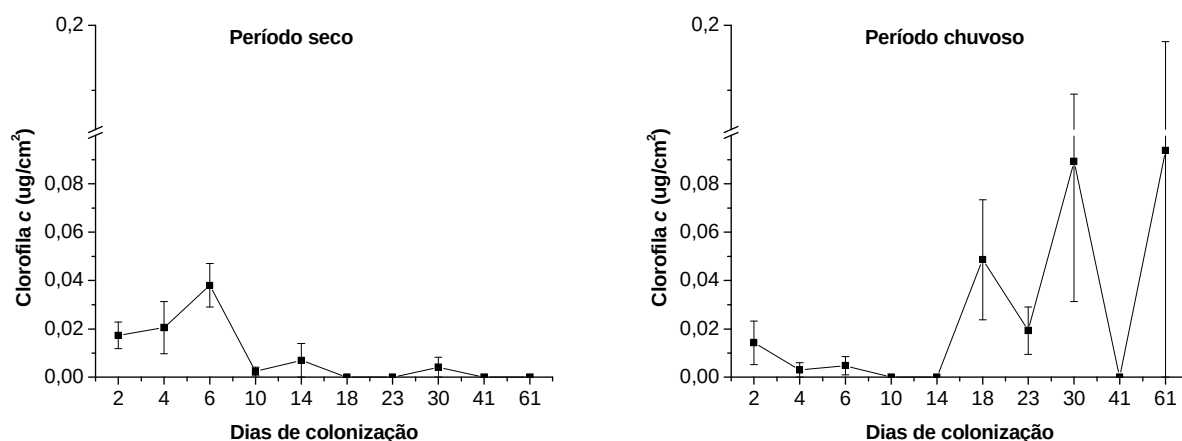


Figura 49: Variação temporal da concentração média de clorofila c ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

Valores significativamente iguais de carotenóides entre os períodos seco e chuvoso ocorreram no 2º, 6º, 23º e 30º dia (Figura 50). Nos dias em que foram registradas diferenças estatísticas as concentrações foram maiores no período seco, com exceção do 10º e 14º dia, que foram maiores no período chuvoso.

No período seco, semelhanças estatísticas ocorreram entre o 4º e o 6º, o 10º e o 14º, o 23º e o 30º e o 41º e o 61º dia. O incremento máximo ocorreu do 2º para o 4º dia de colonização, com aumento de 5,9 vezes. A menor concentração média registrada foi $0,007 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (2º dia) e a maior foi $2,533 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (41º dia). No período chuvoso, os carotenóides foram semelhantes entre o 2º e o 4º e o 14º e o 30º dia. O maior aumento ocorreu do 6º para o 10º dia de colonização, sendo 12,7 vezes. Os valores registrados oscilaram entre $0,004 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (4º dia) e $1,191 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (61º dia).

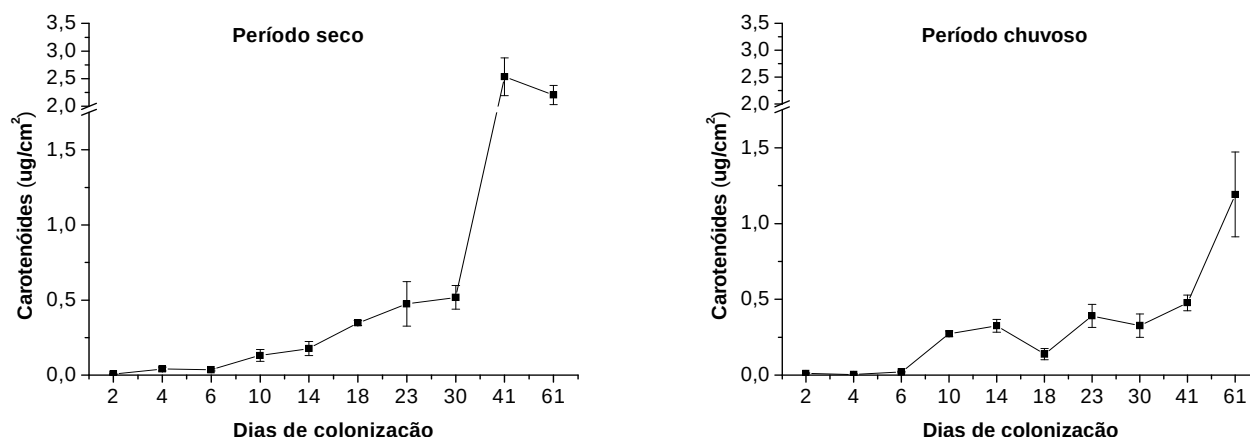


Figura 50: Variação temporal da concentração média de carotenóides ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

Valores significativamente iguais de feopigmentos entre os períodos seco e chuvoso ocorreram no 2º, 10º, 14º e 61º dia, sendo que nos outros dias todas as concentrações foram maiores no período seco (Figura 51).

No período seco, os feopigmentos foram significativamente diferentes em todos os dias de colonização, sendo o incremento máximo do 4º para o 6º dia de colonização, com aumento de 2,4 vezes. A menor concentração média registrada foi 0,032 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (2º dia) e a maior foi 2,286 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (41º dia). No período chuvoso, não houve diferença estatística entre o 2º, o 4º e o 6º dia, nem entre o 10º e o 30º dia. O 14º dia foi igual ao 23º e ao 41º dia, o 18º foi semelhante ao 10º, ao 23º e ao 30º dia e o 23º foi igual ao 14º e ao 18º dia. O maior incremento ocorreu do 6º para o 10º dia de colonização, com aumento de 5,7 vezes. As concentrações médias oscilaram entre 0,026 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (2º dia) e 1,202 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (61º dia).

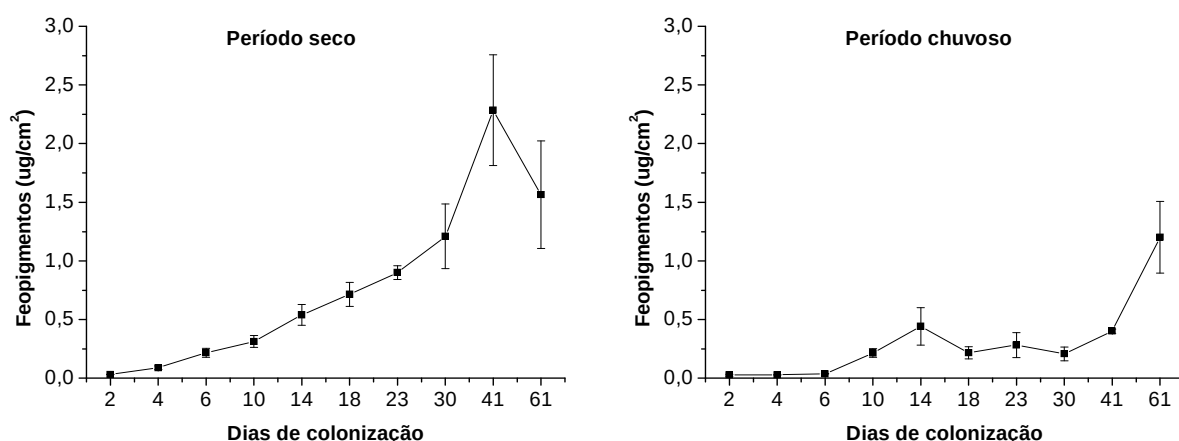


Figura 51: Variação temporal da concentração média de feopigmentos ($n = 3$) e erro padrão a curto (dias de colonização) e longo prazo (períodos seco e chuvoso).

5.4.7 Taxa de acumulação de biomassa

A taxa de acumulação de biomassa fotossintética baseada na concentração de clorofila *a* por dia ocorreu de forma diferente entre os dois períodos estudados (Figuras 52 e 53). No período seco houve tendência a acúmulo até o 23º dia, porém, o ganho máximo ocorreu no 41º dia e foi 3,0 vezes maior que o pico máximo do período chuvoso (10º dia). A maior perda de biomassa ocorreu no 61º dia do período seco, sendo 5,9 vezes maior que a perda máxima do período chuvoso (30º dia). No período chuvoso não foi observada tendência à perda ou ganho de biomassa.

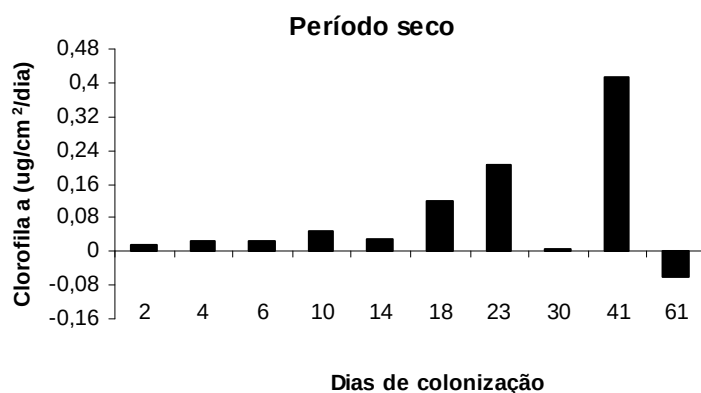


Figura 52: Variação temporal das taxas médias de acumulação de biomassa fotossintética ($n = 3$) no período seco.

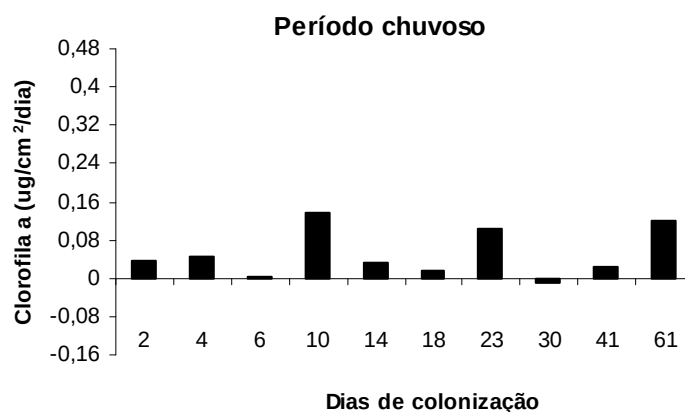


Figura 53: Variação temporal das taxas médias de acumulação de biomassa fotossintética (n = 3) no período chuvoso.

5.5 Análises Estatísticas

5.5.1 Variáveis abióticas

5.5.1.1 Teste Mann-Whitney

Os resultados do teste Mann-Whitney mostraram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso para as variáveis pluviosidade, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total kjeldahl, ortofosfato e fósforo total dissolvido (Tabela 4).

Tabela 4: Teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis climatológicas e limnológicas entre os períodos seco e chuvoso (*p < 0,05). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 28 no Anexo B.

Variáveis	Valores de p
Pluv	0,000*
Tar	0,062
Luz	0,226
Vento	0,879
Tágua	0,000*
Transp	0,606
ZE	0,606
Prof	0,222
CE	0,000*
Turb	0,000*
STS	0,494
OD	0,449
pH	0,494
NO ₂	0,130
NO ₃	0,000*
NH ₄	0,000*
NTK	0,010*
PO ₄ ³⁻	0,000*
PTD	0,001*
Si	0,088

5.5.1.2 Coeficiente de Correlação de Spearman

A Tabela 5 apresenta a matriz de correlações significativas entre as variáveis abióticas avaliadas durante o estudo.

5.5.1.3 Análise Multivariada em Componentes Principais

Os três fatores obtidos pela Análise de Componentes Principais explicaram, juntos, 65,77% das variações ocorridas durante o período estudado (Tabela 6). O Fator 1 explicou 35,58% das variações e esteve associado à pluviosidade, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, nitrato, ortofosfato e fósforo total dissolvido. O Fator 2 foi responsável por 17,61% das variações e associou-se à transparência da água e zona eufótica. O Fator 3 explicou 12,58% e esteve relacionado à nitrito e nitrogênio total kjeldahl.

Tabela 6: Correlação das variáveis abióticas com os fatores 1, 2 e 3. Em negrito estão destacados os valores significativos ($p > 0,700$). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 28 no Anexo B.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Pluv	- 0,953	0,095	0,021
Tar	- 0,353	0,162	0,261
Luz	0,023	-0,240	- 0,546
Vento	0,112	-0,097	- 0,186
Tágua	- 0,789	0,063	0,522
Transp	0,012	0,949	0,019
ZE	0,020	0,951	0,013
Prof	-0,240	-0,139	0,354
CE	0,879	0,076	- 0,309
Turb	- 0,820	-0,348	- 0,087
STS	- 0,530	-0,447	- 0,551
OD	0,157	0,682	- 0,234
pH	- 0,121	0,369	0,349
NO ₂	0,015	0,168	- 0,800
NO ₃	0,757	0,090	- 0,576
NH ₄	0,596	-0,208	- 0,641
NTK	0,103	0,036	- 0,905
PO ₄ ³⁻	- 0,953	-0,028	0,009
PTD	- 0,901	-0,033	- 0,165
Si	- 0,545	0,325	0,162
Eigenvalues	7,115	3,523	2,516
% Total da variância	35,575	17,615	12,582
% Total acumulada	35,575	53,191	65,773

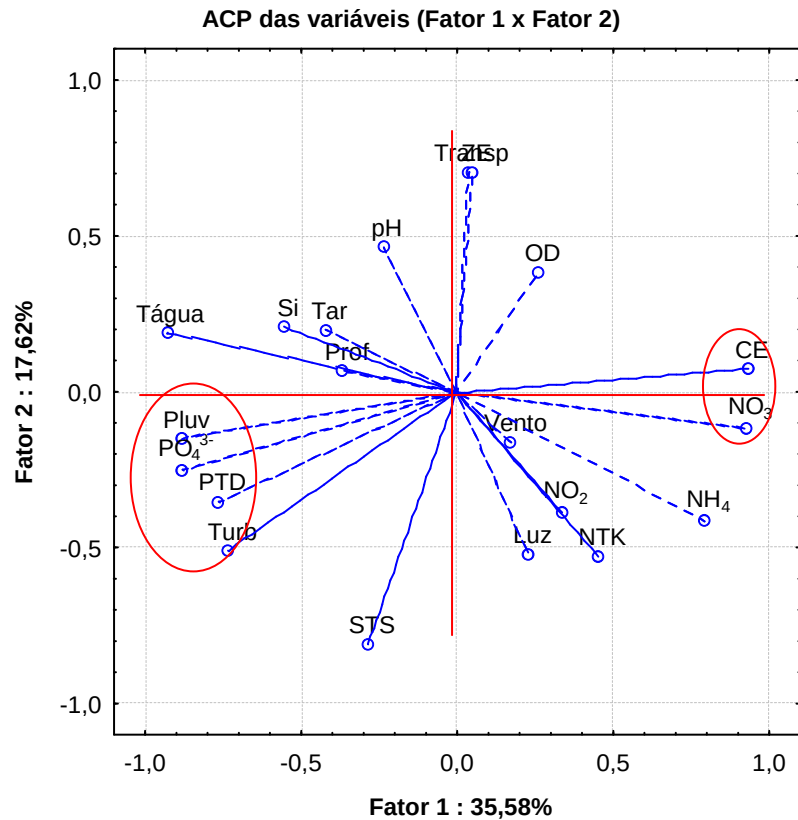


Figura 54: Análise dos Componentes Principais das variáveis abióticas (Fator 1 x Fator 2) durante o estudo.

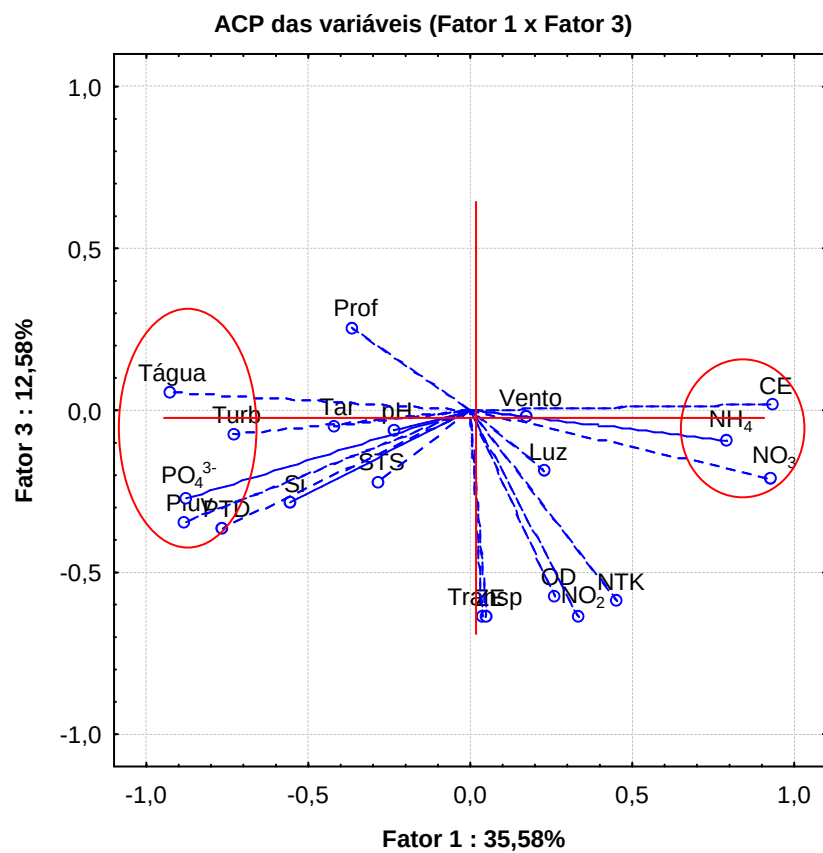


Figura 55: Análise dos Componentes Principais das variáveis abióticas (Fator 1 x Fator 3) durante o estudo.

5.5.2 Variáveis bióticas

5.5.2.1 Teste Krukal-Wallis e Teste Mann-Whitney

As Tabelas de 7 a 15 apresentam os resultados dos testes estatísticos aplicados para verificar variações significativas entre os dias de colonização de cada período (variação temporal a curto prazo – teste Krukal-Wallis) e entre os períodos seco e chuvoso (variação temporal a longo prazo – teste Mann-Whitney) das seguintes variáveis bióticas: densidade total, biovolume total, clorofilas *a*, *b*, *c*, carotenóides, feopigmentos, diversidade específica e equitabilidade.

Tabela 7: Testes estatísticos para Densidade Total ($\text{ind}/\text{cm}^2 \times 10^3$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Densidade Total - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	3,303 i	5,814 i	0,049*
4	4,765 h	7,642 h	0,049*
6	5,487 h	11,858 g	0,049*
10	17,155 g	48,946 f	0,049*
14	42,669 f	127,637 e	0,049*
18	109,114 e	165,289 d	0,049*
23	356,249 d	306,224 b	0,049*
30	605,085 c	275,483 c	0,049*
41	2.135,842 b	404,583 b	0,049*
61	2.466,488 a	818,758 a	0,049*

Tabela 8: Testes estatísticos para Biovolume Total (mm^3/cm^2). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Biovolume Total - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	3,020 g	6,276 g	0,049*
4	3,609 f	8,230 g	0,049*
6	4,405 f	18,708 f	0,049*
10	13,634 e	147,120 e	0,049*
14	21,690 d	857,230 cd	0,049*
18	87,027 c	871,890 cd	0,049*
23	751,250 b	1.501,809 b	0,512
30	638,667 b	832,712 d	0,275
41	1.801,701 a	952,585 c	0,126
61	2.097,925 a	3.675,128 a	0,049*

Tabela 9: Testes estatísticos para Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Clorofila a - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0,032 g	0,075 g	0,049*
4	0,086 f	0,088 f	0,827
6	0,132 e	0,099 f	0,512
10	0,319 d	0,650 e	0,049*
14	0,449 d	0,789 d	0,049*
18	0,930 c	0,846 d	0,275
23	1,947 b	1,358 bc	0,049*
30	2,005 b	1,286 c	0,512
41	6,574 a	1,538 b	0,049*
61	5,336 a	4,057 a	0,512

Tabela 10: Testes estatísticos para Clorofila *b* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Clorofila *b* - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso (* $p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0,033 h	0,094 f	0,049*
4	0,105 g	0,092 f	0,512
6	0,146 f	0,121 e	0,512
10	0,373 e	0,860 d	0,049*
14	0,437 e	1,002 d	0,512
18	1,071 d	1,391 c	0,275
23	2,284 c	1,733 b	0,049*
30	2,583 b	1,487 c	0,049*
41	8,080 a	1,820 b	0,049*
61	6,809 a	4,969 a	0,275

Tabela 11: Testes estatísticos para Clorofila *c* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Clorofila *c* - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso (* $p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0,017 b	0,014 a	0,827
4	0,020 ab	0,003 a	0,121
6	0,038 a	0,004 a	0,046*
10	0,002 c	0,000 a	0,121
14	0,007 c	0,000 a	0,317
18	0,000 d	0,048 a	1,000
23	0,000 d	0,019 a	0,121
30	0,004 c	0,089 a	0,121
41	0,000 d	0,000 a	1,000
61	0,000 d	0,093 a	0,317

Tabela 12: Testes estatísticos para Carotenóides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Carotenóides - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0,007 f	0,012 h	0,275
4	0,041 e	0,004 h	0,046*
6	0,036 e	0,021 g	0,126
10	0,132 d	0,273 e	0,049*
14	0,178 d	0,326 d	0,049*
18	0,347 c	0,139 f	0,049*
23	0,474 b	0,391 c	0,827
30	0,518 b	0,327 d	0,126
41	2,533 a	0,476 b	0,049*
61	2,202 a	1,191 a	0,049*

Tabela 13: Testes estatísticos para Feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Feopigmentos - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0.032 j	0,026 f	0,506
4	0.090 i	0,028 f	0,049*
6	0.216 h	0,037 f	0,049*
10	0.313 g	0,215 e	0,126
14	0.540 f	0,442 bc	0,827
18	0.714 e	0,217 de	0,049*
23	0.900 d	0,282 cd	0,049*
30	1.210 c	0,207 e	0,049*
41	2.286 a	0,401 b	0,049*
61	1.564 b	1,202 a	0,275

Tabela 14: Testes estatísticos para Diversidade Específica (bits/ind). Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Diversidade Específica - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	1,972 de	1,310 e	0,049*
4	2,356 c	1,695 e	0,049*
6	2,286 c	2,483 c	0,275
10	2,053 d	2,700 ab	0,049*
14	3,042 b	2,667 b	0,126
18	3,465 a	2,691 ab	0,049*
23	3,440 a	2,318 d	0,512
30	3,423 a	2,505 c	0,275
41	2,493 c	2,754 a	0,512
61	1,855 e	2,660 ab	0,049*

Tabela 15: Testes estatísticos para Equitabilidade. Teste Kruskal-Wallis (valores médios de Equitabilidade - $n = 3$) dentro de cada período e Teste Mann-Whitney (valores de p) entre os períodos seco e chuvoso ($*p < 0,05$).

Dias de colonização	Kruskal-Wallis		Mann-Whitney
	Período seco	Período chuvoso	Períodos seco e chuvoso
2	0,472 d	0,389 f	0,512
4	0,414 e	0,313 h	0,275
6	0,430 e	0,492 e	0,126
10	0,355 f	0,613 b	0,049*
14	0,530 c	0,510 de	0,827
18	0,618 b	0,547 c	0,049*
23	0,689 a	0,421 g	0,049*
30	0,526 c	0,475 ef	0,126
41	0,325 f	0,671 a	0,049*
61	0,242 g	0,538 cd	0,049*

5.5.2.2 Coeficiente de Correlação de Spearman

A Tabela 16 mostra a matriz de correlações significativas entre as variáveis bióticas avaliadas durante o estudo.

Tabela 16: Matriz de correlação entre as variáveis bióticas. São apresentados coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 28 no Anexo B.

Variáveis	DT	BT	Cloro a	Cloro b	Carot	Feop	BChl
DT			0,980	0,977	0,945	0,819	
DCya	0,987		0,960	0,954	0,917	0,771	
DChl	0,899		0,888	0,884	0,846	0,657	
DBacil	0,803		0,824		0,816		
DDprot			0,941	0,938	0,905	0,751	
DSceac						0,463	
DStig		0,924	0,768	0,768	0,717	0,501	0,973
DXen1			0,943	0,939	0,926	0,813	
DHkuet			0,912	0,920	0,892	0,696	
DPhor			0,800		0,798	0,850	
DSchfra			0,487		0,491		
DNamph			0,896		0,886	0,816	
DAch2			0,719		0,707	0,577	
BT			0,806	0,899	0,852	0,684	
BCya		0,929	0,960	0,959	0,924	0,777	
BChl		0,959	0,806	0,812	0,753	0,568	
BBacil		0,736	0,858		0,834	0,815	
BDprot			0,942	0,939	0,905	0,751	
BStig		0,934	0,773	0,773	0,722	0,504	0,974
BXen1			0,943	0,939	0,923	0,813	
BPhor			0,800		0,798	0,850	
BHkuet			0,921	0,928	0,906	0,709	
BBa1			0,675		0,648	0,810	
BNamph			0,896		0,886	0,816	

5.5.3 Variáveis bióticas e abióticas em conjunto

5.5.3.1 Coeficiente de Correlação de Spearman

A Tabela 17 apresenta a matriz de correlações significativas entre as variáveis bióticas e abióticas avaliadas durante o estudo.

Tabela 17: Matriz de correlação entre as variáveis bióticas e abióticas. São apresentados coeficientes estatisticamente significativos ($p < 0,05$). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 28 no Anexo B.

Variáveis	Pluv	Tágua	CE	Turb	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NTK	PO ₄ ³⁻	PTD
DBacil										-0,507
DCosc	-0,752	-0,788	0,776	-0,638	0,464	0,809	0,816	0,748	-0,595	-0,597
DEug							0,543			
DCrypto										0,581
DOedog	0,516				-0,542	-0,623	-0,647	-0,542		
DSceac	-0,877	-0,896	0,801	-0,662		0,836	0,831	0,539	-0,766	-0,814
DMmin	-0,707	-0,657	0,792	-0,568		0,685	0,637	0,475	-0,453	-0,567
DStig	0,533	0,524			-0,499	-0,547	-0,498			
DChlo1	0,609			0,558						
DXen1										-0,486
DPhor			0,518							
DSchfra		0,461								
DCalbra					-0,630	-0,639	-0,533			
DBa1			0,480							-0,669
BT	0,448									
BChl	0,507				-0,499	-0,508	-0,467			
BCosc	-0,752	-0,787	0,779	-0,637	0,466	0,810	0,818	0,747	-0,596	-0,597
BEug		-0,595								
BCrypto										0,501
BOedog	0,516	0,641	-0,496		-0,542	-0,623		-0,542		
BSceac	-0,855	-0,872	0,767	-0,620		0,789	0,865	0,618	-0,733	-0,770
BStig	0,533	0,536			-0,498	-0,560	-0,495			
BOed2	0,516	0,641	-0,496		-0,542	-0,623	-0,647	-0,542		
BChlore	-0,717	-0,747	0,547	-0,483		0,679	0,801	0,543	-0,548	-0,627
BXen1										-0,486
BPhor			0,518							
BCalbra	0,537				-0,632	-0,639	-0,533			
BBa1			0,517							-0,678

5.5.3.2 Análise Multivariada em Componentes Principais

Os três fatores obtidos pela Análise de Componentes Principais explicam, juntos, 62,29% das variações ocorridas durante o período estudado (Tabela 18). O Fator 1 explicou 30,57% das variações e esteve associado à densidade total, densidade das Classes Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, biovolume total, clorofilas *a* e *b*, carotenóides e feopigmentos. O Fator 2 foi responsável por 19,73% das variações e associou-se à pluviosidade, temperatura da água, condutividade elétrica, nitrato, amônia, ortofosfato e fósforo total dissolvido. O Fator 3 explicou 11,98% e esteve relacionado à nitrito e densidade da Classe Chlorophyceae.

Tabela 18: Correlação das variáveis bióticas e abióticas com os fatores 1, 2 e 3. Em negrito estão destacados os valores significativos ($p > 0,700$). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 28 no Anexo B.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Pluv	-0,058	-0,919	0,033
Tar	0,260	-0,510	0,102
Luz	0,023	-0,066	-0,698
Vento	0,102	0,156	-0,211
Tágua	0,211	-0,863	0,311
Transp	-0,603	-0,102	0,024
ZE	-0,617	-0,099	0,018
Pof	-0,110	-0,303	0,418
CE	-0,330	0,902	-0,192
Turb	0,190	-0,609	0,040
STS	0,167	-0,162	-0,459
OD	-0,541	-0,099	-0,221
pH	-0,215	-0,186	0,076
NO ₂	-0,027	0,054	-0,830
NO ₃	-0,146	0,756	-0,539
NH ₄	-0,054	0,740	-0,436
NTK	-0,438	0,334	-0,639
PO ₄ ³⁻	0,232	-0,905	-0,161
PTD	0,178	-0,864	-0,297
Si	-0,583	-0,361	0,446
DT	-0,970	0,096	-0,046
DChl	-0,487	0,022	0,721
DCya	-0,961	0,067	-0,064
DBacil	-0,778	0,390	-0,244
DEug	-0,203	0,564	-0,070
DCosc	-0,780	0,425	-0,306
DXantho	-0,207	-0,144	-0,050
DCrypto	0,101	-0,368	-0,045
DOedog	-0,143	-0,252	0,697
Div	0,111	0,639	0,495
Equi	0,465	0,243	0,549
BT	-0,714	-0,140	0,571
Cloa	-0,952	0,142	0,144
Clob	-0,956	0,129	0,141
Cloc	-0,008	-0,308	0,573
Carot	-0,959	0,129	0,038
Feop	-0,871	0,424	0,043

Eigenvalues	11,311	7,303	4,434
% Total da variância	30,571	19,737	11,984
% Total acumulada	30,571	50,309	62,294

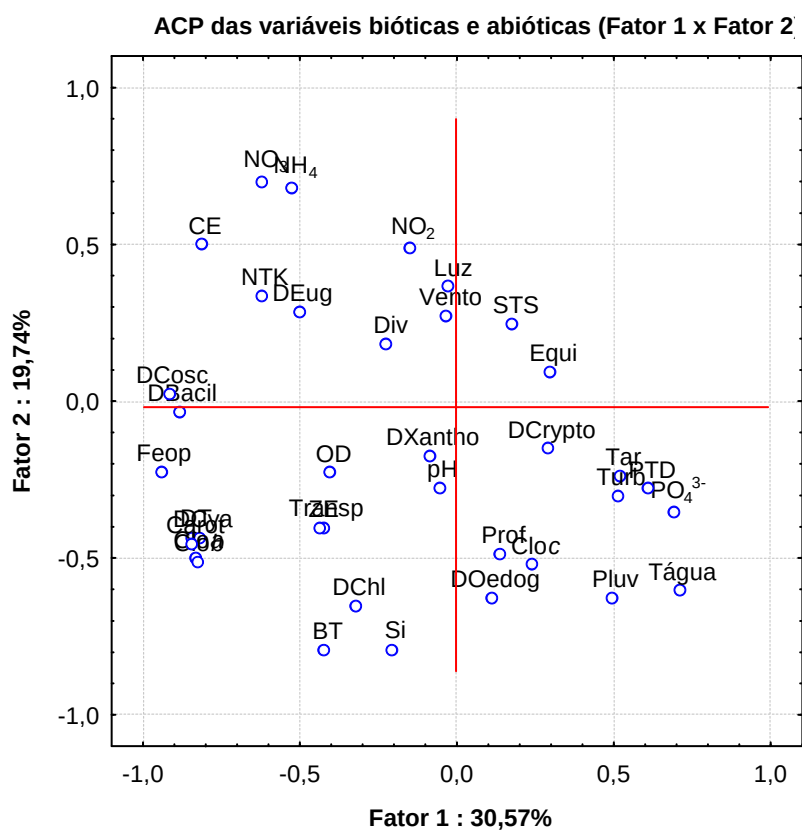


Figura 56: Análise dos Componentes Principais das variáveis bióticas e abióticas (Fator 1 x Fator 2) durante o estudo.

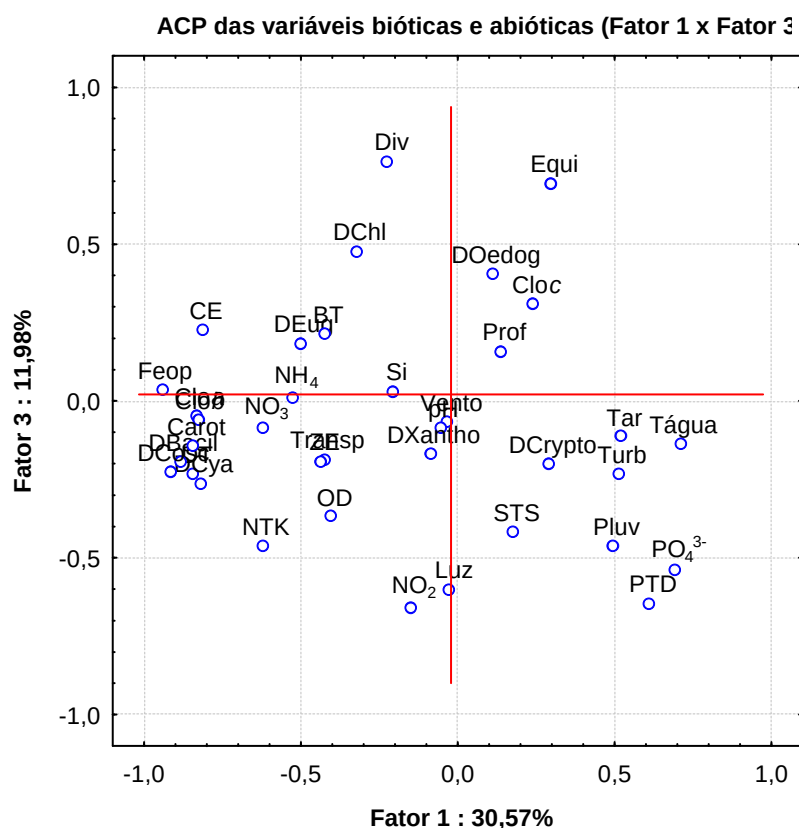


Figura 57: Análise dos Componentes Principais das variáveis bióticas e abióticas (Fator 1 x Fator 3) durante o estudo.

A ACP aplicada às variáveis abióticas e biológicas do epilítion também ordenou os períodos estudados (seco e chuvoso) e os dias de colonização (amostragens) de cada período. As Figuras 58 e 59 mostram separação nítida entre as amostragens dos períodos seco e chuvoso pelo Fator 1 e entre as amostragens dos estágios de sucessão pelos Fatores 2 e 3.

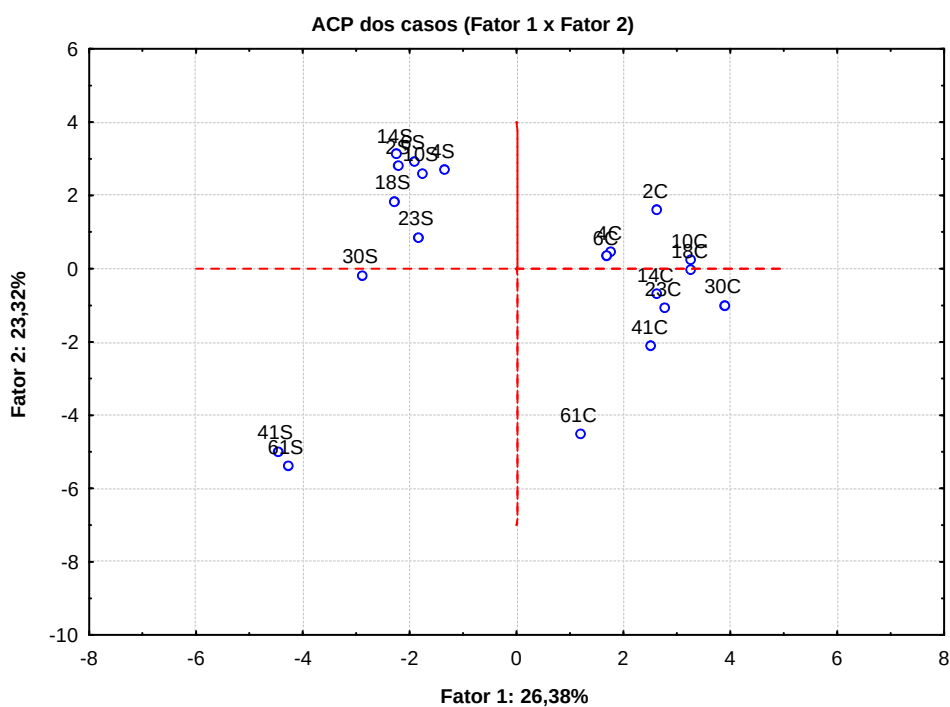


Figura 58: Ordenação dos períodos amostrais (seco e chuvoso) e dias de colonização (amostragens) pela análise de componentes principais (Fator 1 x Fator 2) das variáveis bióticas e abióticas, sendo S-seca; C-chuva; 2, 4, 6, 10, 14, 18, 23, 30, 41 e 61 dias de colonização ou amostragens.

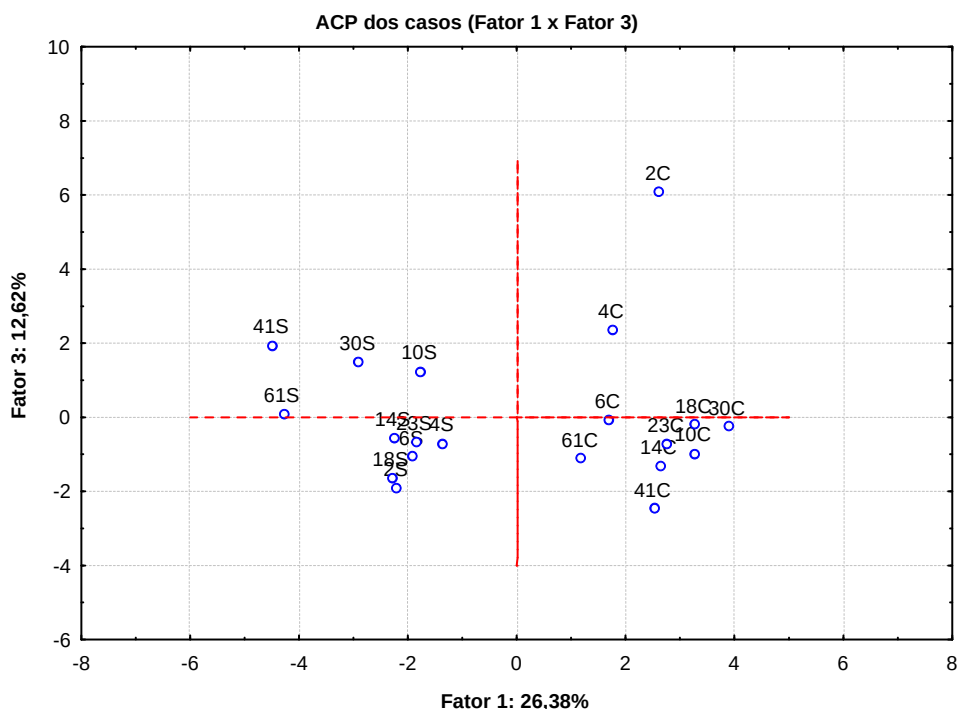


Figura 59: Ordenação dos períodos amostrais (seco e chuvoso) e dias de colonização (amostragens) pela análise de componentes principais (Fator 1 x Fator 3) das variáveis bióticas e abióticas, sendo S-seca; C-chuva; 2, 4, 6, 10, 14, 18, 23, 30, 41 e 61 dias de colonização ou amostragens.

6 DISCUSSÃO

6.1 Variáveis Climatológicas

Os reservatórios, como sistemas artificiais, estão submetidos a complexas funções de forças naturais e artificiais que determinam suas características dinâmicas (TUNDISI, 2006). Como força natural, o regime climatológico é um dos principais fatores que interfere na dinâmica temporal destes ecossistemas (STRAŠKRABA; TUNDISI; DUNCAN, 1993), influenciando os processos físicos, químicos e biológicos (MARIANI et al, 2006).

As regiões tropicais não são caracterizadas por uma sazonalidade bem definida devido à ausência de estações com características peculiares, como as que ocorrem nos sistemas temperados. Por isso, a precipitação tem sido muito utilizada na determinação de estações, como seca e chuvosa, que caracterizam o ambiente de estudo (Souza, 2005).

Os dados climatológicos caracterizaram a região, durante o período estudado, com os meses de julho a setembro/07 apresentando as menores temperaturas médias do ar e os menores índices pluviométricos, representando o período seco, e os meses de novembro/07 a janeiro/08 apresentando as maiores temperaturas médias do ar e os maiores índices pluviométricos, correspondendo ao período chuvoso. Estes resultados corroboram com o clima tropical quente com estações seca e úmida, predominante na região estudada.

Nos ambientes aquáticos em geral, a pluviosidade tem importância significativa, pois altera a dinâmica destes ambientes (ESTEVES, 1998). A ACP das amostragens evidenciou separação nítida, pelo Fator 1, entre as amostragens do período seco (julho a setembro/07) e do período chuvoso (novembro/07 a janeiro/08). Esta variação temporal foi influenciada principalmente pelo regime de chuvas, que promoveu modificações nos fatores abióticos, os quais apresentam relevante influência na variação temporal da comunidade epilítica.

A temperatura do ar apresentou pouca variabilidade entre as amostragens de cada período, evidenciada pelos baixos coeficientes de variação. Já a velocidade do vento e a intensidade luminosa apresentaram grande variação temporal a curto prazo, evidenciada pelos elevados coeficientes de variação. Estas três variáveis não oscilaram significativamente entre os períodos seco e chuvoso. Tais resultados refletiram no inexpressivo número de correlações significativas com outras variáveis. Ferragut (2004), pesquisando um reservatório urbano em São Paulo (lago do IAG), também observou que estas variáveis ambientais não foram determinantes em seu estudo. Em regiões tropicais, a variabilidade da luminosidade, da velocidade do vento (BORGES; TRAIN; RODRIGUES, 2008) e da temperatura atmosférica (ESTEVES, 1998) pode ser mais pronunciada em escala diária do que em escala sazonal.

6.2 Variáveis Limnológicas

O conhecimento do ecossistema baseado em investigações sistemáticas de variáveis ambientais, tais como pH, condutividade elétrica, temperatura, concentração de nutrientes, luz, precipitação, entre outras, permite descrevê-lo, no que diz respeito à sua estrutura e funcionamento, e evidenciar as complexas interações entre os vários componentes do ecossistema (ESTEVES, 1998).

A temperatura da água é uma variável muito importante em estudos ecológicos em ecossistemas aquáticos, pois influencia as características físicas e químicas da água, o metabolismo das comunidades, a densidade, viscosidade e solubilidade dos gases (principalmente o oxigênio) e a velocidade das reações químicas e bioquímicas (FERNANDES, 1993).

Nas regiões tropicais, o comportamento térmico da água é regulado principalmente pela temperatura do ar (HENRY, 1981), ação dos ventos (TUNDISI, 1977 apud BRANCO, 1991) e chuvas (TUNDISI, 1980 apud BRANCO, 1991). No presente estudo, como a temperatura do ar e a velocidade do vento não foram determinantes, a temperatura da água foi influenciada principalmente pelo regime de chuvas, apresentando valores mais amenos no período seco e mais elevados no período

chuvoso (correlação positiva foi observada entre pluviosidade e temperatura da água). Tucci (1996), ao contrário, registrou que a temperatura do ar e a velocidade do vento foram os fatores que mais influenciaram a dinâmica térmica de um reservatório eutrófico tropical raso em São Paulo (lago das Garças).

Durante o estudo foi observada desestratificação térmica da coluna d'água em função da baixa profundidade da lagoa de Captação (média de 2,1 m). É importante destacar que os valores de velocidade do vento registrados no momento das coletas foram baixos e insuficientes para misturar toda coluna d'água. O ambiente em questão é bastante protegido, pois está inserido em um bairro residencial, com edificações, além de ser rodeado por vegetação remanescente de Mata Atlântica, o que explica os baixos valores da velocidade do vento. Lopes e Bicudo (2001), estudando um reservatório oligotrófico subtropical raso em São Pulo (lago do IAG), atribuíram a homogeneidade térmica da água principalmente à baixa profundidade do ambiente (profundidade máxima de 4,7 m), uma vez que a velocidade do vento detectada foi insuficiente para misturar a coluna d'água, apesar de rasa.

Gradientes térmicos reversos ocorreram eventualmente em algumas amostragens. De acordo com Henry (1981), a estratificação reversa é comumente detectada em ecossistemas rasos. Lopes e Bicudo (2001), também detectaram tal fato e o atribuíram à menor temperatura do ar em relação à da água, ocasionando perda de calor pelas camadas superficiais da coluna d'água para a atmosfera. No caso da lagoa de Captação, como as coletas em que se observaram os gradientes reversos foram realizadas bem cedo (por volta das 8:00 h), as menores temperaturas das camadas superficiais poderiam estar ainda sob influência das temperaturas atmosféricas mais amenas durante a noite e a madrugada.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). A quantidade e a distribuição do oxigênio dissolvido nas massas d'água ocorrem como consequência de trocas com a atmosfera, circulação física, temperatura da água e atividades biológicas (fotossíntese, respiração e decomposição) (WETZEL; LIKENS, 1991; ESTEVES, 1998).

Não foi registrada diferença significativa do oxigênio dissolvido entre os períodos estudados, havendo maior variabilidade a curto prazo. Paggi e Sipaúba-Tavares (2007), estudando lagoas artificiais rasas no Mato Grosso, não observaram sazonalidade no padrão de distribuição do oxigênio dissolvido, porém, diversos autores (TUCCI; SANT'ANNA, 2003; BECKER; CARDOSO; MOTTA MARQUES, 2004; MOURA et al, 2007) têm registrado variação sazonal deste gás em ecossistemas artificiais.

De modo geral, a coluna d'água da lagoa de Captação apresentou-se homogênea e bem oxigenada. Os elevados valores de oxigênio dissolvido devem estar relacionados à intensa atividade fotossintética realizada pelos produtores primários, principalmente pelas algas fitoplanctônicas, uma vez que o ecossistema apresenta coloração extremamente verde de suas águas. Pereira (2008) estudando a comunidade fitoplanctônica na lagoa de Captação registrou elevada densidade de algas (média de 56.325 ind./mL), o que corrobora tais observações. Souza (2005) relacionou os elevados teores de oxigênio dissolvido em um reservatório Capixaba (reservatório Duas Bocas) à atividade fotossintética do fitoplâncton, macrófitas aquáticas e perifíton. A quantidade inexpressiva de vegetação macrofítica, juntamente com a ausência de outros substratos disponíveis para a colonização das algas perifíticas, levam a crer que a comunidade fitoplantônica seja a principal responsável pela produção primária total na lagoa de Captação.

Com exceção do 23º dia do período seco em que foi registrada maior velocidade do vento e mistura total da água, as desestratificações químicas não ocorreram como consequência da ação dos ventos uma vez que este ambiente é bastante protegido. Assim, os perfis ortogradados podem estar relacionados à homogeneidade térmica, mas principalmente à atividade da bomba que capta água para abastecer os carros pipa, a qual cria correntes de circulação capazes de oxigenar as camadas mais profundas, de onde a água é coletada, tornando o ambiente mais instável. A atividade da bomba também pode contribuir para os elevados teores de oxigênio dissolvido na coluna d'água.

Momentos de estratificação química da coluna d'água foram observados durante o estudo. Provavelmente, as coletas nas quais estes episódios foram observados

ocorreram no momento em que a bomba de captação de água não estava operando, o que tornou a coluna d'água mais estável.

Durante as estratificações, os valores de oxigênio dissolvido bem próximos ou acima da saturação nas camadas superiores da lagoa de Captação estão relacionados à intensa atividade fotossintética das algas fitoplanctônicas. Já a hipoxia ou anoxia nas camadas mais profundas se deve a excessiva decomposição de matéria orgânica, oriunda dos efluentes domésticos e industriais, da vegetação no entorno da lagoa, além da elevada biomassa fitoplanctônica.

É indispensável salientar que o sedimento da lagoa de Captação é bastante lodoso e que são freqüentes as liberações de bolhas de gás do fundo da lagoa. Estas observações visuais são bastante importantes, pois evidenciam o predomínio de processos de decomposição nas camadas mais profundas. Segundo Kudo, Jorcim e Nogueira (2006), quanto mais fino é o sedimento, ou seja, mais lodoso, maior é a contribuição da matéria orgânica em decomposição. De acordo com Esteves (1998), os processos de decomposição no sedimento são responsáveis pela formação dos gases sulfídrico e metano principalmente, os quais são acumulados no fundo anóxico dos ecossistemas aquáticos, sendo liberados através de perturbações físicas.

Estudos realizados em variados reservatórios por diferentes autores (CARVALHO, 2003; GUARINO et al, 2005; SOARES; MOZETO, 2006) discutem valores elevados de oxigênio dissolvido nas camadas superficiais em função da concentração do fitoplâncton e, por outro lado, reduzidos valores em consequência dos processos de decomposição da matéria orgânica nas camadas mais profundas dos reservatórios.

O oxigênio dissolvido correlacionou-se apenas com a transparência da água e a zona eufótica. Segundo Esteves (1998), a transparência da água e a produção primária estão diretamente relacionadas. Assim, a diminuição da transparência acarreta em redução do oxigênio dissolvido em função da menor atividade fotossintética pelos produtores primários, e vice-versa. Kudo, Jorcim e Nogueira (2006) avaliando a influência do sistema de reservatórios em cascata no rio Paranapanema (São Paulo/Paraná) também registraram a relação acima descrita.

Durante este estudo houve pouca variação na profundidade da água, transparência e zona eufótica entre os dias de amostragem de cada período, comprovada pelos baixos coeficientes de variação. Não foi registrada variação significativa destas variáveis entre o período seco e o período chuvoso.

O nível d'água da lagoa de Captação não é manejado por procedimentos operacionais de abertura e fechamento de barragens como é comum em reservatórios. O fluxo de água na lagoa de Captação é constante: a água chega através da ligação entre ela e a lagoa 10 da empresa Vale e sai canalizada em direção ao mar através de um monge. Assim, no período chuvoso, em que há maior entrada de água no sistema, há também maior saída e, por isso, o nível da lagoa não oscilou entre os períodos estudados. Porém, apesar de não ter havido diferença significativa na profundidade, os menores valores registrados ocorreram no período seco, indicando influência, ainda que sutil, da pluviosidade na profundidade da lagoa de Captação durante o período chuvoso.

Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez (ESTEVES, 1998) e revela o quanto, em termos de profundidade, a luz consegue penetrar na coluna d'água (FERNANDES, 1993). A lagoa de Captação apresentou baixa transparência da água durante os períodos seco e chuvoso, fazendo com que a luz não chegasse ao fundo em todas as amostragens. Moura et al (2007) também não registraram diferença sazonal na transparência da água de um reservatório tropical raso em Pernambuco (reservatório Mundaú).

A reduzida transparência do ambiente estudado é reflexo da elevada turbidez. A turbidez é a medida da capacidade das partículas em suspensão (STS) e dos componentes dissolvidos (STD) (em menor proporção) em dispersar a radiação luminosa dentro d'água (ESTEVES, 1998). A turbidez e os sólidos totais dissolvidos (STS) apresentaram correlação direta e foram elevados durante todo o estudo, sendo os maiores valores registrados no período chuvoso, apesar de não ter ocorrido diferença significativa dos STS entre os períodos. Lopes e Bicudo (2001) registraram maior turbidez no período chuvoso, porém com os valores bem inferiores aos encontrados neste trabalho. Pinto-Coelho et al (2006), estudando um

reservatório de grande porte ente os estados de Minas Gerais e Goiás (reservatório São Simão), observaram maiores valores de STS no período chuvoso.

A condutividade elétrica, que é a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica em função dos íons presentes nela (ESTEVES, 1998), foi elevada durante todo o período estudado, com valores significativamente menores no período chuvoso. Estudando um reservatório subtropical raso no Rio Grande do Sul (lagoa Itapeva), Becker, Cardoso e Motta Marques (2004) encontraram padrão sazonal semelhante; no entanto, os valores de condutividade elétrica registrados foram menores que os do presente estudo. Segundo Mariani et al (2006), os valores de condutividade elétrica obtidos na presente pesquisa podem ser considerados acima dos valores típicos de ecossistemas tropicais lênticos, refletindo o estado eutrófico deste ambiente.

A entrada constante de material particulado e dissolvido através dos efluentes industriais e domésticos na lagoa de Captação, aliada à elevada biomassa do fitoplâncton e da vegetação no entorno da lagoa, são responsáveis pelos altos valores de turbidez, STS e de condutividade elétrica durante todo o estudo. Apesar de os STD não terem sido medidos nesta pesquisa, é possível inferir que seus valores são altos na lagoa de Captação, em função da elevada condutividade elétrica, e que apresentaram mesmo padrão sazonal que a condutividade.

A elevada precipitação ocorrida durante o período chuvoso pode ter sido responsável por dois fatores distintos na lagoa de Captação: carreamento de material alóctone para o sistema, aumentando assim o material particulado (STS) e a turbidez, e diluição, provocando diminuição das concentrações de íons dissolvidos e, conseqüentemente, da condutividade elétrica. Estes dois eventos descritos puderam ser comprovados pela correlação direta entre turbidez e pluviosidade e pelas correlações indiretas entre condutividade e pluviosidade e turbidez e condutividade, sendo responsáveis pela ausência de sazonalidade na transparência da água. Kudo, Jorcim e Nogueira (2006) também observaram aumento dos STS e diminuição da condutividade elétrica no período chuvoso e atribuíram estes eventos ao carreamento de material alóctone e diluição dos íons, respectivamente.

Além do carreamento de material alóctone, a elevada precipitação promoveu maior fluxo de água na lagoa de Captação e, conseqüentemente, maior turbulência, o que pode ter provocado ressuspensão do sedimento, contribuindo para os maiores valores de STS e turbidez no período chuvoso.

O pH caracterizou a lagoa de Captação como um ambiente de água alcalina e não apresentou variação significativa entre os períodos seco e chuvoso. De acordo com Esteves (1998), balanço hídrico, geologia da bacia de drenagem, influência marinha e atividades biológicas das comunidades aquáticas são fatores que podem influenciar os valores de pH. Na lagoa de Captação os elevados valores de pH podem estar relacionados à elevada densidade fitoplanctônica que, através do processo fotossintético, consome gás carbônico livre na água e reduz a formação de ácido carbônico, elevando o pH do meio. Martins e Fernandes (2006), estudando uma lagoa artificial rasa no *campus* da Universidade Federal do Espírito Santo, também não registraram padrão sazonal do pH e atribuíram o pH alcalino do ambiente à elevada densidade fitoplanctônica.

Como já dito anteriormente, a temperatura da água influencia a velocidade das reações químicas e bioquímicas. Por isso, o aumento da temperatura da água pode acelerar as reações da fotossíntese, elevando os valores de pH. Esta relação foi observada na lagoa de Captação e confirmada através da correlação direta entre pH e temperatura da água.

É importante destacar ainda que o pH alcalino deste ambiente pode estar relacionado também ao lançamento do efluente industrial do pátio de calcário na lagoa 10 da empresa Vale, que é conectada a lagoa de Captação. Possivelmente, a concentração dos íons carbonato e bicarbonato de cálcio na lagoa de Captação é elevada e, segundo Esteves (1998), a hidrólise destes íons eleva o pH para a faixa alcalina.

Esteves (1998) salienta que em ambientes com águas muito alcalinas ($\text{pH} > 9,0$), o íon OH^- é o principal responsável pelos valores de condutividade elétrica. Assim, a elevada concentração do íon OH^- e dos íons carbonato e bicarbonato de cálcio, além

das altas concentrações dos nutrientes, contribuem para elevada condutividade elétrica do ambiente estudado.

A elevada concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, evidencia a forma mais comum de degradação dos ecossistemas aquáticos: a eutrofização artificial (ESTEVES, 1998). As atividades humanas são os principais fatores responsáveis pela eutrofização artificial, cujas principais fontes são o lançamento de efluentes domésticos e industriais e atividades agropecuárias (PINTO-COELHO et al, 2006).

A lagoa de Captação é uma extensão da lagoa 10 da empresa Vale, a qual faz parte de um conjunto de 11 lagoas interligadas pertencentes a esta empresa que recebem efluentes industriais e domésticos (CEPEMAR, 1995). Desta forma, a lagoa de Captação recebe o somatório de efluentes domésticos e industriais despejados nestes ambientes, refletindo nas elevadas concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados.

O papel do nitrogênio como um dos principais elementos do metabolismo de ecossistemas aquáticos é inquestionável, principalmente devido à sua participação na síntese de DNA, RNA e proteínas, sendo um dos principais elementos limitantes à produção primária (ENRICH-PRAST, 2005). As principais fontes de nitrogênio para o ecossistema aquático são chuvas, material orgânico e inorgânico de origem alóctone, principalmente efluentes domésticos e industriais, e fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio ambiente (ESTEVES, 1998).

As concentrações das diferentes formas de nitrogênio avaliadas neste estudo foram elevadas, com maiores valores registrados no período seco. O lago das Garças, um reservatório tropical eutrófico raso (São Paulo), apresenta concentrações médias de nitrogênio amoniacal maiores e de nitrato e nitrito menores que as registradas no presente estudo (TUCCI, 1996).

No período seco, os maiores níveis destes nutrientes podem estar relacionados ao menor fluxo de água na lagoa de Captação, tornando-os mais concentrados. Já no período chuvoso, o fluxo de água mais intenso promovido pela precipitação deve ter

acarretado em diluição das formas de nitrogênio (correlação significativa negativa foi registrada entre nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total kjeldahl com pluviosidade).

Além da pluviosidade, a temperatura da água também influenciou a dinâmica destes nutrientes (correlação significativa negativa foi registrada entre nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total kjeldahl com temperatura da água). As maiores temperaturas durante o período chuvoso podem estimular o desenvolvimento das algas fitoplanctônicas e acelerar seu metabolismo, levando ao excessivo consumo dos nutrientes nitrogenados (principalmente nitrato e nitrogênio amoniacal) (FERNANDES, 1993). Ramirez e Bicudo (2005), observando a dinâmica dos nutrientes no lago das Garças, registraram redução, e até mesmo esgotamento, das concentrações de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal nos períodos de temperaturas mais elevadas (primavera e verão) em função do aumento de biomassa fitoplanctônica.

Fernandes (1993), pesquisando uma lagoa natural, porém rasa e eutrofizada, no estado do Rio de Janeiro (lagoa de Jacarepaguá), registrou menores valores da série nitrogenada no período de maior precipitação e atribuiu este fato à diluição e às elevadas temperaturas, que aceleraram o metabolismo e o consumo destes nutrientes pelas algas fitoplanctônicas em floração.

Ferragut (2004), manipulando a concentração de nutrientes em um reservatório oligotrófico raso em São Paulo (lago do IAG) observou diminuição na disponibilidade de nitrogênio em condições de adição de fósforo e atribuiu este fato ao aumento da assimilação pela biota daquele nutriente em condições de maior disponibilidade deste. No período chuvoso foram registrados os maiores valores de fósforo na lagoa de Captação, o que também pode ter contribuído para os menores valores de nitrogênio em função da maior assimilação pelas algas.

Dentre as frações da série nitrogênio avaliadas neste estudo, o nitrogênio total kjeldahl, que é o somatório do nitrogênio orgânico (dissolvido e particulado) com o nitrogênio amoniacal, foi a fração que apresentou maior concentração durante todo o estudo, inclusive no período chuvoso, quando foram observados os menores

valores. A elevada concentração desta fração se dá em função principalmente do nitrogênio orgânico particulado, ou seja, aquele adsorvido às moléculas orgânicas, incluindo as algas, as quais estão em elevadas densidades na lagoa de Captação. A decomposição, excreção e lise celular desta elevada biomassa fitoplanctônica também são responsáveis pelos elevados valores do nitrogênio total kjeldahl, pois, segundo Esteves (1998), estes processos são as principais fontes de nitrogênio orgânico dissolvido para o ecossistema aquático.

O nitrogênio amoniacal, que também corresponde a uma fração do nitrogênio total kjeldahl, apresentou queda acentuada do período seco para o chuvoso, sendo esta o principal fator responsável pelo decréscimo do nitrogênio total kjeldahl no período de maior precipitação (correlação significativa positiva foi registrada entre nitrogênio amoniacal e nitrogênio total kjeldahl). As elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal na lagoa de Captação podem ser explicadas pelo aporte excessivo de efluentes domésticos e industriais, além dos intensos processos de decomposição de matéria orgânica que ocorrem neste ambiente, como já falado anteriormente. Segundo Fernandes (1993), as principais fontes de nitrogênio amoniacal são os efluentes, a decomposição, os excrementos de animais e os fertilizantes.

Esteves (1998) destaca que nitrogênio amoniacal e nitrato assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos uma vez que representam as principais fontes assimiláveis pelos produtores primários. Já o nitrito só é assimilado em caso de escassez dos outros nutrientes nitrogenados. Na lagoa de Captação, o nitrito apresentou menores concentrações que o nitrogênio amoniacal e o nitrato, o que é bastante comum devido ao seu caráter instável, uma vez que representa uma fase intermediária nos processos de formação entre estes dois nutrientes.

O fósforo também assume papel fundamental nos sistemas biológicos, pois participa de processos vitais como armazenamento de energia sob a forma de ATP e estruturação das membranas celulares através dos fosfolipídios, além de ser o principal fator limitante à produção primária na maioria dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998).

As principais fontes naturais de fósforo para a água são as rochas da bacia de drenagem, o material particulado presente na atmosfera e a decomposição do material de origem alóctone (ESTEVES, 1998). As fontes artificiais incluem o despejo de efluentes domésticos e industriais, os quais contêm grandes quantidades de material orgânico e de compostos fosfatados intrínsecos a maioria dos detergentes (FERREIRA et al, 2005).

O fósforo pode estar presente na água em diferentes formas. As formas dissolvidas são provenientes principalmente dos produtos de excreção dos organismos planctônicos e da decomposição de matéria orgânica autóctone e alóctone. Dentre as formas dissolvidas, o ortofosfato assume papel vital, pois é a forma preferencialmente assimilável pelos produtores primários (ESTEVES, 1998). O ortofosfato é a única forma estável em solução aquosa, sendo que as demais formas dissolvidas estarão combinadas ou complexadas a outros elementos (FERREIRA et al, 2005), o que justifica as concentrações bastante próximas entre o fósforo total dissolvido e o ortofosfato no presente estudo.

As concentrações do fósforo total dissolvido e do ortofosfato avaliadas neste estudo foram elevadas, com maiores valores registrados no período chuvoso, ao contrário do registrado para a série nitrogênio. O lago das Ninféias, um reservatório tropical mesotrófico raso (São Paulo), apresenta concentrações médias de fósforo total dissolvido igual a 10 µg/L e ortofosfato menor que 4 µg/L (VERCELLINO, 2007), valores bem abaixo dos encontrados no presente estudo.

Vollenweider (1968) propôs um sistema de classificação dos lagos de região temperada, em relação ao estado trófico, com base na concentração do fósforo total. Tomando por base esta classificação e considerando as diferenças entre as regiões temperadas e tropicais, é possível ter uma noção do estado de trofia do ecossistema estudado. Apesar do fósforo total não ter sido avaliado na presente pesquisa, as concentrações obtidas para a fração fósforo total dissolvido são suficientes para classificar a lagoa de Captação como um ambiente eutrófico.

O acréscimo na concentração das frações de fósforo do período seco para o chuvoso pode ser decorrente da maior precipitação ocorrida neste período, a qual

promove intemperização das rochas da bacia de drenagem, liberando fósforo e aumentando a entrada destes nutrientes na água pelo escoamento superficial (correlação direta foi registrada entre as frações de fósforo e a pluviosidade).

A elevada precipitação pode ter promovido também maior fluxo de água na lagoa de Captação e, conseqüentemente, maior turbulência, ressuspensando o sedimento e liberando o fósforo precipitado (correlação direta foi observada entre turbidez e as frações de fósforo). Na lagoa de Captação, os íons cálcio devem exercer papel fundamental na ciclagem do fósforo, já que, segundo Esteves (1998), em águas com pH alcalino e alta concentração de íons cálcio, o fosfato é precipitado como fosfato de cálcio ou adsorvido a cristais de carbonato de cálcio. Tundisi et al (2004), avaliando as respostas de um reservatório no estado de São Paulo (reservatório da Usina Carlos Botelho) à passagem de uma frente fria observaram que a turbulência promovida pelos ventos ressuspendeu o sedimento, aumentando a turbidez e liberando fósforo para a coluna d'água.

Somando-se aos eventos citados acima, a chuva em si pode ter sido responsável pelo aumento dos valores das frações de fósforo no período de maior precipitação, carreando o fósforo presente na atmosfera para o ecossistema estudado. Para Esteves (1998), em regiões industrializadas, como é o caso do ambiente estudado, o material particulado contido na atmosfera é a principal fonte artificial de fósforo para os ecossistemas aquáticos.

De qualquer forma, seja no período seco ou no período chuvoso, o fósforo não parece ser limitante na lagoa de Captação. Assim, as concentrações dos nutrientes nitrogenados e fosfatados registrados neste estudo, além da provável presença dos íons cálcio, os quais são essenciais para o desenvolvimento dos produtores primários, apontam condições não limitantes ao crescimento de algas, sendo este fator responsável pelo desenvolvimento excessivo do fitoplâncton na lagoa de Captação.

Torna-se bastante difícil saber exatamente quais são e como atuam os processos que regulam a ciclagem dos nutrientes nitrogenados e fosfatados na lagoa de Captação. Trata-se de um ambiente ainda desconhecido pela comunidade científica

e bastante complexo e dinâmico por fazer parte de um sistema de lagoas interligadas com cargas de efluentes domésticos e industriais. Desta forma, os eventos que acontecem em uma destas lagoas podem ser refletidos nas outras e, conhecer o balanço de massa destes nutrientes, ou seja, quanto entra e quanto é retido ou exportado em cada lagoa, é fundamental para o entendimento da dinâmica deste ambiente. O metabolismo da lagoa de Captação ainda é uma questão em aberto, não apenas no tocante aos nutrientes, mas também à concentração dos íons cálcio, que não foram quantificados no presente estudo e que possivelmente apresentam importante papel na dinâmica da lagoa de Captação.

O relatório técnico dos Estudos de Impacto Ambiental realizados no complexo de lagoas da Vale elaborado pelo CEPEMAR em setembro de 1995, apontou altas concentrações de nutrientes nas lagoas, inclusive na lagoa 10, conectada a lagoa de Captação. Comparando-se os resultados obtidos pelo CEPEMAR na lagoa 10 com os obtidos no período seco da presente pesquisa, puderam ser observadas concentrações de nitrato, nitrito e ortofosfato maiores e de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total keldahl menores na lagoa de Captação.

A concentração de sílica solúvel não apresentou variação significativa entre os períodos estudados, sendo que os valores foram sempre elevados. Segundo Esteves (1998), este elemento é abundante em solos tropicais e, por isso, não atua como fator limitante aos produtores primários. A sílica solúvel é proveniente da decomposição de minerais de silicato de alumínio, freqüentes principalmente em rochas sedimentares. No meio aquático, a sílica solúvel é fundamental para as diatomáceas, pois é utilizada na elaboração de suas carapaças (ESTEVES, 1998). Diversos autores (DELAZARI-BARROSO, 2000; SOARES; MOZETO, 2006) registraram, em reservatórios, valores de sílica solúvel semelhantes aos deste estudo, no entanto, com acréscimo no período chuvoso devido ao aumento do escoamento superficial. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa, a maior concentração média na lagoa de Captação foi registrada no período chuvoso (correlação significativa positiva foi registrada entre sílica solúvel e pluviosidade).

A ACP das variáveis abióticas agrupou dois conjuntos de dados, determinantes neste estudo, que se associaram de forma inversa. O agrupamento das variáveis

condutividade elétrica, nitrato e nitrogênio amoniacal e o agrupamento das variáveis fósforo total dissolvido, ortofosfato, turbidez, pluviosidade e temperatura da água evidenciam a relação direta entre as variáveis de cada associação e indireta entre os dois grupos formados, fatos confirmados pela correlação de Spearman. Estes resultados ratificam o papel significativo da pluviosidade na presente pesquisa: o período de maior precipitação acarretou em menores concentrações dos nutrientes nitrogenados (principalmente nitrato e nitrogênio amoniacal), o que foi determinante para os menores valores de condutividade elétrica; e em maior carreamento de material alóctone e turbulência, elevando a turbidez e a concentração das frações de fósforo.

De acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, a lagoa de Captação se enquadra na classificação de águas da Classe 2 (destinadas a irrigação de parques e jardins) e está de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação quanto à turbidez, STS, pH, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal, porém quanto aos teores de fósforo não está em conformidade.

É fundamental acrescentar que não há uma classificação na resolução CONAMA para águas utilizadas no abastecimento de lagoas, como é o caso da lagoa de Captação que também é utilizada com esta finalidade. Neste caso, a lagoa de Captação pode funcionar não apenas como fonte inoculadora de algas para as lagoas abastecidas com suas águas, mas também como fonte de nutrientes, enriquecendo artificialmente estes ecossistemas.

A partir destes resultados, torna-se evidente a necessidade de monitoramento da qualidade da água das lagoas interligadas da Vale e de ações de manejo que visem sanar ou diminuir o lançamento de efluentes nestes ecossistemas, com o objetivo primordial de reduzir as concentrações de fósforo.

6.3 Estrutura e dinâmica da comunidade de algas epilíticas e sua relação com as variáveis abióticas

A taxonomia exerce papel primordial em estudos ecológicos que englobem aspectos estruturais das comunidades de algas, pois é através dela que se torna possível conhecer a composição específica e a riqueza de táxons da comunidade, fundamentais ao acesso de outros atributos como densidade dos indivíduos, biovolume, índices de diversidade e equitabilidade, além dos diferentes pigmentos, menos taxonomicamente específicos (STEVENSON, 1996), essenciais ao entendimento da dinâmica da comunidade.

De acordo com as análises qualitativas, a comunidade epilítica na lagoa de Captação apresentou elevada riqueza de táxons (115 táxons), com predomínio das Classes Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Euglenophyceae, e estabilidade em sua estrutura qualitativa, pois a maioria dos táxons, em cada período (seco e chuvoso), foi constante ou comum, aparecendo em quase todos ou em todos os dias de colonização. Moresco (2006) registrou quase o dobro de táxons (210 táxons) e predomínio das Classes Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Zygnemaphyceae e Chlorophyceae na comunidade epilítica do reservatório de Segredo (Paraná), muito maior em extensão.

A riqueza específica da comunidade epilítica, foi maior no período seco (100 táxons) se comparada ao período chuvoso (67 táxons), sendo 52 táxons comuns aos dois períodos. Com relação aos táxons exclusivos, foram registrados 48 no período seco e 15 no período chuvoso. A redução da riqueza do período seco para o chuvoso é decorrência da redução do número de táxons pertencentes às Classes Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Euglenophyceae, as quais, provavelmente, foram desfavorecidas pelas menores concentrações dos nutrientes nitrogenados no período chuvoso. Chlorophyceae e Bacillariophyceae ocorrem mais freqüentemente em condições de grande disponibilidade de nitrogênio (MURAKAMI, 2008); Euglenophyceae é citada em literatura com ocorrência preferencial em ambientes ricos em amônia, sendo esta sua principal fonte de nitrogênio (WETZEL, 1981). Em contrapartida, o maior número de táxons pertencentes à Classe Cyanophyceae foi registrado no período chuvoso, quando os níveis de fósforo foram mais elevados.

Segundo Chorus e Bartram (1999), as espécies desta Classe são favorecidas em condições de maiores concentrações de fósforo.

De acordo com as análises quantitativas, independente do período estudado, a densidade total da comunidade epilítica foi crescente, não existindo diferença significativa apenas entre o 4º e o 6º dia do período seco e o 23º e o 41º dia do período chuvoso.

Até o 18º dia de colonização a densidade total foi maior no período chuvoso. Este período foi marcado por elevadas temperaturas da água que, juntamente com as elevadas concentrações de nutrientes, podem ter ocasionado um aumento no metabolismo da comunidade, acelerando o processo sucessional. Porém, a queda acentuada dos nutrientes nitrogenados a partir dos primeiros dias de colonização e o aumento dos efeitos perturbatórios promovidos pelo maior fluxo de água no período chuvoso podem ter sido responsáveis pelo crescimento menos acelerado da comunidade do 18º dia em diante, se comparado ao período seco. Moschini-Carlos (1996), observou que o aumento da temperatura da água e dos nutrientes durante o período chuvoso, em comparação com o seco, foram os fatores responsáveis por acelerar o processo de sucessão da comunidade perífita em substrato artificial (tubos de vidro) na represa de Jurumirim em São Paulo.

Apesar da densidade da comunidade epilítica ter sido crescente em ambos os períodos, este crescimento foi mais expressivo no período seco e mais gradual no período chuvoso. Vercellino e Bicudo (2006), pesquisando a sucessão do perífiton em substrato artificial (lâminas de vidro) no lago do IAG em São Paulo, também registraram densidades crescentes, com valores bastante semelhantes entre seca e chuva até o 18º dia de colonização, porém, a partir daí, com densidades marcadamente maiores no período chuvoso, devido à proliferação de *Chlamydomonas planctogloea*, favorecida pela maior turbulência promovida pela intensa precipitação.

Na lagoa de Captação, o expressivo aumento da densidade a partir do 18º dia de colonização no período seco coincide com a contribuição de um maior número de táxons (maior riqueza) com densidades elevadas e com o aparecimento e posterior

proliferação da cianobactéria *Xenococcaceae* 1. Esta alga assemelha-se muito ao Gênero *Chroococcidiopsis* e ainda não foi identificada como tal pela impossibilidade de realização de análises de biologia molecular, as quais iriam sanar as dúvidas apenas quanto a liberação dos baeócitos.

De qualquer forma, a alga registrada no presente estudo foi bastante representativa no período seco, aparecendo em densidades bem menores no período chuvoso. Estudos mostram que o sucesso do Gênero *Chroococcidiopsis* é decorrente de alta disponibilidade de nitrogênio no ambiente (BANERJEE; SHARMA, 2004) e que, em condições de limitação deste nutriente, *Chroococcidiopsis* é bastante hábil em formar células de resistência, que se comportam semelhantemente a acinetos (BILLI; CAIOLA, 1996). Segundo estes autores, para tolerar prolongados períodos de limitação por nitrogênio, esta alga permanece com diminuto tamanho, tem seus pigmentos degradados, o metabolismo reduzido e engrossa o envoltório mucilaginoso, o qual cria um microambiente ao redor da célula onde os nutrientes são concentrados. Tomando esta pesquisa como base, é possível inferir que, na lagoa de Captação, o nitrogênio tenha sido o principal responsável pela variação temporal a longo prazo desta alga, embora não tenha ocorrido correlações significativas entre *Xenococcaceae* 1 e as frações da série nitrogênio.

As Classes que mais contribuíram para densidade total, em ambos os períodos, foram Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae (em menor proporção) (correlações significativas positivas foram registradas entre estas Classes e a densidade total). De acordo com Stevenson (1996), estes são os grupos mais representativos no perifíton de ecossistemas dulcícolas. Bonaventura, Vinocur e Pizarro (2006) observaram uma matriz algal mucilaginosa sobre rochas, em ecossistemas lênticos dulcícolas na Península Antártica, formada por cianobactérias e clorofíceas filamentosas e cocóides, com diatomáceas embebidas na matriz.

De modo geral, o padrão de sucessão das Classes de algas epilíticas nos dois períodos se deu da seguinte forma: colonização inicial de Chlorophyceae, a qual foi substituída por Cyanophyceae nos estágios intermediários e finais. A Classe Bacillariophyceae também apresentou contribuição representativa nos estágios intermediários de sucessão, sendo, porém, mais representativa no período seco.

Diversos pesquisadores (CHAMIXAES, 1991; MOSCHINI-CRLOS, 1996; FERNANDES, 1997; FELISBERTO, 2007; DOMOZYCH; DOMOZYCH, 2008) têm registrado predomínio destas três Classes em substratos artificiais, porém com as Bacillariophyceae se destacando desde os estágios iniciais até os finais de sucessão, e atribuem este sucesso a ubiquidade das diatomáceas, oportunistas nos estágios iniciais e adaptadas às limitações dos estágios tardios. Entretanto, nesta pesquisa as diatomáceas não obtiveram tal sucesso. Segundo Carrick e Lowe (2007) o mármore, constituinte das rochas utilizadas, é pobre em sílica, e, portanto, pode representar um substrato pouco favorável à colonização de diatomáceas, mesmo em ambiente enriquecido com sílica. No entanto, segundo estes mesmos autores, apesar da deficiência em sílica, o mármore é um ótimo substrato, suportando assembléias de algas bastante desenvolvidas, dominadas por cianobactérias, as quais têm pouco ou nenhum requerimento por este nutriente. Parfenova et al (2008) salientam que o mármore é rico em cálcio e fósforo, o que, segundo Wetzel (2001) favorece a abundância de Cyanophyceae.

A alta concentração de fósforo na lagoa de Captação e no mármore são outros fatores que podem ter levado ao desfavorecimento das diatomáceas, uma vez que estas estão associadas a baixas concentrações de fósforo (McCKORMICK, 1996) (correlação significativa negativa entre Bacillariophyceae e fósforo total dissolvido foi registrada), ao contrário de Chlorophyceae (VERCELLINO, 2007) e Cyanophyceae (CHORUS; BARTRAM, 1999), as quais apresentam desenvolvimento excessivo quando o fósforo encontra-se disponível no ambiente.

Segundo Odum (1983) a sucessão é um processo ordenadamente desenvolvido pela própria comunidade, a qual passa de baixa para elevada biomassa, de alta produtividade para alta eficiência, de exploração para conservação de recursos, de fraca organização para maior complexidade estrutural, ocorrendo substituição gradual de espécies oportunistas (r-estrategistas) para espécies generalistas (k-estrategistas), ou seja, a sucessão envolve mudanças na estrutura e nos processos da comunidade ao longo do tempo.

No entanto, estas mudanças nem sempre ocorrem gradualmente, podendo a sucessão ser interrompida por fatores autogênicos e alogênicos, retrocedendo a estágios anteriores (BIGGS, 1996). De acordo com Ács e Kiss (1993) durante o processo de sucessão ocorrem inúmeras alterações ecológicas e a estrutura da comunidade varia de acordo com as taxas de imigração, emigração, reprodução, mortalidade e herbivoria. Fatores abióticos, como disponibilidade de recursos (luz e nutrientes) e distúrbios (aumento do nível d'água, turbulência, exposição do substrato, etc), afetam o processo de colonização.

Para Stevenson (1996), o principal fator que rege a sucessão da comunidade perifítica é o “desempenho diferencial das espécies”, isto é, a ecofisiologia, as estratégias de vida (taxa de imigração e de reprodução, por exemplo), o requerimento ótimo por recursos (luz, nutrientes e espaço) e por condições ambientais (pH, salinidade, temperatura) de cada espécie, além das interações bióticas (competição, alelopatia e herbivoria), conduzem a dinâmica da comunidade.

Na presente pesquisa, um dos atributos utilizados para determinar os padrões de sucessão da comunidade epilítica foram as espécies com representatividade numérica acima de 5% (dominantes e/ou abundantes), sendo estas chamadas, conforme Vercellino (2007), de descritoras da comunidade. Estas algas apresentaram estratégias ecológicas específicas, variando de espécies oportunistas, com elevada taxa reprodutiva, hábeis em colonizar o substrato ainda “nu” e que se dispersam quando os recursos são limitantes, até espécies competitivas, de crescimento lento e que utilizam os recursos eficientemente.

Analisando-se as espécies descritoras da comunidade epilítica da lagoa de Captação, observou-se a sucessão da estrutura da comunidade não apenas quanto à substituição de Classes e espécies, mas também quanto à alteração de uma comunidade com fisionomia mais simples (algas unicelulares e coloniais associadas ao substrato) para uma fisionomia mais complexa (algas filamentosas e agregadas com estruturas de fixação mais intrincadas).

De acordo com Stevenson (1996), no início da sucessão, algas mais simples e menores, apenas associadas ao substrato ou crescendo prostradas a ele,

encontram nas rugosidades do substrato um microhabitat protegido de perturbações e rico em recursos. Nos estágios tardios, a maior complexidade da arquitetura e o desenvolvimento vertical e horizontal da comunidade criam um gradiente de luz e nutrientes dentro da própria matriz e limitam o espaço para colonização, favorecendo as algas filamentosas, com estruturas de fixação eficientes, ou aquelas adaptadas às condições limitantes.

As espécies descritoras da comunidade apresentaram dinâmica temporal a curto e longo prazo, evidenciando a influência dos fatores bióticos e abióticos.

No período seco, Chlorophyceae foi a Classe que mais contribuiu até o 14º dia de colonização, sendo representada principalmente pelas espécies *Desmodesmus protuberans*, *Scenedesmus acuminatus* e *Monoraphidium minutum*. Já no período chuvoso, Chlorophyceae foi a maior contribuinte até o 6º dia, representada principalmente pela espécie *Desmodesmus protuberans*. Correlação direta foi registrada entre a densidade de *Desmodesmus protuberans* e a densidade de Chlorophyceae.

Desmodesmus protuberans, *Scenedesmus acuminatus* e *Monoraphidium minutum* são algas citadas em literatura como comumente associadas a ambientes rasos e eutrofizados, extremamente oportunistas e com elevada taxa reprodutiva (HAPPEY-WOOD, 1988). *Desmodesmus protuberans*, *Scenedesmus acuminatus* (coloniais) e *Monoraphidium minutum* (unicelular) são espécies tipicamente planctônicas (SHUBERT, 2003), não possuem estruturas de fixação e estiveram apenas associadas ao substrato da lagoa de Captação. A porosidade do substrato rochoso, ainda não colonizado no início da sucessão, deve ter disponibilizado um microambiente favorável para estas algas, protegido de perturbações e com recursos disponíveis. Com o avanço da sucessão e o aumento da complexidade da comunidade, estas algas foram desfavorecidas na competição por luz, nutrientes e espaço e, por isso, suas densidades foram diminuindo com o tempo. Segundo Murdock e Dodds (2007) as irregularidades da superfície do substrato influenciam as mudanças durante a seqüência sucessional.

A grande contribuição destas algas para o epilítton, principalmente de *Desmodesmus protuberans* que foi dominante nos estágios iniciais e abundante até os estágios finais nos dois períodos analisados, se deve ao desenvolvimento maciço destas espécies no fitoplâncton da lagoa de Captação, conforme observado por Pereira (2008), a qual registrou elevada densidade destas algas e dominância de *Desmodesmus protuberans*. *Scenedesmus acuminatus* e *Monoraphidium minutum*, além de variação a curto prazo, também apresentaram variação temporal a longo prazo. As alterações ocorridas nas variáveis abióticas do período seco para o chuvoso, ou seja, aumento da pluviosidade, da temperatura do ar e da turbidez e redução da condutividade elétrica e, principalmente, dos nutrientes nitrogenados no período chuvoso foram desfavoráveis a estas duas algas (correlações significativas negativas foram observadas entre estas algas e pluviosidade, temperatura da água, turbidez, ortofosfato, fósforo total dissolvido e positivas com condutividade elétrica, nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total kjeldahl).

Murakami (2008) estudando as respostas das algas perifíticas em substrato artificial (lâminas de vidro) ao enriquecimento artificial na planície de inundação do alto rio Paraná observou que *Scenedesmus acuminatus* foi registrada apenas nos tratamentos com enriquecimento isolado de nitrogênio e de nitrogênio e fósforo, não aparecendo no controle e no enriquecimento isolado de fósforo.

No período chuvoso, Chlorophyceae permaneceu com densidades representativas até o final da sucessão, devido à abundância não somente de *Desmodesmus protuberans*, mas também de *Stigeoclonium farctum* e Chlorococcales 1. As duas últimas algas não apresentaram abundância no período seco (correlações significativas positivas foram observadas entre estas algas e pluviosidade).

Stigeoclonium farctum é uma alga filamentosa heterotricosa que se fixa ao substrato através da parte prostrada do filamento e da mucilagem que produz. O Gênero *Stigeoclonium* é comumente encontrado colonizando rochas (epilítton) e plantas submersas (epifítton) (JOHN, 2003) em ecossistemas aquáticos eutróficos e rasos (HAPPEY-WOOD, 1988). Apresenta elevada, porém lenta, taxa de crescimento e chega a formar delicados tufos ou até mesmo massas visíveis a olho nu. É especialista em luz e espaço, isto é, requer alta intensidade luminosa e espaço para

colonização, sendo excelente competidor por estes recursos (HILL, 1996). Através de seus longos filamentos, consegue ter acesso à luz e nutrientes, sobrepondo-se às demais algas. Suas células basais apresentam expressivo crescimento horizontal sobre o substrato (SETEVENSON, 1996), são bastante resistentes a herbivoria e adaptadas ao sombreamento, inclusive pela parte ereta do próprio filamento, o que lhe confere vantagem na competição por espaço no substrato (HILL, 1996). Por ser bom competidor por luz e espaço, *Stigeoclonium farctum* se sobressaiu nos estágios tardios de sucessão, quando a complexa matriz encontrava-se limitada por estes recursos. Diversos autores (CHAMIXAES, 1991; FERNANDES, 1997; FELISBERTO, 2007) registraram algas verdes filamentosas nos estágios tardios de sucessão em substratos artificiais.

Chlorococcales 1 é uma alga agregada que cresce prostrada, aderindo-se ao substrato através de densa mucilagem, e aparenta possuir vantagem competitiva quanto a espaço e luz, já que foi abundante do 18º ao 30º dia, período em que a comunidade epilítica já estava bastante desenvolvida. Correlação significativa positiva foi observada entre Chlorococcales 1 e turbidez, confirmando sua adaptação a pouca penetração de luz. Porém, a identificação apenas em nível de Ordem não permite tirar maiores conclusões a respeito deste táxon.

Em ambos os períodos a Classe Chlorophyceae foi substituída pela Classe Cyanophyceae, a qual passou a ser predominante nos estágios finais de sucessão. Entretanto, no período seco, as Cyanophyceae começaram a ser mais representativas a partir dos estágios intermediários e, no período chuvoso, foram representativas desde o início da colonização.

No período seco, a espécie que mais contribuiu para a densidade da Classe Cyanophyceae foi Xenococcaceae 1. Esta alga é agregada em grupos irregulares, com coloração variada, desde azul-esverdeada a avermelhada e violeta, envolvida por mucilagem densa, a qual auxilia sua fixação, crescendo prostrada ao substrato. Apresenta reprodução bastante diversificada, por divisão binária, divisão irregular e sucessiva em vários planos e por produção de numerosos baeócitos móveis. Todas as características descritas são exatamente iguais as do Gênero *Chroococcidiopsis* (KOMÁREK, ANAGNOSTIDIS, 1999). Como já falado anteriormente,

Xenococcaceae 1 só não foi incluída em *Chroococcidiopsis* pela incerteza quanto a liberação dos baeócitos. *Chroococcidiopsis* é cosmopolita e hábil em colonizar ambientes extremos, entre eles ambientes alcalinos, como é o caso da lagoa de Captação.

De qualquer forma, os Gêneros da Família Xenococcaceae são freqüentemente encontrados na comunidade epilítica, especialmente *Chroococcidiopsis* (KOMÁREK, 2003), que tem preferência por colonizar frestas e depressões em rochas e, por isso, é adaptado a baixas intensidades luminosas e bom competidor por espaço (FRIEDMANN – Nasa's Astrobiology Institute). Xenococcaceae 1 parece também ter estas características em comum com *Chroococcidiopsis*, uma vez que foi abundante a partir dos estágios intermediários, sendo dominante nos estágios finais do período seco, quando a comunidade epilítica já se apresentava bastante complexa, ou seja limitada por espaço e luz.

No período chuvoso, Xenococcaceae 1 foi abundante também nos estágios intermediários a finais, porém, em densidades bem menores e com formas bem mais simples e menores se comparadas ao período seco. Como já discutido, acredita-se que esta alga tenha sido limitada pela redução na concentração dos nutrientes nitrogenados no período chuvoso, e que, possivelmente, as formas registradas neste período sejam as supostas células de resistência. Como Xenococcaceae 1 demonstrou ser boa competidora quando luz e espaço são limitantes, no período seco foi favorecida na competição com *Stigeoclonium farctum* e Chlorococcales 1 por estes recursos, e, no período chuvoso, as menores densidades de Xenococcaceae 1 devem ter permitido o sucesso destas duas algas.

No período chuvoso *Heterolieibleinia kuetzinguii* foi a cianobactéria mais representativa tanto nos estágios intermediários quanto nos finais, apresentando dominância no 23º e 30º dia. No período seco, esta alga foi abundante nos estágios finais de sucessão. *Heterolieibleinia kuetzinguii* é uma alga filamentosa, bastante comum em substratos rochosos, fixa ao substrato por uma das extremidades através da mucilagem que chega a formar um pequeno pedúnculo (KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 2005). A forma de fixação faz de *Heterolieibleinia kuetzinguii* uma boa competidora por espaço, justificando seu desenvolvimento em estágios mais

tardios. Segundo Murdock e Dodds (2007) algas com estruturas de fixação são favorecidas em substratos rugosos. Porém, seu crescimento parece ter sido limitado pela proliferação de *Xenococcaceae* 1 no período seco.

Burliga et al (2004), analisando os grupos funcionais da comunidade epilítica no rio Maquiné (Rio Grande do Sul) observaram a associação de *Heterolieibleinia kuetzinguii* a baixos valores de condutividade elétrica e elevada resistência a distúrbios. Apesar de a condutividade elétrica ser alta na Lagoa de Captação, os menores valores foram registrados no período chuvoso. Neste período, a maior turbulência promovida pela entrada de água no sistema funciona como fator perturbador, agindo negativamente sobre espécies sensíveis e positivamente sobre espécies resistentes a distúrbios. Assim, os reduzidos valores de condutividade elétrica e a maior turbulência, juntamente com o menor crescimento de *Xenococcaceae* 1, devem ter favorecido o expressivo desenvolvimento de *Heterolieibleinia kuetzinguii* no período chuvoso.

Geitleribactron crassum foi abundante nos estágios intermediários dos dois períodos estudados. Esta espécie é composta por indivíduos unicelulares e fixos a substratos rochosos ou epífitas de outras algas através de delicada mucilagem (KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 1999). *Geitleribactron crassum* foi registrado epifitando cianobactérias filamentosas do epilíton (perifíton secundário) nos estágios intermediários, o que permitiu seu acesso a recursos, principalmente luz e nutrientes. Estes recursos devem ter sido limitantes a esta alga nos estágios finais, desfavorecendo seu desenvolvimento.

No período seco, *Synechocystis aquatilis* foi abundante nos estágios intermediários e finais e, no período chuvoso, *Synechocystis* sp. foi abundante nos estágios iniciais e *Synechocystis aquatilis* nos estágios finais. *Synechocystis* é um Gênero picoplantônico representado por algas unicelulares, cocóides, com biovolume reduzido (KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 1999), adaptadas a pouca luz, porém suportam grandes intensidades luminosas, e necessitam de pequenas concentrações de nutrientes, sendo encontradas em ambientes com diferentes graus de trofia (PAERL, 1988). Apesar de caracteristicamente planctônicas, tem sido registradas em elevadas densidades em diversos estudos com a comunidade

perifítica, apresentando-se associadas a substratos naturais (CAVATI, 2006) e artificiais (COSTA, em prep.; VERCELLINO, 2007). Especula-se que o sucesso destas algas no perifíton se deve ao fato de a matriz perifítica funcionar como um microhabitat para estas diminutas algas, mais estável, sombreado e protegido de perturbações (CAVATI, 2006). Por representarem um Gênero bastante versátil quanto ao requerimento de recursos, estas algas obtiveram sucesso nas diferentes épocas de colonização e nos diferentes períodos estudados.

Aphanocapsa holsatica foi abundante exclusivamente no período seco. Esta espécie é colonial, com densa mucilagem, e pertence a um Gênero tipicamente planctônico, porém, podendo se associar a superfícies de pedras e sedimento (KOMÁREK, 2003), através da mucilagem (STEVENSON, 1996). *Aphanocapsa holsatica* é abundante no fitoplâncton da Lagoa de Captação (PEREIRA, 2008) e o seu desenvolvimento no epilítton é uma contribuição desta comunidade. No período chuvoso, provavelmente, a maior turbulência tenha desfavorecido esta espécie no fitoplâncton, e conseqüentemente no epilítton, pois, segundo Jönk et al (2008), a instabilidade da coluna d'água é desfavorável às cianobactérias coloniais.

Cyanodermatium sp., outra cianobactéria abundante exclusivamente no período seco, pertence a um gênero de algas agregadas, formando pseudofilamentos curtos que se fixam ao substrato, geralmente rochoso, pela mucilagem firme das células basais prostradas (CRISPINO; SANTA'ANNA, 2006). Esta espécie parece ser adaptada ao sombreamento, uma vez que foi abundante nos estágios finais de sucessão, e aos distúrbios, já que cresce prostrada. Sua variação temporal a longo prazo deve ter sido influenciada por algum fator abiótico, como as menores concentrações dos nutrientes nitrogenados ou a menor condutividade elétrica no período chuvoso, não sendo possível identificar a verdadeira causa.

Phormidium sp. foi abundante do 23º dia em diante no período seco. As espécies do Gênero *Phormidium* são filamentosas simples que formam verdadeiras massas flutuantes ou se emaranham sobre diversos substratos, incluindo rochas. Os menores valores de condutividade elétrica no período chuvoso limitaram a abundância desta alga (correlação significativa positiva foi registrada entre

Phormidium sp. e condutividade elétrica). Biggs e Kilroy (2000) afirmam que o Gênero *Phormidium* é abundante em ambientes com alta condutividade elétrica.

Schizothrix fragilis foi abundante exclusivamente nos estágios finais de desenvolvimento da comunidade epilítica do período chuvoso. Os filamentos de *Schizothrix* são densamente arranjados em fascículos que crescem emaranhados sobre substratos consolidados, principalmente rochas (KOMARÉK; ANAGNOSTIDIS, 2005). A abundância de *Schizothrix fragilis* no período chuvoso é decorrente das maiores temperaturas registradas neste período (correlação significativa positiva foi registrada entre esta alga e a temperatura da água). De acordo com De Nicola (1996), *Schizothrix* é um Gênero comum em águas com temperaturas elevadas.

Phormidium sp. e *Schizothrix fragilis*, apesar de não terem sido abundantes nos dois períodos estudados, apresentaram densidades relevantes nos estágios intermediários a finais de ambos. Segundo Stevenson (1996), cianobactérias filamentosas são bastante comuns em estágios mais desenvolvidos de sucessão, pois são adaptadas às condições limitantes nestes estágios, como luz e nutrientes. Estas duas espécies parecem ter competido entre si, porém, em cada período, uma foi favorecida em detrimento da outra por condições determinantes (condutividade e temperatura).

Calothrix braunii é uma alga filamentosa tipicamente epilítica, que se fixa ao substrato por uma das extremidades através de mucilagem (KOMARÉK; ANAGNOSTIDIS, 2005). Esta alga é especialista em nitrogênio, ou seja, é capaz de fixar nitrogênio atmosférico através de estruturas especializadas denominadas heterócitos, o que, segundo Sant'Anna et al (2006), favorece o desenvolvimento em ambientes com baixa concentração deste nutriente. A abundância de *Calothrix braunii* apenas no período chuvoso esteve relacionada às baixas concentrações de nutrientes nitrogenados (correlações significativas negativas foram registradas entre *Calothrix braunii* e nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal). É uma espécie tardia, sendo favorecida pelo seu modo de fixação, resistente a perturbações e a limitação por espaço, e por ser boa competidora quando nitrogênio é escasso. Todos os indivíduos desta espécie registrados neste estudo apresentavam heterócitos.

A Classe Bacillariophyceae foi bastante representativa nos estágios intermediários de sucessão, porém, sua maior contribuição relativa foi observada no período seco, quando foram registradas as menores concentrações de fósforo. As diatomáceas, principalmente as penadas, são bem adaptadas à vida perifítica e crescem aderidas a diferentes substratos (BIGGS; KILROY, 2000).

Nitzschia amphibia e Bacillariophyceae 1 são unicelulares e formam colônias em forma de rosetas fixas ao substrato por mucilagem. Sua forma de fixação e sua mobilidade lhes conferem vantagens quanto à resistência a distúrbios mecânicos e limitação por espaço e quanto à regulação do ambiente de luz, respectivamente (HILL, 1996), características que as favoreceram nos estágios intermediários. Nos estágios finais, o excessivo desenvolvimento vertical da comunidade as limitou. *Nitzschia amphibia* é comum em uma grande variedade de condições ambientais, principalmente a alta condutividade elétrica, mas não é muito tolerante a poluição (BIGGS; KILROY, 2000; LOBO et al, 2004). Bacillariophyceae 1, apesar de não ter sido identificada a nível específico, não é tolerante a altas concentrações de fósforo mas sim a elevada condutividade (correlação significativa negativa foi registrada de Bacillariophyceae 1 com fósforo total dissolvido e positiva com condutividade elétrica). Assim, as maiores concentrações de fósforo e os menores valores de condutividade contribuíram para ausência de abundância destas algas no período chuvoso.

Achnanthes 2 foi abundante apenas no 23º dia de colonização do período seco. As espécies da Ordem Achnanthes crescem prostradas ao substrato e possuem alta taxa de crescimento, sendo competidoras eficientes por espaço, resistentes a distúrbios e a herbivoria (STEVENSON, 1996). Estas características permitiram a abundância de Achnanthes 2 no 23º dia, porém, esta diatomácea logo foi limitada pelo sombreamento promovido pelo desenvolvimento vertical da comunidade. Segundo Stevenson (1996), diatomáceas que crescem prostradas são facilmente limitadas pelo sombreamento das algas filamentosas. As menores concentrações de nitrogênio e as maiores de fósforo devem ter sido responsáveis pela ausência de abundância desta alga no período chuvoso, pois espécies da Ordem Achnanthes

têm sido relacionadas à adição conjunta de nitrogênio e fósforo (FERRAGUT, 2004; VERCELLINO, 2007).

Gomphonema clevei foi abundante do 6° ao 14° dia de colonização do período chuvoso sendo favorecida neste estágio por possuir pedúnculo mucilaginoso que, além de auxiliar a fixação, permite alcançar a interface epilítion/água, onde há disponibilidade de nutrientes e luz (HO, 1979). Assim como as demais diatomáceas registradas nesta pesquisa, *Gomphonema clevei* foi desfavorecida com o avanço do desenvolvimento da comunidade. Sua abundância apenas no período chuvoso deve estar relacionada ao incremento nas concentrações de fósforo neste período, apesar de não ter ocorrido correlações entre esta diatomácea e fósforo. Murakami (2008) registrou maiores densidades do Gênero *Gomphonema* nos tratamentos enriquecidos com fósforo.

As demais Classes não chegaram a contribuir com 10% para a densidade total. As espécies representantes das Classes Coscinodiscophyceae, Cryptophyceae e Euglenophyceae registradas neste estudo representam a contribuição de espécies associadas, tipicamente fitoplanctônicas à comunidade epilítica, embora possam ser originadas nas comunidades aderidas e viver muito bem por entre elas (STEVENSON, 1996).

Coscinodiscophyceae, Cryptophyceae e Euglenophyceae apresentaram flutuação temporal a longo prazo. As maiores pluviosidades, temperaturas da água e turbidez e as menores concentrações dos nutrientes nitrogenados e condutividade elétrica foram desfavoráveis a Coscinodiscophyceae no período chuvoso (foram observadas correlações significativas entre Coscinodiscophyceae e estas variáveis). Sabe-se que Euglenophyceae assimila preferencialmente amônio (WETZEL 1981), fato que explica sua maior representatividade no período seco, quando as concentrações de nitrogênio amoniacal foram mais elevadas (Euglenophyceae correlacionou-se positivamente com este nutriente). Cryptophyceae foi favorecida no período chuvoso pela maior disponibilidade de fósforo no ambiente (correlação significativa positiva foi verificada entre esta Classe e fósforo total dissolvido). Vercellino (2001) e Fermio (2006) associaram esta Classe ao incremento de fósforo.

Xanthophyceae é frequentemente encontrada no fitoplancton, entretanto cerca de 30% das espécies tem hábito aderido (PARRA; BICUDO, 1995), incluindo a espécie *Characiopsis sphagnicola*, única representante desta Classe na comunidade epilítica da lagoa de Captação. Xanthophyceae variou temporalmente, sendo mais representativa no período chuvoso provavelmente em função das maiores concentrações de fósforo, apesar de não ter apresentado correlação significativa com esta variável. Ferragut (1999) e Vercellino (2007) observaram aumento dos representantes perifíticos desta Classe com a adição de fósforo.

Oedogoniophyceae é uma Classe característica do perifíton, adaptada a condições nutricionais variadas e a elevada temperatura (BIGGS; KILROY, 2000). Esta Classe foi registrada apenas no período chuvoso, quando a temperatura da água foi maior e as concentrações de nitrogênio menores, evidenciando a preferência da espécie registrada quantitativamente por estas condições (correlação significativa positiva foi registrada de Oedogoniophyceae com pluviosidade e negativa com a série nitrogênio).

Em ambos os períodos estudados, os valores de diversidade e equitabilidade registrados foram reflexo da abundância de muitas espécies e domínio de poucas. Segundo Chamixaes (1991), um ambiente diverso é aquele que apresenta um número total de indivíduos distribuídos mais equitativamente entre as espécies componentes e, por isso, o significado do índice de diversidade torna-se efetivo quando acompanhado do índice de equitabilidade. De acordo com Margalef (1968) e Odum (1983), a diversidade de espécies aumenta rapidamente nos estágios jovens, devido ao aumento de nichos, e decresce nos estágios tardios, devido à competição interespecífica por recursos.

No período seco, o padrão descrito por estes autores foi registrado: menores valores de diversidade e equitabilidade nos estágios iniciais (até o 10º dia) e finais (41º e 61º dia), coincidindo com o registro de uma espécie dominante e poucas abundantes, e maiores valores destes índices nos estágios intermediários (do 14º ao 30º dia), devido à contribuição de um maior número de espécies abundantes com densidades mais equitativas.

No período chuvoso, o rápido aumento inicial foi observado, com menores valores de diversidade e equitabilidade nos estágios iniciais, devido à dominância de uma espécie e abundância de poucas, seguido de uma tendência à estabilidade nos estágios intermediários a finais em decorrência da distribuição mais equitativa dos indivíduos entre um número praticamente constante de espécies, demonstrando que a competição foi menos acentuada neste período.

Fernandes (1997) registrou valores semelhantes de diversidade e equitabilidade e atribuiu o padrão temporal às respostas diretas da comunidade à variação dos fatores ambientais. Na comunidade epilítica da lagoa de Captação acredita-se que o padrão temporal a curto e longo prazo destes índices seja descrito pelas características intrínsecas à comunidade e pela variação sazonal das variáveis abióticas respectivamente.

É notório que, com base nos dados de biovolume, os resultados quanto à estrutura e dinâmica da comunidade epilítica são, em parte, controversos aos da densidade. De acordo com Biggs e Kilroy (2000), a mais expressiva quantificação das comunidades aderidas é adquirida através da conversão da informação obtida com a densidade em biovolume. O biovolume é uma das melhores estimativas de biomassa algal e capacita uma análise mais acurada da real contribuição das espécies para a comunidade (BIGGS; KILROY, 2000), uma vez que a densidade, apesar de ser uma medida satisfatória, atribui importância excessiva aos indivíduos pequenos e não potencializa a grande importância ambiental dos organismos maiores (SOUZA, 2008).

De certa forma, o biovolume total foi crescente em ambos os períodos, acompanhando a mesma tendência que a densidade total. O aumento mais expressivo de biomassa, ao contrário do observado para densidade, ocorreu no período chuvoso, o qual apresentou maior biovolume que o período seco durante todos os estágios, com exceção do 23º, 30º e 41º dia de colonização, onde os valores foram significativamente iguais (correlação significativa positiva foi verificada entre biovolume total e pluviosidade).

Rodrigues (1998), avaliando a sucessão da comunidade perifítica em substrato artificial (lâminas de vidro) em uma lagoa marginal da planície de inundação do alto rio Paraná, registrou maiores valores de biovolume no período de águas altas e atribuiu este resultado à maior entrada de fósforo e sílica no ambiente e às maiores temperaturas. Segundo a autora, elevadas temperaturas e disponibilidade de nutrientes podem promover aumento da atividade metabólica da comunidade, levando a um processo mais acelerado de incremento de biomassa. Na lagoa de Captação, o incremento de fósforo e as maiores temperaturas podem ter contribuído para a maior biomassa no período chuvoso, embora não tenham ocorrido correlações entre estas variáveis. De acordo com McCormick et al (2001), o enriquecimento com fósforo leva a um aumento significativo na biomassa da comunidade perifítica.

Contudo, acredita-se que o fator determinante para o padrão discrepante de biovolume entre os diferentes períodos tenha sido a maior contribuição, em elevadas densidades, de espécies grandes e com elevado biovolume da Classe Chlorophyceae no período chuvoso.

De modo geral, em ambos os períodos, Chlorophyceae foi a Classe com contribuição mais expressiva para o biovolume, desde o início até o final da sucessão, diferentemente do observado para densidade. Ishida et al (2008) estudando o perifíton de substrato artificial (malha de polietileno) no lago do Jardim Botânico de Chicago nos Estados Unidos verificaram predomínio quantitativo de Cyanophyceae e maior contribuição de Chlorophyceae para o biovolume. Rodrigues (1998) registrou maior contribuição de Cyanophyceae e Bacillariophyceae para a densidade e de Zygnemaphyceae e Chlorophyceae para o biovolume, devido aos maiores tamanhos das espécies representantes das últimas.

A maior contribuição da Classe Chlorophyceae para o biovolume total é resultado das elevadas densidades de *Desmodesmus protuberans* e *Scenedesmus acuminatus* nos estágios iniciais a intermediários no período seco e de *Desmodesmus protuberans* no início da colonização do período chuvoso. *Desmodesmus protuberans* e *Scenedesmus acuminatus*, apesar de serem coloniais

e de terem tamanho mediano, foram registrados em elevadas densidades, resultando em altos valores de biovolume.

Stigeoclonium factum foi outra espécie com expressiva contribuição para o biovolume de Chlorophyceae. Apesar de registrado em baixas densidades em alguns momentos nos dois períodos estudados, *Stigeoclonium farctum* é um filamento grande, com células numerosas e volumosas, o que culmina em elevado biovolume. No período chuvoso, a abundância desta alga levou não apenas a grande representatividade de Chlorophyceae, mas também aos elevados valores de biovolume total deste período em comparação com o outro (correlação direta foi verificada entre densidade e biovolume de *Stigeoclonium factum* e biovolume desta alga com o biovolume de Chlorophyceae e com o biovolume total).

Ao que tudo indica, o sucesso de *Stigeoclonium farctum* no período chuvoso não está relacionado apenas a redução da contribuição de Xenococcaceae 1, mas também a resistência desta espécie aos distúrbios promovidos pela precipitação, os quais parecem estimular seu desenvolvimento, e ao seu requerimento pelas condições abióticas registradas neste período, como reduzidos valores de nitrogênio e condutividade elétrica e altos valores de fósforo, turbidez, temperatura.

É importante destacar a contribuição das demais classes no biovolume total do período seco. Bacillariophyceae foi a mais representativa no 23º dia, representada por Bacillariophyceae 1, uma alga de tamanho não muito grande que se destacou no biovolume total apenas porque as espécies de maior biovolume estavam em baixas densidades nesta amostragem. Cyanophyceae foi a maior contribuinte no 41º dia, devido as elevadas densidades de *Phormidium* sp., uma alga filamentosa e com grande número de células, o que reflete em elevado biovolume, e a proliferação de Xenococcaceae 1, que apresenta tamanho reduzido porém com elevadas densidades também resultou em grande biovolume. Estas algas se destacaram em consequência da menor contribuição quantitativa de *Stigeoclonium factum*. No 61º dia, Chlorophyceae e Cyanophyceae contribuíram igualmente, com representatividade expressiva de *Stigeoclonium factum*, *Phormidium* sp. e Xenococcaceae 1.

Algas que não haviam contribuído representativamente para a densidade total se destacaram no biovolume total. Algumas destas algas, apesar de pequenas, foram registradas em densidades consideráveis (*Chlorella vulgaris*); outras, apesar de grandes, não foram registradas em elevadas densidades (*Pediastrum borynum*, *Oedogonium* sp.2). Em outros casos, algas registradas em elevadas densidades, porém com pequeno tamanho, perderam importância no biovolume (Xenococcaceae 1, *Heteroleibleinia kuetzingii*); ao contrário destas, algas com densidades moderadas e de tamanho e número de células maiores agregaram valor ao biovolume (*Phormidium* sp., *Calothrix braunii*, *Stigeoclonium factum*).

O biovolume revelou também uma contribuição diferenciada da fisionomia da comunidade durante o processo sucessional com relação à densidade: algas mais simples, coloniais, associadas ao substrato sendo substituídas por formas mais complexas, filamentosas, emaranhadas e com formas de fixação mais intrincadas. No entanto, este padrão geral diferiu entre o período seco e o chuvoso devido à contribuição específica, peculiar em cada período.

A contribuição individual dos grupos taxonômicos para as comunidades e as respostas das comunidades às mudanças ambientais a longo prazo também têm sido determinadas através da quantificação dos principais pigmentos fotossintetizantes (GREISBERGER; TEUBNER, 2007; TILLI et al, 2008; CARAMUJO et al, 2008). No entanto, é fundamental salientar que raros estudos têm dado atenção a dinâmica temporal dos pigmentos a curto prazo.

Os pigmentos, e conseqüentemente a fotossíntese, respondem quantitativamente e qualitativamente a uma série de fatores como temperatura, nutrientes, estabilidade do substrato, herbivoria e, sobretudo, luz, um pré-requisito claro à existência fototrófica (HILL, 1996).

Em ambos os períodos analisados houve tendência ao aumento nos valores dos pigmentos do início ao final da sucessão (61º dia), exceção feita à clorofila c que permaneceu com baixos valores em todo o período. Moschini-Carlos (1996) verificou aumento crescente dos pigmentos totais até o pico máximo (63º dia) e, a partir daí, queda pronunciada.

O grande número de correlações entre os pigmentos e as algas com densidades e biovolumes expressivos evidencia que os pigmentos acompanharam a tendência destas algas e, conseqüentemente, a tendência geral da densidade e do biovolume. Nenhuma correlação foi registrada entre os pigmentos e as variáveis abióticas, indicando que estas não os influenciaram diretamente, mas sim indiretamente, já que as variáveis ambientais demonstraram influência considerável no padrão temporal das espécies descritoras.

A clorofila *a* é o principal pigmento comum a todas as algas autotróficas. É muito utilizada como medida de estimativa de biomassa, no entanto, adaptações cromáticas à baixa luz e deficiência de nutrientes, por exemplo, podem alterar a razão entre este pigmento e a matéria orgânica algal (STEVENSON, 1996). Na presente pesquisa, a correlação direta de clorofila *a* com o biovolume total e com a densidade total indicam a acuracidade desta variável na determinação de biomassa da comunidade epilítica.

Contudo, as concentrações de clorofila *a* e outros pigmentos (clorofila *b*, carotenóides e feopigmentos), de modo geral, foram maiores nos estágios iniciais no período chuvoso e nos estágios finais no período seco, acompanhando o padrão temporal da densidade e não do biovolume, levando a crer que, no período chuvoso, as elevadas temperaturas da água e concentrações de nutrientes aceleraram o metabolismo da comunidade nos estágios iniciais, porém, a queda acentuada dos nutrientes nitrogenados a partir dos primeiros dias de colonização pode ter limitado a síntese de pigmentos nos estágios finais. Diversos autores (FERMINO, 2006; VERCELLINO, 2007) têm registrado aumento de clorofila *a* na comunidade perifítica com a adição conjunta de nitrogênio e fósforo.

Através da taxa de acumulação de biomassa, baseada nas concentrações de clorofila *a*, pode-se avaliar os processos de perda e ganho de biomassa durante a seqüência sucessional. No período chuvoso, nota-se que o acúmulo de biomassa foi menos acentuado e mais irregular que no período seco, o que deve ser decorrente da intensa precipitação, a qual promove maior entrada de água no sistema e maior turbulência, atuando certamente como fator perturbador ao desenvolvimento da

comunidade epilítica durante este período. Vercellino e Bicudo (2006) também registraram taxa de acumulação mais irregular no período chuvoso e atribuíram este resultado ao efeito perturbador do regime pluviométrico e da oscilação do nível d'água.

As maiores perdas de biomassa ocorreram nos estágios finais de sucessão do período seco. Dentre os eventos que podem levar a perda de biomassa, destacam-se herbivoria e perturbações físicas (BIGGS; KILROY, 1996). Além destes eventos, Biggs e Kilroy (1996) salientam que a competição interespecífica nos estágios tardios pode levar à perdas substanciais de biomassa. Cada um destes eventos pode ter agido isoladamente ou em conjunto, sendo difícil tirar qualquer conclusão a este respeito, porém, ao que tudo indica, a competição foi bastante pronunciada nos estágios finais do período seco.

É fundamental destacar a capacidade de resiliência da comunidade epilítica do 30º para o 41º dia, a qual se recuperou prontamente frente aos distúrbios. De acordo com Peterson (1996), as respostas das algas perifíticas às diferentes perturbações são dependentes da magnitude e/ou da duração do evento, além das propriedades ecofisiológicas das espécies que compõem a comunidade. Rodrigues (1998) registrou efeito estimulador da comunidade perifítica após distúrbio moderado nos estágios tardios, associando-o à melhoria das condições limitantes ao crescimento do perífiton, como aumento do suprimento de nutrientes e melhoria no regime de luz dentro da matriz, e até mesmo às respostas autoecológicas em nível reprodutivo ou fisiológico.

A razão entre os diferentes pigmentos e a clorofila *a* pode ser usada para determinar as proporções dos distintos grupos algais na biomassa da comunidade (STEVENSON, 1996). A elevada concentração de clorofila *b* durante todo o estudo mostra a acentuada contribuição das Chlorophyceae para a comunidade epilítica, já que este é o principal pigmento acessório deste grupo. Contudo, a clorofila *b*, por ser um pigmento acessório, não é comumente registrada em concentrações tão elevadas quanto as registradas na presente pesquisa, chegando a se sobressair a clorofila *a* em alguns momentos. Erros metodológicos estarão sempre imbutidos na quantificação de pigmentos, qualquer que seja o método, porém, Ritchie (2008)

testando equações universais para diferentes metodologias de extração de pigmentos com diferentes solventes (acetona, metanol e etanol), comprovou eficiência da extração com acetona e das equações utilizados nesta pesquisa na quantificação dos pigmentos, incluindo clorofila *b*. Assim, um possível erro metodológico poderia estar imbutido em todos os pigmentos e não especificamente em um, alterando sua razão com relação aos outros.

Acredita-se então que a elevada concentração de clorofila *b* na comunidade epilítica não seja resultado de erros metodológicos, mas sim da elevada turbidez da lagoa de Captação, causada principalmente pelo desenvolvimento excessivo do fitoplâncton, que promove forte sombreamento na comunidade epilítica, levando a sua adaptação cromática. Estando as Chlorophyceae entre as mais representativas quantitativamente e com algas de elevado biovolume, é possível sim que este seja um reflexo da fotoaclimatação. De acordo com Greisberger e Teubner (2007), baixa luminosidade propicia aumento de pigmentos acessórios, elevando em muito a razão entre eles e clorofila *a*.

Estudos recentes têm demonstrado a existência de clorofila *b* em algumas cianobactérias (*Synechococcus*, *Synechocystis*, *Fischerella*, *Anabaena*, proclorófitas, etc) (Geiss et al, 2001; Havaux et al, 2005; CHEN; ZHANG; BLANKENSHIP, 2008), sendo possível a presença deste pigmento nas Cyanophyceae registradas nesta pesquisa. Este fato torna-se bastante relevante, sobretudo quando se trata de proliferação de uma alga ainda não conhecida, como é o caso de Xenococcaceae 1, a qual também pode ter contribuído para os valores deste pigmento.

Dentre as algas registradas neste estudo, as Bacillariophyta são as únicas que possuem clorofila *c*, e em pequenas quantidades. As baixas concentrações de clorofila *c* registradas refletem a pequena contribuição deste grupo para a comunidade epilítica.

Os carotenóides estão presentes em todos os grupos de algas e sua elevada razão com relação a clorofila *a* pode indicar dois papéis importantes: como pigmento antena, interceptando e direcionando os fótons ao centro de reação e como

fotoprotetor, absorvendo o excesso de luz impedindo a fotoinibição (HILL, 1996). Como a luz parece atuar como fator limitante à comunidade epilítica na lagoa de Captação, as elevadas concentrações de carotenóides registradas evidenciam a atuação destes pigmentos como acessórios, captando e canalizando os fótons que penetram na água para a fotossíntese.

A razão entre feopigmentos e clorofila *a* é um indicativo do estado fisiológico da comunidade (STEVENSON, 1996). No período seco, as concentrações de feopigmentos e clorofila *a* estiveram, em grande parte do período, bem próximas, indicando uma comunidade senescente. Já no período chuvoso, este padrão não foi observado, podendo ser reflexo de maior taxa de renovação da comunidade em decorrência das maiores temperaturas, que aceleram o metabolismo das algas, e das perturbações ocorridas, as quais exigem recuperação intensa e não permitem o estabelecimento de uma comunidade senescente. O efeito das perturbações no estado fisiológico da comunidade também pôde ser visualizado nos estágios tardios do período seco, quando perdas acentuadas de biomassa e pronta recuperação foram observadas, coincidindo com as concentrações de feopigmentos mais distantes das de clorofila *a*.

Durante o processo sucessional, a comunidade pode ser descrita em três fases distintas: a inicial, caracterizada por um rápido crescimento exponencial ou linear, com predomínio dos processos de ganho de biomassa e aumento na diversidade de espécies; a estacionária, correspondendo ao pico de biomassa e de diversidade; e a secundária, onde amplas flutuações ocorrem devido ao predomínio de processos de perdas (SAND-JENSEN, 1983).

Tanto no período seco quanto no chuvoso, as três fases características do processo sucessional não foram verificadas na comunidade epilítica da lagoa de Captação, nem com relação à densidade, biovolume, clorofila *a* e diversidade, evidenciando que, talvez, o período de exposição de 61 dias não tenha sido suficiente para acompanhar todo este processo. Ainda, o grande intervalo entre as coletas, principalmente nos estágios finais do período de colonização, pode ter mascarado a ausência deste padrão, demonstrando apenas uma tendência geral.

Moschini-Carlos (1996) observou, em diferentes experimentos, pico de biomassa no 63º dia e no 56º dia de colonização, sendo este o período estacionário. Felisberto (2007) registrou estas três fases, com pico máximo de riqueza, densidade e diversidade no 15º dia de colonização. Há muita controvérsia quanto ao tempo de exposição do substrato para o desenvolvimento de uma comunidade madura, uma vez que este tempo varia muito de acordo com as características abióticas peculiares de cada ecossistema, com o tipo de substrato utilizado e com as características biológicas específicas (WETZEL, 1983).

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que a variabilidade da estrutura e da dinâmica da comunidade epilítica a curto prazo foi decorrente principalmente do processo sucessional propriamente dito, ou seja, os processos autogênicos é que determinaram o desenvolvimento da comunidade. A longo prazo, os fatores alogênicos é que foram determinantes na variabilidade da estrutura e da dinâmica da comunidade.

Dentre os fatores autogênicos, destacaram-se a competição e a limitação por recursos como luz, nutrientes e espaço, sendo que estes eventos foram mais acentuados no período seco, devido a maior complexidade estrutural da comunidade (maiores densidades, riqueza, concentração de pigmentos), e menos pronunciados no período chuvoso em consequência da intensidade dos efeitos perturbatórios sobre a comunidade.

Como alogênicos, a variação nos índices pluviométricos e na concentração dos nutrientes nitrogenados e fosfatados se destacaram, de modo que os atributos riqueza, densidade e concentração de pigmentos mostraram respostas mais sensíveis a limitação por nitrogênio a longo prazo e aos efeitos perturbatórios que o biovolume, o qual foi mascarado no período chuvoso pela representatividade taxonômica, ou seja, pela presença de uma espécie grande e com elevadas densidades.

Estas observações foram confirmadas pela ACP das variáveis bióticas e abióticas que, apesar de ter fornecido resultados muito sutis, separou as amostragens do período seco das do período chuvoso e mostrou relação direta da densidade total e

da clorofila *a* com os nutrientes nitrogenados e indireta destas variáveis com a pluviosidade e com os nutrientes fosfatados, além da relação plausível do biovolume apenas com a densidade da Classe Chlorophyceae.

Tais resultados de certa forma ratificam as hipóteses desta pesquisa, no entanto eles evidenciam a inter-relação entre os processos autogênicos e alogênicos na variação temporal a curto e longo prazo da estrutura e dinâmica da comunidade epilítica.

7 CONCLUSÕES

- As variáveis pluviosidade, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total kjeldahl, ortofosfato e fósforo total dissolvido apresentaram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso em função das alterações no ciclo hidrológico;
- De acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, a Lagoa de Captação não está em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação quanto aos teores de fósforo, havendo necessidade de monitoramento da qualidade da água das lagoas interligadas da Vale e de ações de manejo que visem sanar ou diminuir o lançamento de efluentes nestes ecossistemas;
- A variabilidade da estrutura e da dinâmica da comunidade epilítica a curto prazo foi decorrente principalmente dos processos autogênicos;
- A longo prazo, os fatores alogênicos é que foram os principais determinantes na variabilidade da estrutura e da dinâmica da comunidade epilítica;
- Competição e a limitação por recursos foram mais acentuadas no período seco, devido a maior complexidade estrutural da comunidade (maiores densidades, riqueza, concentração de pigmentos) se comparados ao período chuvoso, refletindo no padrão temporal dos índices de diversidade e equitabilidade.
- Os atributos riqueza, densidade e concentração de pigmentos mostraram respostas mais sensíveis a limitação por nitrogênio e aos efeitos

perturbatórios no período chuvoso que o biovolume, o qual foi mascarado pela presença de uma espécie grande e com elevadas densidades.

- As hipóteses desta pesquisa foram confirmadas; no entanto, há inter-relação entre os processos autogênicos e alogênicos na variação temporal a curto e longo prazo da estrutura e dinâmica da comunidade epilítica.

8 REFERÊNCIAS

ÁCS, E.; KISS, K. T. Colonization process of diatoms on artificial substrats in the river Danube near Budapest (Hungary). **Hydrobiologia**, v. 269, p. 307-315, 1993.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo. In: _____. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 319-364.

_____. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do alto rio Paraná: Avaliação e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Orgs.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2006. p. 23-55.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: CNEXO, 1983. 395p.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 50, n. 53, p.327-472, 1988.

APHA - **American Publication Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.).18º Ed. U.S.A: Washington D. C., 1992.

BAFFICO, G. D. Variations in the periphytic structure and dynamics of lake Nahuel Huapi (Patagonia, Argentina). **Hydrobiologia**, v. 455, p. 79-85, 2001.

BANERJEE, M.; SHARMA, D. Regulation of phosphatase activity in *Chroococcidiopsis* isolates from two diverse habitats: effect of light, pH and temperature. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 2, n. 1, p. 71-82, 2004.

BECKER, V.; CARDOSO, L. de S.; MOTTA MARQUES, D. D. A. Development of *Anabaena* Bory (Cyanobacteria) blooms in a subtropical shallow lake, south Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 3, p. 1-10, 2004.

BIANCHINI JR, I. Água como ambiente para a manutenção da fauna aquática. In: SEMINÁRIO SOBRE FAUNA AQUÁTICA E O SETOR ELÉTRICO. **Caderno 1-Fundamentos**. Rio de Janeiro: (COMASE), 1994. p. 7-17.

BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, n. 1, p. 459-475, 1990.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos: Ed. RiMa, 2005. 508p.

BIGGS, B. J. F. Patterns in Benthic Algae of streams. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 31-56.

BIGGS, B. J. F.; STENVENSON, R. J.; LOWE, R. L. A habitat matrix conceptual modes for stream periphyton. **Arch. Hydrobiol.**, v. 143, p. 21-56, 1998.

BIGGS, B. J. F.; KILROY, C. **Stream Periphyton Monitoring Manual**. New Zeland: Niwa, 2000. 226p.

BILLI, D.; CAIOLA, M. G. Effects of nitrogen limitation and starvation on *Chroococcidiopsis* sp. (Chroococcales). **New Phytologist**, v. 133, p. 563-571, 1996.

BONAVENTURA, S. M.; VINOCUR, A.; PIZARRO, H. Algal structure of the littoral epilithon in lentic water bodies at Hope Bay, Antarctic Península. **Polar Biology**, v. 29, p. 668-680, 2006.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Estrutura do fitoplâncton, em curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo, Paraná, Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n.1, p.57-65, 2008.

BOURRELY, P. **Les algues d'aeu douce** – Indication à la Systématique. Tome I: Les algues vertes. Paris: N. Boubée, 1966. 572p.

_____. **Les algues d'aeu douce** – Indication à la Systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Cryosphyccées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris. N. Boubée, 1968. 517p.

_____. **Les algues d'aeu douce** – Indication à la Systématique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Euglénien, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris: N. Boubée, 1970. 606p.

BRANCO, C. W. C. **A comunidade planctônica e a qualidade da água no lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. 1991**. 279p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1991.

BURKHOLDER, J. M. Interactions of benthic algae with their substrata. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 253-297.

BURLIGA, A. L. M. **Estrutura da comunidade e tipos funcionais de algas epilíticas na bacia hidrográfica do rio Maquiné, RS, Brasil.** 2003. 99p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BURLIGA, A. L. M. et al. Functional types in epilithon algae communities of the Maquiné river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 4, p. 369 – 380, 2004.

CARAMUJO, M-J. et al. Influence of drought on algal biofilms and meiofaunal assemblages of temperate reservoirs and rivers. **Hydrobiologia**, v. 598, p.77-94, 2008.

CARRICK, H. J.; LOWE, R. L. Nutrient limitation of benthic algae in lake Michigan: the role of silica. **Journal of Phycology**, v. 43, p. 228-234, 2007.

CARVALHO, M. C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no estado de São Paulo.** 2003. 130p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CATTANEO, A.; AMIREALT, M. C. How artificial are artificial substrata for periphyton? **Journal of the North American Benthological Society**, v. 11, p. 244-256, 1992.

CAVATI, B. **Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno, Linhares-ES): variação espacial e temporal da comunidade.** 2006. 96p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

CEPEMAR. Serviços de Consultoria em Meio Ambiente. **Relatório técnico dos Estudos de Impacto ambiental da Usina VII da Vale em Tubarão.** Vitória, 1995.

CETRANGOLO, C. **Variação temporal e espacial da comunidade ficoperifítica em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas – Cariacica).** 2004. 77p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

CHAMIXAES, C. B. C. B. **Variação temporal da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina – SP).** 1991. 333p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

CHEN, M.; ZHANG, Y.; BLANKENSHIP, R. E. Nomenclature for membrane-bound light-harvesting complexes of cyanobacteria. **Photosynth. Res.**, v. 95, p. 147-154, 2008.

CHORUS, I; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E & FN Spon, 1999. 416p.

COLE, G. A. **Textbook of Limnology**. Saint-Louis: C. V. Mosby, 1975. 283p.

CONAMA. 1986. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 20 de 18 de junho de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 21/06/2008.

CONAMA. 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 20/08/2008.

COSTA, A. G. **Estrutura e dinâmica temporal da comunidade perifítica em substrato artificial (lâminas de vidro) na lagoa Mãe-Bá (Anchieta, ES)**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, (em prep.).

CRISPINO, L. M. B.; SANT'ANNA, C. L. Cianobactérias marinhas bentônicas de ilhas costeiras do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 639-656, 2006.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. Impactos ambientais de reservatórios e perspectivas de uso múltiplo. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 4, n. 5, 1995.

DELAZARI-BARROSO, A. **Comunidade fitoplanctônica do reservatório Duas Bocas (Reserva Biológica de Duas Bocas) – ES: variação vertical e temporal em duas épocas distintas**. 2000. 188p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

DeNICOLA, D. M. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 121-148.

DOMOZYCH, D. S.; DOMOZYCH, C. R. Desmids and biofilms of freshwater wetlands: development and microarchitecture. **Microbial Ecology**, v. 55, p. 81-93, 2008.

ENRICH-PRAST, A. Caminhos do nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia**. São Carlos: Ed. RiMa, 2005. p. 209-227.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 602p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org>>.

FELISBERTO, S. A. **Algas perifíticas sobre substrato artificial e natural no rio do Corvo (tributário do reservatório de Rosana): composição, abundância,**

biomassa e produtividade. 2007. 110p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

FERMINO, F. S. **Avaliação sazonal dos efeitos do enriquecimento por N e P sobre o perifíton em represa tropical rasa mesotrófica (lagoa das Ninféias, São Paulo).** 2006. 121p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

FERNANDES, V. O. **Estudos limnológicos na Lagoa de Jacarepaguá (RJ): Variáveis abióticas e mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em Typha domingensis Pers.** 1993. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1993.

FERNANDES, V. O. **Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substrato na Lagoa Imboassica, Macaé (RJ).** 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

FERRAGUT, C. **Efeito do enriquecimento por nitrogênio e fósforo sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas: biomanipulação em reservatório raso oligotrófico em São Paulo.** 1999. 184p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

_____. **Respostas das algas perifíticas e planctônicas à manipulação de nutrientes (N e P) em reservatório urbano (Lago do IAG, São Paulo).** 2004. 183p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

FERREIRA, R. M. et al. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia.** São Carlos: Ed. RiMa, 2005. p. 229-242.

FRIEDMANN, I. Nasa's Astrobiology Institute. Disponível em: <<http://www.science.nasa.gov>>. Acesso em: 20/09/2008.

GONÇALVES, J. S. **Avaliação da seletividade de algas perifíticas a diferentes substratos artificiais em um reservatório eutrófico (lagoa de Captação da central de abastecimento de carros pipa da prefeitura de Vitória – Vitória, ES).** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, (em prep.).

GREISBERGER, S.; TEUBNER, K. Does pigment composition reflect phytoplankton community structure in differing temperature and light conditions in a deep alpine lake? An approach using HPLC and delayed fluorescence technique. **Journal of Phycology**, v. 43, p. 1108-1119, 2007.

GEISS, U. et al. The iron-regulated isiA gene of *Fischerella muscicola* strain PCC 73103 is linked to a likewise regulated gene encoding a Pcb-like chlorophyll-binding protein. **FEMS Microbiol Lett**, v. 197, p. 123-129, 2001.

GUARINO, A. W. S. et al. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão das Lajes reservoir, RJ, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 17, n. 2, p. 129-141, 2005.

HAPPEY-WOOD, C. M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C. D. (Ed). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 103-133.

HARPER, D. **Eutrophication of freshwater**. London: Ed. Chapman Hall, 1992. 327p.

HAVAUX, M. et al. The chlorophyll-binding protein IsiA is inducible by high light and protects cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6803 from photooxidative stress. **FEBS Lett**, v. 579, p. 2289-2293. 2005.

HENRY, R. Estudos ecológicos na represa do rio pardo (Botucatu), SP, Brasil: o ambiente e variações diurnas de alguns fatores ambientais. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 4, n.1, p.153-161, 1981.

HERMANY, G. et al. Ecology of the epilithic diatom community in a low-order stream system of the Guaíba hydrographical region: subsidies to the environmental monitoring of southern Brazilian aquatic systems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 1, p. 9-27, 2006.

HILL, W. R. Factors affecting benthic algae. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 121-148.

HILLEBRAND, H. et al. Biovolume Calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**, v. 35, p. 403-424, 1999.

HO, S. C. **Structure, species diversity and primary production of epiphytic algal communities in the Shöhsee (Holtein), West Germany**. 1979. 306p. Thesis Univesity of Kiel, German, 1979.

Informações municipais. Prefeitura de Vitória (Vitória *on-line*). Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br>>. Acesso em: 21/06/2008.

ISHIDA, C. K. et al. Influence of algal community structure on denitrification rates in periphyton cultivated on artificial substrata. **Microb. Ecol.**, v. 56, p. 140-152, 2008.

JOHN, D. M. Filamentous and Plantlike green algae. In: WEHR, J. D.; SHEAT, R. G. (Eds). **Freshwater algae of North America**. London: Academic Press, 2003. p. 311-352.

JÖNK, K. D. et al. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. **Global Change Biology**, v. 14, p. 495-512, 2008.

KOMÁREK, J. Coccoid and colonial Cyanobacteria. In: WEHR, J. D.; SHEAT, R. G. (Eds). **Freshwater algae of North America**. London: Academic Press, 2003. p. 59-116.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 56, p. 247-345, 1989.

_____. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 – Stigonematales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 59, p. 1-73, 1990.

_____. Chroococcales. In: Ettl, A. et al. (Orgs.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. v. 19, 1999. 548p.

_____. Oscillatoriales. In: Büdel, B. et al (Orgs.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota**. Stuttgart: Spektrum Akademischer Verlag. v. 19, n. 2, 2005. 759p.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI, G. **Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie**. Stugart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchlandlung. 1983. 1044 p.

KÖPPEN-GEIGER, 1936. Sistema de classificação climática. Disponível em: <http://www.wikipedia.org/wiki/classificação_do_clima_de_Köppen_Geiger>. Acesso em: 21/06/2008.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae. In: Ettl, H.; GERLOFF, F.; HEYNING, H. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. v. 2, n. 1, 1986. 876p.

KUDO, F.A.; JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G. Composição e distribuição da comunidade zoobentônica em áreas de várzea do rio Paranapanema (SP/PR). In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Orgs.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2. ed. São Carlos: Ed. RiMa, 2006. p. 379-416.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. Elsevier Sci. Publ, 1983. 419p.

LOBO, E. A. Approaches for evaluation of river water pollution using epilithic diatom assemblages. **Diatoms**, v. 13, p. 105-111, 1997.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V.; BENDER, E. (Orgs.). **Utilização de algas diatomáceas Epilíticas como indicadores da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul: Ed. EDUNISC, 2002. 127p.

LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, v. 22, n. 1, p. 1-29. 1986.

LOBO, E. A. et al. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 25-40, 2004.

LOPES, M. R. M.; BICUDO, C. E. M. Short term variation of physical characteristics of a shallow subtropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 13, n. 2, p.87-98, 2001.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.

LOWE, R. L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 705-739.

LUND, J. W.; KIPLIND, C.; LECREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143 – 170, 1958.

MARGALEF, R. Typology of reservoirs. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 19, p.1841-1848, 1975.

_____. **Perspectives in ecological theory**. Chicago: University of Chicago Press. 1968. 112p.

MARIANI, C. F. et al. Biota and water quality in the Riacho Grande reservoir, Billings Complex (São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 3, p. 267-280, 2006.

MARTINS, F. C. O. **Estrutura das comunidades perifíticas (em substrato natural) e fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES) e utilização destas comunidades como bioindicadoras da qualidade da água**. 2002. 65p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

_____. **Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica (in situ) a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES**. 2006. 133p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MARTINS, F. C. O.; FERNANDES, V. O. Fitoplâncton da lagoa do *campus* universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n. 2, p. 101-109, 2006.

_____. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 11-20, 2007.

McCKORMICK, P. V. Resource competition and species coexistence in freshwater benthic algae assemblages. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 229-252.

McCKORMICK, P. V. et al. Periphyton responses to experimental phosphorus enrichment in a subtropical wetland. **Aquatic Botany**, n. 71, p. 119-139, 2001.

MORESCO, C. **Comunidade de algas perifíticas, com destaque para cianobactérias, nos reservatórios de Segredo e Irai, estado do Paraná, Brasil**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

MOSCHINI-CARLOS, V. **Dinâmica e estrutura da comunidade perifítica (substratos artificial e natural) na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa de Jurumirim – SP**. 1996. 172p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

_____. Impotância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M. L. M. (Org.). **Perspectivas da limnologia no Brasil**. São Luis: Ed. União, 1999. p. 91-103.

MOURA, A. N. et al. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical brazilian reservoir. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 641-648, 2007.

MOURTHÉ-JÚNIOR, C. A. **Modificações estruturais na comunidade de diatomáceas em um gradiente de poluição hídrica. Trecho superior da bacia do rio das Velhas (região metropolitana de Belo Horizonte - MG)**. 2000. 87p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

MURAKAMI, E. A. **Resposta das algas perifíticas da planície de inundação do alto rio Paraná às alterações de temperatura e ao enriquecimento artificial de nutrientes**. 2008. 99p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

MURDOCK, J. N.; DODDS, W. K. Linking benthic algal biomass to stream substratum topography. **Journal of Phycology**, v. 43, p. 449-460, 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1983. 434p.

PARRA, O. O.; BICUDO, C. E. M. **Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales**. Santiago: Ed. Da universidad de Concepción, 1995. 268p.

PAERL, H. W. Growth and reproductive strategies of blue-green algae (cyanobacteria). In: SANDGREN, C. D. (Ed). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 261-315.

PAGGI, L. C.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Water quality evaluation through limnologic survey in a fish culture system in the Paranaíba region (Mato Grosso, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, n. 4, p.463-472, 2007.

PANITZ, C. M. N. **Estudo comparativo do perifíton em diferentes substratos artificiais na represa do Lobo (“Broa”), São Carlo – SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1980.

PARFENOVA, V. V. et al. Communities of Hydrobionts Developing at the Water-Rock Interface in Lake Baikal. **Russian Journal of Ecology**, v. 39, n. 3, p. 198-204, 2008.

PARSONS, T. R.; TAKAHASHI, M.; HARGRAVE, B. **Biological Oceanographic Process**. 3. ed. Oxford: Pergamon Press Ltd, 1984. 330p.

PEREIRA, T. A. **Biomonitoramento e qualidade ecológica da lagoa de Captação da Central de Abastecimento de carros pipa da Prefeitura de Vitória (Vitória, ES)**. 2008. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Conservação e Manejo da Diversidade Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

PETERSON, C. G. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 705-739.

PINTO-COELHO, R. M. et al. Origens e efeitos do aporte externo de nutrientes em um reservatório tropical de grande porte: reservatório de São Simão (MG/GO). In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Orgs.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2. ed. São Carlos: Ed. RiMa, 2006. p. 127-164.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: Ed. RiMa, 2003. 134p.

RAMIREZ, J. J.; BICUDO, C. E. M. Diurnal and spatial (vertical) dynamics of nutrients (N, P, Si) in four sampling days (summer, fall, winter and spring) in a tropical shallow reservoir and their relationships with the phytoplankton community. **Brazilian journal of Biology**, v. 65, n. 1, p. 141-157, 2005.

REBOLÇAS, A. C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.

RITCHIE, R. J. Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetona, methanol or ethanol solvents. **Photosynthetica**, v. 46, n. 1, p. 115-126, 2008.

RODRIGUES, L. **Sucessão do perifíton na planície de inundação do alto rio Paraná: interação entre nível hidrológico e regime hidrodinâmico**. 1998. 208 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – Ciências Ambientais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.

RODRIGUES, L. et al. Distribuição espacial da biomassa perifítica em reservatórios e relação com o tipo de substrato. In: RODRIGUES, L; THOMAZ, S. M; AGOSTINHO, A. A; GOMES, L. C. **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Ed RiMa, 2005. p. 87 - 96.

RODRIGUES, L. M.; LOBO, E. A. Análise da estrutura de comunidades de diatomáceas epilíticas no arroio Sampaio, município de Mato Leitão, RS, Brasil. **Caderno de pesquisas, Ser. Bot.**, v. 12, n. 2, p. 5-27, 2000.

ROUND, F. E. The ecology of bentic algae. In: Jackson, P. F. (Ed.). **Algae and man**. New York: Plenum, 1964. p. 138-184.

_____. **The biology of the algae**. London: Edward Arnold Ltd, 1965. 269 p.

_____. The taxonomy of the Chlorophyta, 2. **Brit. Phycology Journal**, v. 6, n. 2, p. 235-264, 1971.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms. Biology and morphology of the genera**. New York: Cambridge University Press, 1990. 129p.

SALOMONI, S. E. **Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na bacia do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2004. 230p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

SALOMONI, S. E. et al. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 559, p. 233-246, 2006.

SAND-JENSEN, K. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: Wetzel, R. G. (Ed.). **Periphyton of freshwater ecosystems**. The Hague Dr. W. Junk, 1983. p. 63-71.

SANT'ANNA, C. L. et al. **Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2006. 58p.

SANTOS FILHO, D. F. Determinação de sílica solúvel. In: _____. **Tecnologia de tratamento de água**. São Paulo: Ed. Nobel, 1983. p. 206/207.

SARTORI, G. **Variação temporal da comunidade perifítica em substrato artificial no ponto de captação do reservatório Duas Bocas (Cariacica, ES)**. 2005. 56p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SCHNECK, F.; TORGAN, L. C.; SCHWARZBOLD, A. Epilithic diatom community in a high altitude stream impacted by fish farming in southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, n. 3, p. 341-355, 2007.

SEMMAM. **Secretaria Municipal de Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br>>. Acesso em 21/06/2008.

SEMIONATO, S. **Variação temporal da comunidade perifítica (em substrato artificial) e sua utilização como bioindicador da qualidade da água na lagoa da UFES (Vitória, ES)**. 2002. 60p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

SHANNON, C. E.; WEANNER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: Univ. Illinois Press, 1963. 125p.

SHUBERT, L. E. Nonmotile coccoid and colonial green algae. In: WEHR, J. D.; SHEAT, R. G. (Eds). **Freshwater algae of North America**. London: Academic Press, 2003. p. 253-307.

SIAG. **Serviço de Informações Agrometeorológicas**. Incaper (Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural). Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>> . Acesso em: 21/06/2008

SLÁDECEK, V.; SLÁDECKOVÁ. Determination of the periphyton production by means of the glass slide method. **Hydrobiologia**, v. 23, p. 125-158, 1964.

SOARES, A.; MOSETO, A. A. Water quality in the Tietê river reservoirs (Billings, Barra Bonita, Bariri and Promissão, SP-Brazil) and nutrient fluxes across the sediment-water interface (Barra Bonita). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 3, p.247-266, 2006.

SOUZA, M. G. M. **Variação da comunidade de diatomáceas epilíticas ao longo de um rio impactado no município de São Carlos – SP e sua relação com variáveis físicas e químicas**. 2002. 168p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

SOUZA, B. D. **Comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas na zona fluvial de um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas, Cariacica - ES)**. 2005. 85p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

_____. **Estrutura, dinâmica e produtividade primária do fitoplâncton como base para estimativa do estado trófico de uma lagoa costeira no estado do Espírito Santo (lagoa Mãe-Bá, guarapari)**. 2008. 161p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual da Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.

STEVENSON, J. R. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: STEVENSON, J. R.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. New York: Academic Press. 1996. p. 3-30.

STRAŠKRABA, M; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1993. p. 213-288.

SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Phytoplankton Research**, v. 25, n. 2, p. 1331-1346, 2003.

TILLI, A. et al. Responses of chronically contaminated biofilms to short pulses of diuron: an experimental study simulating flooding events in a small river. **Aquatic Toxicology**, v. 87, p.252-263, 2008.

TUCCI, A. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplantônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca**. 1996. 170p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Suba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 97-112, 2003.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Orgs.). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. 2. ed. São Carlos: Ed. RiMa, 2006. p. 1-21.

TUNDISI, J. G. et al. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passag of cold front as reflected by physical, chemical and biological variables. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 177-186, 2004.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, v. 17, n. 2, p. 121-123. 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton: methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, v. 9, p. 1-38. 1958.

VADEBONCOEUR, Y. et al. Substratum as a driver of variation in periphyton chlorophyll and productivity in lakes. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, n. 2, p. 379-392, 2006.

van den HOECK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H. M. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 623p.

VADRUCCI, M. R.; CABRINI, M; BASSET, A. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystem of Mediterranean Ecoregion. **Transit. Waters Bull.**, v. 2, p. 83-102, 2007.

VERCELLINO, I. S. **Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico.** 2001. 176p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

_____. **Respostas do perifíton aos pulsos de enriquecimento em níveis crescentes de fósforo e nitrogênio em represa tropical mesotrófica (lago das Ninféias, São Paulo).** 2007. 106 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

VERCELLINO, I. S.; BICUDO, D. 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.

VOLLENWEIDER, R. A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.** Paris Rep. Organization for economic Cooperation and Development, 1968. 192p.

WATANABE, T. **Étude de la relation entre le periphyton et la qualité chimique de l'eau des rivières: utilisation de bioessais "in situ" (substrats artificiels) pour caractériser l'état de pollution des eaux.** 1985. 127p. Tese (Doutorado) – Université Paul Sabatier, Toulouse, 1985.

WETZEL, R. G. **Limnologia.** Barcelona: Ed. Omega, 1981. 679 p.

_____. Opening remarks. In: _____. (Ed.). **Periphyton of freshwater ecosystems.** The Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 339-346.

_____. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 24, p. 6-24, 1990.

_____. **Limnology: lake and River Ecosystems.** 3º Ed. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analyses.** 2º Ed. New York: Springer-Verlag, 1991. 391p.

ZORZAL, S. **Influência da herbivoria na sucessão da comunidade perifítica em bambu.** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, (em prep.).

ANEXOS

Anexo A: Estatística descritiva das variáveis bióticas.

Tabela 19: Estatística descritiva da Densidade Total (ind/cm² x 10³).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	2,925	4,519	4,208	16,727	27,64	58,428	329,342	329,955	1.571,131	1.965,323
	Máximo	3,655	4,912	7,867	17,962	58,587	142,41	374,01	756,438	2.932,421	3.402,655
	Média	3,303	4,765	5,487	17,155	42,669	109,114	356,249	605,085	2.135,842	2.466,488
	Desvio padrão	0,365	0,214	2,062	0,699	15,492	44,610	23,697	238,668	709,647	811,418
	Erro padrão	0,211	0,123	1,190	0,403	8,944	25,755	13,681	137,795	409,715	468,472
Período chuvoso	Mínimo	4,107	5,207	8,761	32,592	105,317	151,933	276,435	247,596	231,145	707,623
	Máximo	8,181	10,282	17,042	69,079	147,223	188,614	321,99	309,975	564,294	881,929
	Média	5,814	7,642	11,858	48,946	127,637	165,289	306,224	275,483	404,583	818,758
	Desvio padrão	2,115	2,543	4,517	18,534	21,086	20,270	25,813	31,709	166,998	96,545
	Erro padrão	1,221	1,468	2,608	10,700	12,174	11,703	14,903	18,307	96,416	55,740

Tabela 20: Estatística descritiva do Biovolume Total (mm³/cm²).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	2,465	3,405	3,588	12,284	16,702	38,616	159,872	395,2	1.165,861	1.655,624
	Máximo	3,572	3,719	5,981	15,53	25,183	138,436	1.775,958	771,318	2.123,484	2.973,129
	Média	3,020	3,609	4,405	13,634	21,690	87,027	751,25	638,667	1.801,701	2.097,925
	Desvio padrão	0,553	0,177	1,365	1,690	4,433	49,977	890,9347	211,131	550,667	757,963
	Erro padrão	0,319	0,102	0,788	0,976	2,559	28,854	514,3814	121,896	317,928	437,610
Período chuvoso	Mínimo	3,773	5,258	14,175	129,863	693,078	752,996	1.310,262	658,750	618,805	3.424,224
	Máximo	9,947	11,320	23,394	171,843	955,463	971,589	1.689,447	994,394	1.224,136	4.122,301
	Média	6,276	8,230	18,708	147,120	857,230	871,890	1.501,809	832,712	952,585	3.675,128
	Desvio padrão	3,248	3,032	4,611	21,962	143,075	110,553	189,6227	168,158	307,426	388,225
	Erro padrão	1,875	1,750	2,662	12,680	82,604	63,828	109,4787	97,086	177,492	224,141

Tabela 21: Estatística descritiva da Clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,023	0,072	0,088	0,191	0,314	0,801	1,818	1,895	4,506	5,132
	Máximo	0,049	0,103	0,173	0,446	0,636	1,078	2,100	2,119	8,869	5,458
	Média	0,032	0,086	0,132	0,319	0,449	0,930	1,947	2,005	6,574	5,336
	Desvio padrão	0,015	0,015	0,042	0,127	0,166	0,139	0,142	0,112	2,190	0,177
	Erro padrão	0,008	0,008	0,024	0,073	0,096	0,080	0,082	0,064	1,264	0,102
Período chuvoso	Mínimo	0,064	0,068	0,089	0,589	0,664	0,726	1,203	0,738	1,355	3,192
	Máximo	0,085	0,101	0,116	0,719	0,967	1,029	1,542	2,125	1,783	5,740
	Média	0,075	0,088	0,099	0,650	0,789	0,846	1,358	1,286	1,538	4,057
	Desvio padrão	0,010	0,017	0,015	0,065	0,158	0,160	0,171	0,737	0,220	1,457
	Erro padrão	0,006	0,010	0,008	0,037	0,091	0,092	0,098	0,426	0,127	0,841

Tabela 22: Estatística descritiva da Clorofila *b* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,026	0,081	0,083	0,257	0,305	0,888	2,106	2,433	5,621	6,366
	Máximo	0,042	0,124	0,214	0,514	0,653	1,284	2,499	2,680	10,726	7,433
	Média	0,033	0,105	0,146	0,373	0,437	1,071	2,284	2,583	8,080	6,809
	Desvio padrão	0,008	0,021	0,065	0,130	0,188	0,199	0,198	0,132	2,557	0,555
	Erro padrão	0,004	0,012	0,038	0,075	0,108	0,115	0,114	0,076	1,476	0,320
Período chuvoso	Mínimo	0,083	0,068	0,110	0,737	0,862	1,114	1,383	0,800	1,657	3,781
	Máximo	0,101	0,115	0,141	0,969	1,200	1,798	2,096	2,376	1,908	7,154
	Média	0,094	0,092	0,121	0,860	1,002	1,391	1,733	1,487	1,820	4,969
	Desvio padrão	0,009	0,023	0,017	0,116	0,176	0,360	0,356	0,807	0,141	1,894
	Erro padrão	0,005	0,013	0,009	0,067	0,101	0,208	0,205	0,466	0,081	1,093

Tabela 23: Estatística descritiva da Clorofila *c* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,010	0,001	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	0,028	0,039	0,047	0,005	0,021	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000
	Média	0,017	0,020	0,038	0,002	0,007	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
	Desvio padrão	0,009	0,018	0,015	0,003	0,012	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000
	Erro padrão	0,005	0,010	0,009	0,001	0,007	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
Período chuvoso	Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
	Máximo	0,030	0,009	0,012	0,000	0,000	0,081	0,031	0,202	0,000	0,281
	Média	0,014	0,003	0,004	0,000	0,000	0,048	0,019	0,089	0,000	0,093
	Desvio padrão	0,015	0,005	0,006	0,000	0,000	0,043	0,016	0,100	0,000	0,162
	Erro padrão	0,009	0,003	0,003	0,000	0,000	0,024	0,009	0,058	0,000	0,093

Tabela 24: Estatística descritiva dos Carotenóides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,003	0,022	0,023	0,067	0,119	0,329	0,229	0,394	1,864	1,861
	Máximo	0,011	0,067	0,049	0,201	0,272	0,383	0,740	0,662	3,002	2,437
	Média	0,007	0,041	0,036	0,132	0,178	0,347	0,474	0,518	2,533	2,202
	Desvio padrão	0,004	0,023	0,013	0,066	0,082	0,030	0,256	0,135	0,595	0,302
	Erro padrão	0,002	0,013	0,007	0,038	0,047	0,017	0,147	0,078	0,343	0,174
Período chuvoso	Mínimo	0,009	0,000	0,013	0,252	0,276	0,071	0,304	0,198	0,375	0,846
	Máximo	0,019	0,013	0,030	0,311	0,411	0,197	0,542	0,465	0,548	1,744
	Média	0,012	0,004	0,021	0,273	0,326	0,139	0,391	0,327	0,476	1,191
	Desvio padrão	0,005	0,007	0,008	0,032	0,073	0,063	0,131	0,133	0,089	0,483
	Erro padrão	0,003	0,004	0,004	0,018	0,042	0,036	0,076	0,077	0,051	0,279

Tabela 25: Estatística descritiva dos Feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,030	0,061	0,176	0,240	0,367	0,552	0,817	0,793	1,461	1,032
	Máximo	0,037	0,112	0,290	0,410	0,653	0,900	1,017	1,727	3,096	2,478
	Média	0,032	0,090	0,216	0,313	0,540	0,714	0,900	1,210	2,286	1,564
	Desvio padrão	0,004	0,026	0,064	0,087	0,152	0,175	0,103	0,474	0,817	0,794
	Erro padrão	0,002	0,015	0,037	0,050	0,087	0,101	0,059	0,274	0,472	0,458
Período chuvoso	Mínimo	0,017	0,027	0,035	0,146	0,189	0,119	0,088	0,091	0,371	0,814
	Máximo	0,042	0,030	0,039	0,266	0,736	0,292	0,455	0,267	0,431	1,805
	Média	0,026	0,028	0,037	0,215	0,442	0,217	0,282	0,207	0,401	1,202
	Desvio padrão	0,013	0,001	0,002	0,061	0,276	0,088	0,184	0,100	0,029	0,529
	Erro padrão	0,007	9,490	0,001	0,035	0,159	0,051	0,106	0,058	0,017	0,305

Tabela 26: Estatística descritiva da Diversidade Específica (Bits/Ind.).

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	1,780	2,174	2,217	1,747	2,799	3,111	3,36	3,375	2,103	1,693
	Máximo	2,202	2,645	2,341	2,298	3,279	3,706	3,527	3,464	2,955	1,999
	Média	1,972	2,356	2,286	2,053	3,042	3,465	3,440	3,423	2,493	1,855
	Desvio padrão	0,213	0,252	0,063	0,280	0,240	0,313	0,083	0,044	0,430	0,153
	Erro padrão	0,123	0,145	0,036	0,162	0,138	0,181	0,048	0,025	0,248	0,088
Período chuvoso	Mínimo	0,943	1,429	2,292	2,654	2,479	2,600	2,271	2,410	2,584	2,373
	Máximo	1,619	1,953	2,718	2,758	2,851	2,799	2,367	2,628	2,862	2,858
	Média	1,310	1,695	2,483	2,700	2,667	2,691	2,318	2,505	2,754	2,660
	Desvio padrão	0,341	0,262	0,216	0,053	0,186	0,100	0,048	0,111	0,149	0,254
	Erro padrão	0,197	0,151	0,124	0,030	0,107	0,058	0,027	0,064	0,086	0,147

Tabela 27: Estatística descritiva da Equitabilidade.

		Dias de colonização									
		2	4	6	10	14	18	23	30	41	61
Período seco	Mínimo	0,444	0,375	0,389	0,288	0,461	0,582	0,611	0,495	0,211	0,217
	Máximo	0,499	0,456	0,474	0,411	0,601	0,663	0,754	0,573	0,418	0,272
	Média	0,472	0,414	0,430	0,355	0,530	0,618	0,689	0,526	0,325	0,242
	Desvio padrão	0,027	0,040	0,042	0,062	0,070	0,041	0,072	0,041	0,105	0,027
	Erro padrão	0,015	0,023	0,024	0,036	0,040	0,023	0,041	0,023	0,060	0,015
Período chuvoso	Mínimo	0,206	0,224	0,434	0,593	0,463	0,521	0,406	0,451	0,634	0,500
	Máximo	0,638	0,417	0,536	0,626	0,592	0,570	0,436	0,501	0,702	0,595
	Média	0,389	0,313	0,492	0,613	0,510	0,547	0,421	0,475	0,671	0,538
	Desvio padrão	0,223	0,097	0,052	0,017	0,071	0,024	0,015	0,025	0,034	0,050
	Erro padrão	0,128	0,056	0,030	0,010	0,041	0,014	0,008	0,014	0,019	0,029

Anexo B: Significado das abreviações utilizadas no texto.**Tabela 28:** Significado das abreviações utilizadas no texto

Sigla	Significado
Pluv	Pluviosidade
Tar	Temperatura do ar
Luz	Intensidade luminosa
Vento	Velocidade do vento
Tágua	Temperatura da água
Transp	Transparência
ZE	Zona eufótica
Prof	Profundidade
CE	Condutividade elétrica
Turb	Turbidez
STS	Sólidos totais em suspensão
OD	Oxigênio dissolvido
NO₂	Nitrito
NO₃	Nitrato
NH₄	Nitrogênio amoniacal
NTK	Nitrogênio total kjeldahl
PO₄³⁻	Ortofosfato
PTD	Fósforo total dissolvido
Si	Sílica
DT	Densidade total
DCya	Densidade de Cyanophyceae
DChl	Densidade de Chlorophyceae
DBacil	Densidade de Bacillariophyceae
DCosc	Densidade de Coscinodiscophyceae
DEug	Densidade de Euglenophyceae
DCrypto	Densidade de Cryptophyceae
DXantho	Densidade de Xanthophyceae
DOedog	Densidade de Oedogoniophyceae
DDprot	Densidade de <i>Desmodesmus protuberans</i>
DSceac	Densidade de <i>Scenedesmus acuminatus</i>

DMmin	Densidade de <i>Monoraphidium minutum</i>
DStig	Densidade de <i>Stigeoclonium farctum</i>
DChlo1	Densidade de Chlorococcales 1
DXen1	Densidade de Xenococcaceae 1
DHkuet	Densidade de <i>Heteroleibleinia kuetzinguii</i>
DPhor	Densidade de <i>Phormidium</i> sp.
DSchfra	Densidade de <i>Schizothrix fragilis</i>
DCalbra	Densidade de <i>Calothrix braunii</i>
DNamph	Densidade de <i>Nitzschia amphibia</i>
DAch2	Densidade de Achnanthes 2
DBa1	Densidade de Bacillariophyceae 1
Div	Diversidade específica
Equi	Equitabilidade
BT	Biovolume total
BCya	Biovolume de Cyanophyceae
BChl	Biovolume de Chlorophyceae
BBacil	Biovolume de Bacillariophyceae
BCosc	Biovolume de Coscinodiscophyceae
BEug	Biovolume de Euglenophyceae
BCrypto	Biovolume de Cryptophyceae
BOedog	Biovolume de Oedogoniophyceae
BDprot	Biovolume de <i>Desmodesmus protuberans</i>
BSceac	Biovolume de <i>Scenedesmus acuminatus</i>
BStig	Biovolume de <i>Stigeoclonium farctum</i>
BOed2	Biovolume de <i>Oedogonium</i> sp.2
BChlore	Biovolume de <i>Chlorella vulgaris</i>
BXen1	Biovolume de Xenococcaceae 1
BPhor	Biovolume de <i>Phormidium</i> sp.
BHkuet	Biovolume de <i>Heteroleibleinia kuetzinguii</i>
BCalbra	Biovolume de <i>Calothrix braunii</i>
BBa1	Biovolume de Bacillariophyceae 1
BNamph	Biovolume de <i>Nitzschia amphibia</i>
Cloro a	Clorofila a

Cloro <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
Cloro <i>c</i>	Clorofila <i>c</i>
Carot	Carotenóides
Feop	Feopigmentos
