

ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA

GUIA ILUSTRADO PARA SISTEMAS
LÓTICOS SUBTROPICAIS E
TEMPERADOS BRASILEIROS

Eduardo A. Lobo
Carla G. Heinrich
Marilia Schuch
Adriana Düpont
Adilson B. Da Costa
Carlos E. Wetzel
Luc Ector



ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros



Reitora

Carmen Lúcia de Lima Helfer

Vice-Reitor

Eltor Breunig

Pró-Reitor de Graduação

Elenor José Schneider

Pró-Reitora de Pesquisa

e Pós-Graduação

Andréia Rosane de Moura Valim

Pró-Reitor de Administração

Dorivaldo Brites de Oliveira

Pró-Reitor de Planejamento
e Desenvolvimento Institucional

Marcelino Hoppe

Pró-Reitor de Extensão

e Relações Comunitárias

Angelo Hoff

EDITORA DA UNISC

Editora

Helga Haas

COMISSÃO EDITORIAL

Helga Haas - Presidente

Andréia Rosane de Moura Valim

Angela Cristina Trevisan Felippi

Felipe Gustsack

Leandro T. Burgos

Olgário Paulo Vogt

Vanderlei Becker Ribeiro

Wolmar Alípio Severo Filho

REALIZAÇÃO

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Av. Independência, 2293

CEP 96815-900

Santa Cruz do Sul, RS, Brasil



www.unisc.br

Department Environmental Research and Innovation (ERIN)

41 rue du Brill, L-4422

Belvaux, Luxembourg



www.list.lu

PATROCÍNIO



**DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA E FARMÁCIA**

www.unisc.br

MESTRADO



**TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

www.unisc.br/ppgta



PPGSPi

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM SISTEMAS E PROCESSOS
INDUSTRIAIS

MESTRADO

www.unisc.br/ppgsipi



Avenida Independência, 2293

Fones: (51) 3717-7461 e 3717-7462 - Fax: (051) 3717-7402
96815-900 - Santa Cruz do Sul - RS

E-mail: editora@unisc.br - www.unisc.br/edunisc

Eduardo A. Lobo^{1*}
Carla Giselda Heinrich¹
Marilia Schuch¹
Adriana Düpont¹
Adilson Ben da Costa¹
Carlos Eduardo Wetzel²
Luc Ector²

ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA
Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados Brasileiros

Santa Cruz do Sul
EDUNISC
2016

- ¹ Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Laboratório de Limnologia. Av. Independência 2293. CEP. 96815-900, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
- ² Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Department Environmental Research and Innovation (ERIN), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg.
- * Autor para correspondência (lobo@unisc.br).

© *Copyright*: dos autores
1ª edição 2016

Direitos reservados desta edição:
Universidade de Santa Cruz do Sul

Capa e fotografias: Laboratório de Limnologia
Editoração: Clarice Agnes, Julio Cezar S. de Mello

L799i Lobo, Eduardo A.
Índice trófico de qualidade da água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros [recurso eletrônico] / Eduardo Alcayaga Lobo ... [et al.]. - Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2016.

Dados eletrônicos.

Texto eletrônico.

Modo de acesso: World Wide Web: <www.unisc.br/edunisc>

ISBN: 978-85-7578-431-0

1. Monitorização ambiental. 2. Água - Qualidade. 3. Água - Poluição. 4. Diatomáceas. I. Título.

CDD: 579.85

Bibliotecária: Edi Focking - CRB 10/1197

SUMÁRIO

PREFÁCIO

Prof^ª. PhD Saionara Eliane Salomoni 7

1 INTRODUÇÃO 9

2 POLUIÇÃO ORGÂNICA E EUTROFIZAÇÃO DA ÁGUA 11

3 AMOSTRAGEM, TRATAMENTO LABORATORIAL DAS AMOSTRAS, PREPARO DE LÂMINAS PERMANENTES, IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS ALGAS DIATOMÁCEAS EM MICROSCÓPIO ÓPTICO E CONTAGEM DAS VALVAS 15

3.1 Época e locais de amostragem 15

3.2 Material para a coleta das amostras de diatomáceas 15

3.2.1 Coleta das amostras de diatomáceas 16

3.3 Materiais e equipamentos para o tratamento das amostras 18

3.3.1 Procedimentos para o tratamento das amostras de diatomáceas 18

3.4 Materiais e equipamentos para preparação de lâminas permanentes de diatomáceas 23

3.4.1 Procedimentos para a preparação de lâminas permanentes de diatomáceas 23

3.5 Materiais e equipamentos para observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem de valvas 26

3.5.1 Observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem de valvas 26

4 ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA) 29

5 APLICAÇÃO DO ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA) EM NASCENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO ANDRÉAS, RS, BRASIL 33

5.1 Área de estudo 33

5.2 Amostragem e análise dos dados 33

5.3 Resultados e discussão 36

6 AGRADECIMENTOS 39



REFERÊNCIAS	40
ANEXO 1 - Modelo de ficha de laboratório para registro de informações referentes à amostragem, identificação e contagem (Adaptado de INAG, 2008) ...	43
ANEXO 2 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)	44
SOBRE OS AUTORES	54



PREFÁCIO

A água é sem dúvida essencial à vida de todos os organismos que habitam o planeta terra. Ela sustenta as florestas, mantém a produção agrícola, mantém a biodiversidade no sistema terrestre e aquático. Portanto, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são recursos estratégicos para o homem, e para todos os seres vivos.

O gerenciamento dos recursos hídricos, na nossa atual realidade, implica na importância do uso racional da água para um desenvolvimento sustentável, incluindo a diminuição da pobreza e da fome, visando também a saúde pública, a segurança alimentar, a energia elétrica, a agricultura e o desenvolvimento rural. Portanto, racionalizar seu uso significa aumentar a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis. Resolver os problemas relacionados com a crise da água está se tornando uma arte, onde a humanidade precisa de muita sabedoria para lidar com este dilema.

Nesse contexto, é com satisfação que vemos ser lançado, com pioneirismo para a região, o livro *Índice Trófico de Qualidade da Água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros*, trabalho de referência que contribui para o conhecimento da utilização das algas diatomáceas (*Bacillariophyceae*) como indicadores da qualidade da água, constituindo mais uma valiosa contribuição para avaliar os sistemas de rios no sul do Brasil, no âmbito dos bioindicadores.

As algas diatomáceas epilíticas (que crescem sobre rochas no leito dos rios), quando presentes em abundância nos ecossistemas aquáticos, respondem rapidamente às alterações das condições ambientais, podendo, desta forma, ser utilizadas como organismos bioindicadores de poluição orgânica e eutrofização da água. Este tipo de poluição, ao contrário da contaminação por agroquímicos, ocorre de forma mais lenta, e, na maioria das vezes, é percebido apenas quando o sistema aquático já se encontra deteriorado. Evidencia-se que a poluição orgânica e a eutrofização da água são eventos cíclicos e correlacionados devido a sua complexidade e dinâmica essencialmente ecológica, em que o incremento de um leva ao agravamento do outro.

Assim, por integrar efeitos antropogênicos e influências naturais, as respostas das diatomáceas como bioindicadores oferecem uma avaliação mais refinada da qualidade da água do que propriamente as variáveis do ambiente avaliadas de forma isolada.

O guia, escrito pelos pesquisadores Eduardo A. Lobo, Carla Giselda Heinrich, Marília Schuch, Adriana Düpont, Adilson Ben da Costa, Carlos Eduardo Wetzel e Luc Ector, foi elaborado num momento preciso e com nível de detalhamento necessário



para o entendimento do uso de indicadores ecológicos no Brasil.

O primeiro capítulo trata dos conceitos de poluição orgânica e eutrofização da água. Estes conceitos são de extrema importância para que o leitor possa compreender com clareza o escopo desta obra. O segundo capítulo descreve e apresenta, de forma bem elaborada, as etapas de amostragem, tratamento laboratorial das amostras, procedimentos de confecções de lâminas permanentes das diatomáceas epilíticas, juntamente com suas identificações. O terceiro capítulo descreve os procedimentos utilizados para a formulação do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros, utilizando as diatomáceas epilíticas. O quarto e último capítulo coloca em prática a aplicação do índice proposto, descrevendo um estudo de caso realizado nas nascentes da Bacia Hidrográfica do arroio Andréas, no Estado do Rio Grande do Sul. Cabe, portanto, destacar meu apreço à equipe de pesquisadores que trabalharam na elaboração deste livro, representando uma obra que vem acrescentar valiosas informações para o entendimento das respostas do uso de bioindicadores, somando informações quanto ao grau de tolerância e valor trófico das espécies de diatomáceas para a elaboração do ITQA.

Por fim, cabe ressaltar a importância da obra considerando sua contribuição nas práticas de docência para os cursos de Biologia e de Gestão Ambiental, no auxílio à identificação taxonômica em trabalhos de pesquisas em Limnologia e Ficologia, e para técnicos e consultores que realizam pesquisas ambientais, principalmente com desenvolvimento de métodos práticos e objetivos envolvendo bioindicadores no monitoramento da qualidade da água.

Prof^a. PhD Saionara Eliane Salomoni
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)



1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho intitulado “Índice Trófico de Qualidade da Água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros”, corresponde a um manual de referência para a utilização de algas diatomáceas epilíticas (que crescem sobre rochas) como indicadoras da qualidade da água em sistemas lóticos (águas correntes) subtropicais e temperados brasileiros, utilizando o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), proposto por Lobo *et al.* (2015). O objetivo principal desta publicação é contribuir ao processo de difusão tecnológica do País, uma vez que este guia poderá ser usado por escolas de ensino médio, no ensino superior, centros de pesquisa e órgãos municipais e estaduais em programas de monitoramento ambiental.

As diatomáceas (Classe *Bacillariophyceae*) constituem um dos grupos de algas mais importantes que integram a comunidade fitoplanctônica, caracterizadas como organismos unicelulares microscópicos fotossintetizantes adaptados a passar parte ou todo o tempo da sua vida em suspensão em águas abertas oceânicas ou continentais (REYNOLDS, 2006). Nos oceanos, elas formam o maior componente do plâncton, que é responsável por cerca de 40 a 45% do total da produção primária do planeta (KELLY, 2000). As diatomáceas de ambientes aquáticos continentais que não são planctônicas, por sua vez, incluem indivíduos que crescem sobre outras plantas (epifíton), sobre rochas (epilítion), sobre grãos de areia (episamon) ou sobre o sedimento (epipelon). Geralmente constituem-se no grupo dominante desses ambientes, acompanhadas por outros grupos de algas (ROUND, 1993).

A taxonomia das diatomáceas está baseada na morfologia da parede de sílica, chamada de frústula, refinadamente esculpida, e está dividida em duas metades (valvas) que se encaixam como uma placa de Petri. A valva maior da frústula é denominada epiteca e a valva menor de hipoteca (RAVEN *et al.* 1996). Dentre os principais caracteres utilizados na taxonomia de diatomáceas dulciaquícolas destacam-se a forma (extremidades da valva, manto), ondulações das valvas e torções, estruturas internas do manto (estigma e outros), espessamento do manto, interrupção do padrão básico de estriação por estauros, áreas hialinas, espessamento interno da margem valvar (pseudosepto e outros), estrutura da estria, aréolas e poros (forma, tamanho e preenchimento), padrão de organização das estrias em cêntricas e penadas, campo de poros apicais, portas (rimopórtulas, carinopórtulas e fultopórtulas), estruturas externas (espinhos, verrugas, conopeo, ocelos, pseudocelos, setas), sistema da rafe (tipo de rafe, extensão, localização de estruturas associadas, caracterização das extremidades internas e externas, proximais e distais) e bandas (septos). Algumas destas características apresentam-se de forma esquematizada nas figuras 2 a 10 no trabalho de Lobo *et al.* (2014).



Desta forma, o presente Guia Ilustrado foi dividido em quatro capítulos. O primeiro trata sobre os conceitos relacionados à poluição orgânica e eutrofização da água. O segundo sobre os procedimentos de amostragem, coleta de amostras, tratamento laboratorial das amostras coletadas, preparação de lâminas permanentes para observação dos indivíduos no microscópio óptico, seguindo os protocolos dos procedimentos para o tratamento das amostras de diatomáceas epilíticas, adaptados de Kelly *et al.*, (1998) e Kobayasi e Mayama (1982), identificação taxonômica e contagem das valvas. Já o terceiro trata sobre a formulação do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) e as distintas etapas necessárias à sua aplicação, incluindo fotomicrografias das espécies que compõem o índice. Por fim, o quarto capítulo apresenta um estudo de caso realizado em nascentes da Bacia Hidrográfica do Arroio Andréas, RS, Brasil, a fim de demonstrar a aplicabilidade do ITQA.



2 POLUIÇÃO ORGÂNICA E EUTROFIZAÇÃO DA ÁGUA

A poluição orgânica da água diz respeito à liberação de produtos de origem animal ricos em matéria orgânica (fezes, sangue, urina, chorume, etc.) nos mananciais. A presença de grande quantidade destas substâncias na água ocasiona a proliferação excessiva de microrganismos aeróbicos que irão diminuir consideravelmente os níveis de oxigênio dissolvido. Além disto, a degradação da matéria orgânica por meio destas bactérias disponibiliza grandes quantidades de nitrogênio e fósforo na forma de nitritos, nitratos e fosfatos, passíveis de serem utilizados pelas algas, que passam a se proliferar, dando origem ao processo conhecido por eutrofização. Neste, o aumento exagerado da quantidade de algas forma uma espessa capa na superfície da água, a qual impede a penetração da luz à vegetação submersa que acaba por morrer e entrar em decomposição liberando ainda mais nutrientes e consumindo mais oxigênio. Com a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido e o acúmulo de matéria orgânica animal e vegetal morta, a decomposição passa a ocorrer por ação de bactérias anaeróbicas, que degradam o material e deixam substâncias com odor forte como, por exemplo, o ácido sulfídrico (BRANCO, 2005; ESTEVES, 2011).

A eutrofização pode ser natural ou cultural. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. Quando cultural, ou seja, quando é provocada pela ação do homem, a eutrofização torna-se um processo dinâmico, cuja característica principal é a quebra de estabilidade do ecossistema (homeostasia). A homeostasia em ecossistemas aquáticos caracteriza-se pelo equilíbrio existente entre a produção de matéria orgânica e o seu consumo e decomposição. Este desequilíbrio ecológico é acompanhado de profundas mudanças no metabolismo de todo ecossistema (ESTEVES, 2011).

De fato, a eutrofização cultural é um problema de âmbito global e resulta na perda da qualidade ecológica do ecossistema, podendo levar à perda da biodiversidade e à extinção de espécies (SAYER; ROBERTS, 2001; BENNION; SIMPSON, 2011; SILVA, 2012). De forma geral, inicialmente leva a um aumento no número de espécies e indivíduos, e o surgimento de algumas espécies ocorre, geralmente, em detrimento do desaparecimento de outras. Ela impossibilita a permanência dos organismos mais sensíveis e, em razão disto, reduz a diversidade de espécies anteriormente existentes (TUNDISI, 2003).

O crescimento acelerado e a maior abundância de plantas aquáticas decorrentes do processo de eutrofização causam frequentemente a deterioração da qualidade hídrica, impedindo que a luz atinja as plantas vasculares submersas e o fitoplâncton e, comumente, produzem grandes quantidades de detritos orgânicos que podem



causar a anóxia e a emissão de gases, como metano e sulfeto de hidrogênio. O material derivado dessas plantas normalmente tem uma baixa qualidade nutricional e geralmente não é um componente importante na dieta do zooplâncton ou dos peixes (GALLI; ABE, 2012). A acumulação de macrófitas aquáticas pode restringir o acesso recreacional, ou de pesca, de lagos ou reservatórios, bem como bloquear os canais de irrigação e navegação ou as tomadas de água de usinas hidrelétricas.

Outro impacto importante da eutrofização é o crescimento de grandes volumes de cianobactérias potencialmente tóxicas, tornando-se um risco à saúde pública e do ecossistema, além de implicar em aumento no custo do tratamento da água para abastecimento (GALLI; ABE, 2012). Ainda, em algumas situações, a eutrofização é consequência do lançamento de esgotos humanos não tratados. Caso a parcela da população que tenha produzido esses efluentes sofra de infecções transmitidas, direta ou indiretamente, pela água (doenças hidricamente transmissíveis), a propagação de doenças pode vir a ser um impacto importante da eutrofização.

De acordo com UNEP-IETEC (2001), a eutrofização cultural pode ter focos de poluição pontuais e difusos, conforme demonstra a Tabela 1. Os focos pontuais de poluição são mais fáceis de serem identificados, facilitando o desenvolvimento de políticas para reduzir a poluição das mesmas. As fontes não pontuais (difusas), pela própria natureza do problema, são mais difíceis de serem monitoradas e medidas, uma vez que é preciso lidar com um grande número de agentes. Além de tudo, a elaboração de programas para reduzir a poluição difusa é cara e sua fiscalização muito difícil. Segundo Vollenweider (1968), Rolich (1969) e Rast *et al.* (1989), a partir da carga total de entrada de fósforo e nitrogênio estimada a partir de fontes pontuais e difusas é possível a caracterização de quatro estágios de eutrofização das águas, a seguir:

- (1) Oligotrófico: baixa produtividade biológica e baixa concentração de nutrientes;
- (2) Mesotrófico: características intermediárias entre oligotrófico e eutrófico;
- (3) Eutrófico: produção vegetal excessiva e alta concentração de nutrientes;
- (4) Hipereutrófico: utilizado para caracterizar altos graus de eutrofização.



Tabela 1 - Fontes de eutrofização cultural (UNEP-IETEC, 2001)

Fonte	Tipo de problema
Focos pontuais	
Geradores de energia	A combustão de combustíveis fósseis emite produtos nitrogenados na atmosfera, que são carregados pelas chuvas e por outros processos, causando a eutrofização dos corpos hídricos.
Estação de tratamento de esgoto	O processo de tratamento libera óxidos de nitrogênio (N) e fósforo (P), que são drenados para os corpos hídricos.
Unidades industriais	Os processos industriais liberam produtos com N e P nos efluentes, que são drenados para os corpos hídricos.
Focos difusos	
Agricultura	As práticas agrícolas, inclusive as que empregam fertilizantes ricos em N e P, aumentam a concentração desses elementos no solo. O escoamento superficial causa a eutrofização dos corpos hídricos.
Esgoto	A descarga direta de esgotos de fontes domésticas, não ligadas às estações de tratamento, eventualmente chegam aos corpos hídricos.

Quando o estágio de eutrofização da água atinge o nível eutrófico ou hipereutrófico, a qualidade da água cai drasticamente e alguns efeitos podem ser percebidos. As principais consequências da eutrofização são citadas por Tundisi (2003):

- (1) Anóxia (ausência de oxigênio na água), que provoca mortalidade em massa de peixes e invertebrados e também produz liberação de gases com odor e muitas vezes tóxicos como metano e sulfeto de hidrogênio (H_2S e CH_4 , respectivamente);
- (2) Florescimento de algas e crescimento não controlado de plantas aquáticas, especialmente macrófitas;
- (3) Produção de toxinas por algumas espécies de algas tóxicas (cianobactérias);
- (4) Deterioração dos valores recreacionais dos lagos ou represas em razão da diminuição da transparência;
- (5) Acesso restrito à pesca e atividades recreacionais em razão do acúmulo de plantas aquáticas que podem impedir a locomoção e transporte;



(6) Acentuada queda na biodiversidade e no número de espécies de plantas e animais;

(7) Alterações na composição de espécies de peixes com diminuição de seu valor comercial (mudanças nas espécies e perda do valor comercial pela contaminação);

(8) Diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, especialmente nas camadas mais profundas de lagos de regiões temperadas, durante o outono;

(9) Diminuição dos estoques de peixes causados pela depleção de oxigênio dissolvido na água e nas regiões mais profundas de lagos e represas;

(10) Efeitos na saúde humana (crônicos e agudos) (AZEVEDO, 2001).

A eutrofização é um problema mundial que produz uma acentuada deterioração de rios, represas, lagos e águas costeiras, causando inúmeros efeitos diretos e indiretos na biodiversidade aquática. Além disso, a eutrofização compromete os usos múltiplos de águas superficiais e subterrâneas, provocando perdas substanciais para a economia local e regional. Atualmente, a eutrofização é uma ameaça à saúde pública e às condições gerais de funcionamento dos sistemas aquáticos, constituindo um fator econômico importante que pode impedir ou retardar o desenvolvimento sustentável (TUNDISI, 2003; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Nesse contexto, fica evidente que a poluição orgânica e a eutrofização da água são eventos cíclicos e altamente correlacionados, devido a sua complexidade e dinâmica essencialmente ecológica, logo, o incremento de um leva ao agravamento do outro. Muitos cientistas, inclusive, não diferenciam os dois processos e referem-se a ambos apenas como “eutrofização” (p. ex. MELLANBY, 1982; TUNDISI, 2003; BRANCO, 2005; MILLER, 2007; ESTEVES, 2011).

Em concordância com os argumentos expostos, Lobo *et al.* (2014, 2015) definiram, operacionalmente, a utilização do termo “eutrofização” no sentido amplo, i.e., incluindo a problemática da poluição orgânica e eutrofização da água advinda de fontes pontuais e difusas de contaminação, induzidas por atividades humanas.

Por esses motivos, durante o ano de 2013 trabalhou-se na elaboração do Índice Trófico de Qualidade de Água (ITQA), a partir de uma revisão das tolerâncias das espécies de diatomáceas à eutrofização, no sentido amplo, tendo como base uma série de variáveis físicas, químicas e microbiológicas importantes como parâmetros de avaliação ambiental, em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Uma completa descrição das etapas seguidas para a elaboração do ITQA apresenta-se em Lobo *et al.* (2014), sendo o índice publicado em 2015 (LOBO *et al.* 2015).



3 AMOSTRAGEM, TRATAMENTO LABORATORIAL DAS AMOSTRAS, PREPARO DE LÂMINAS PERMANENTES, IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS ALGAS DIATOMÁCEAS EM MICROSCÓPIO ÓPTICO E CONTAGEM DAS VALVAS

3.1 Época e locais de amostragem

A amostragem de diatomáceas epilíticas deve ser realizada em períodos de vazão constante, evitando-se a coleta logo após chuvas intensas que possam provocar perturbações na comunidade e elevação da turbidez da água. O recomendável é que a amostragem seja realizada em condições de visibilidade do substrato submerso (Figura 1), o que pode variar entre uma e duas semanas após a ocorrência de precipitação intensa (INAG, 2008). As amostragens podem ser realizadas trimestralmente em diferentes épocas do ano, particularmente na primavera, verão, outono e inverno, visando verificar a influência da variação sazonal na composição da comunidade de diatomáceas. Preferencialmente, selecionar pontos de amostragem em trechos superiores, médios e inferiores de um sistema lótico qualquer, no intuito de caracterizar gradientes ambientais. Os mesmos devem ser fotografados e georreferenciados através de um equipamento de GPS (do inglês *Global Positioning System*). Ainda, deve ser preenchida a ficha de laboratório com características de cada ponto de amostragem, conforme modelo adaptado de INAG (2008). (Anexo 1).

Figura 1 - Representação esquemática de uma comunidade de algas diatomáceas epilíticas. Adaptado de Round (1993)



3.2 Material para a coleta das amostras de diatomáceas

- * Escova do tipo dentária com cerdas de nylon
- * Bandeja de polietileno ou metálica esmaltada
- * Frascos de coleta de 250 mL
- * Solução de formol 4% (v/v)



- * Água destilada
- * Solução de álcool etílico 70% (v/v)
- * Etiquetas adesivas
- * Caneta para vidro
- * Luvas de borracha
- * Botas de borracha

3.2.1 Coleta das amostras de diatomáceas

A coleta de diatomáceas epilíticas deve ser realizada em substratos naturais, preferencialmente rochas medindo de 10 a 20 cm de diâmetro, que estejam submersas na água a uma profundidade de 10 e 30 cm, em locais com presença de luz solar e que possuam uma película de tom acastanhado na superfície, condição que caracteriza a colonização de algas diatomáceas no substrato (Figura 2).

Para a retirada das algas diatomáceas do substrato, utiliza-se uma escova de dente para a raspagem da superfície colonizada de 3 a 5 rochas. Conforme o material vai sendo raspado, a pedra deve ser lavada com água destilada contida no frasco para coleta e o material sendo armazenado em uma bandeja. Após o término da raspagem, passar a amostra da bandeja para um frasco de vidro de aproximadamente 250 mL (Figura 3).

Em seguida, etiquetar o frasco contendo a amostra com uma fita adesiva, identificando o local de amostragem. Após a coleta, no laboratório adicionar 1 mL de solução de formol 4% (v/v) para fixação do material (Figura 4).

Figura 2 - Procedimento de coleta do substrato (rocha) para remoção de algas diatomáceas epilíticas

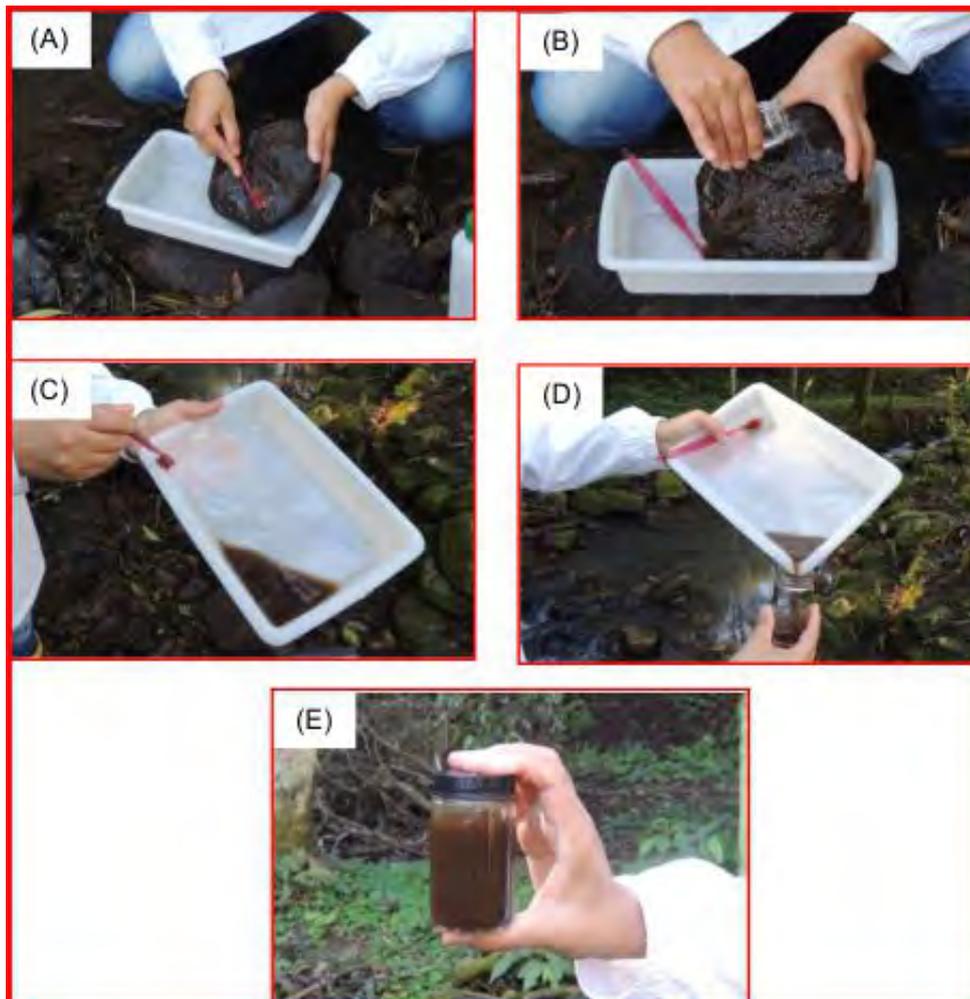


Observações: Lavar todo o material utilizado durante a coleta com água destilada, a fim de prevenir a contaminação das demais amostras a serem coletadas.

Na ausência de rochas pode-se recorrer à utilização de substratos artificiais previamente preparados e dispostos nos locais de amostragem aproximadamente quatro semanas antes da coleta (tempo suficiente para que a colonização da comunidade de diatomáceas ocorra), ou, em último caso, a amostragem pode ser realizada na vegetação aquática presente (neste caso, correspondendo a uma comunidade epifítica).

Em rios ou arroios possivelmente contaminados recomenda-se a utilização de luvas de borracha, evitando-se assim o contato direto com a água contaminada. Ainda, sugere-se a desinfecção das mãos com álcool etílico ao final da amostragem. Em locais de águas profundas e/ou com correnteza forte, aconselha-se o uso de colete salva-vidas.

Figura 3 - Procedimento de coleta de amostras de algas diatomáceas epilíticas



Legenda: (A) Raspagem do substrato (rocha) para a retirada de algas diatomáceas. (B) Lavagem do substrato (rocha) com água destilada. (C e D) Recolhimento e armazenamento da amostra em frasco de coleta. (E) Frasco contendo amostra de algas diatomáceas epilíticas.



Figura 4 - Procedimento de fixação das amostras



Legenda: (A) Frascos contendo amostras coletadas e devidamente etiquetadas. (B) Solução de formol 4% (v/v). (C) Fixação das amostras adicionando-se 1 mL de solução de formol 4% (v/v).

3.3 Materiais e equipamentos para o tratamento das amostras

- * Centrífuga
- * Tubos de ensaio pequenos (tamanho sugerido 16 x 100 mm)
- * Tubos de ensaio grandes (tamanho sugerido 18 x 150 mm)
- * Pipetas graduada de 10 mL
- * Pisseta com água destilada
- * Becker de 500 mL
- * Ácido sulfúrico P.A. (H_2SO_4)
- * Ácido clorídrico P.A. (HCl)
- * Dicromato de potássio P.A. ($K_2Cr_2O_2$)
- * Bastão de vidro
- * Cacos de porcelana
- * Capela de exaustão
- * Luvas de proteção
- * Máscara de proteção
- * Frascos de vidro de 10 mL com tampa

3.3.1 Procedimentos para o tratamento das amostras de diatomáceas

O tratamento das amostras serve para oxidar toda a matéria orgânica presente nos espécimes coletados, restando apenas a frústula de sílica das diatomáceas, no intuito de facilitar a identificação das espécies no microscópio.



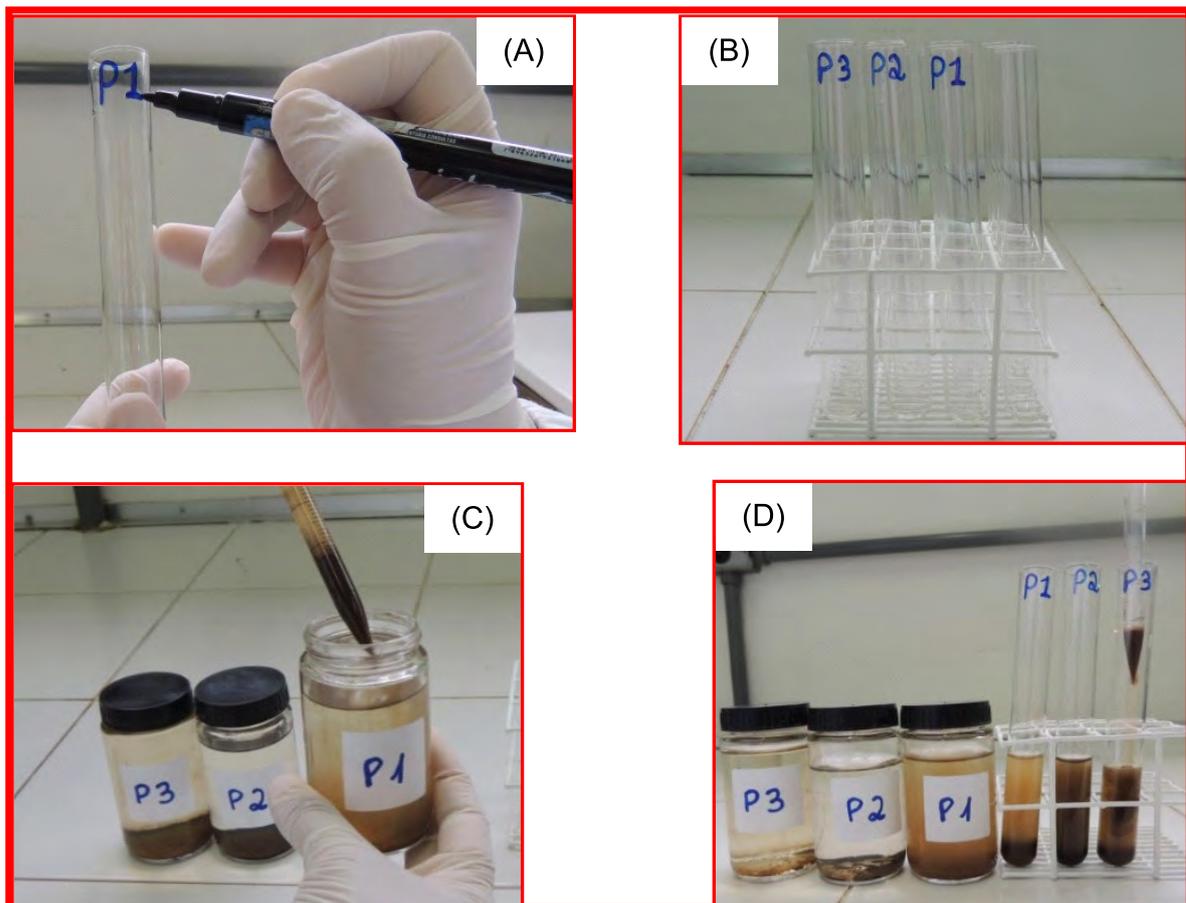
1ª Etapa

Primeiramente, fazer a identificação dos tubos de ensaio grandes. Encher uma pipeta com 10 mL de amostra, retirando o sedimento e colocando-o no respectivo tubo de ensaio (Figura 5).

Acrescentar a amostra 6 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) no tubo de ensaio, encostando a ponta da pipeta na parede do tubo para que o ácido deslize devagar sobre a amostra. Colocar os tubos de ensaios para ferver em banho-maria por 60-90 minutos, após desligar o fogo e deixar esfriar. Adicione cacos de porcelana como reguladores de ebulição para reduzir o risco de quebra dos tubos de ensaio (Figura 6).

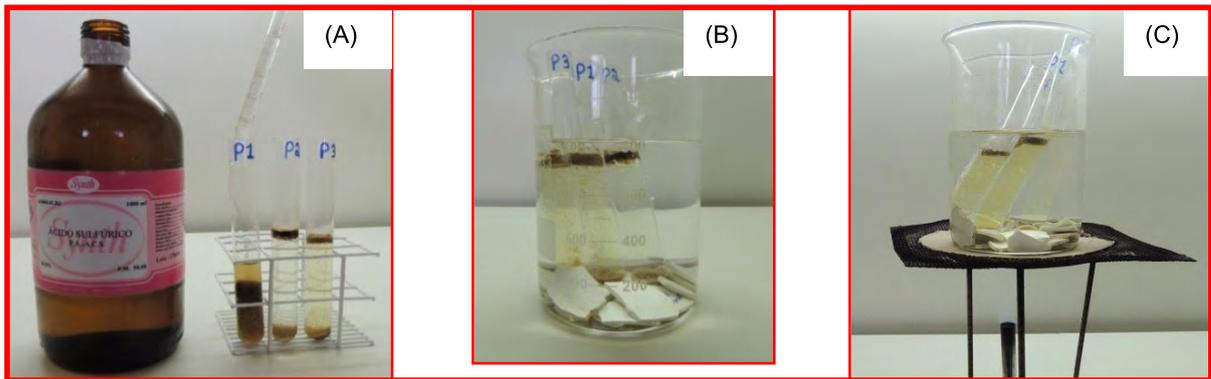
Observação: Durante a manipulação do ácido sulfúrico utilizar luvas e máscara de proteção, a fim de evitar queimaduras e inalação do mesmo. Realizar o procedimento de fervura na capela com a exaustão ligada.

Figura 5 - Procedimento de identificação e distribuição das amostras



Legenda: (A) Identificação dos tubos de ensaio. (B) Tubos devidamente identificados. (C) Retirada do sedimento com auxílio de uma pipeta. (D) Disposição do sedimento nos respectivos tubos de ensaio.



Figura 6 - Procedimento de tratamento das amostras com ácido sulfúrico

Legenda: (A) Adição de ácido sulfúrico nos tubos de ensaio. (B) Amostras em Becker contendo cacos de porcelana e água acima da altura do sedimento para posterior fervura. (C) Fervura das amostras na capela de exaustão.

2ª Etapa

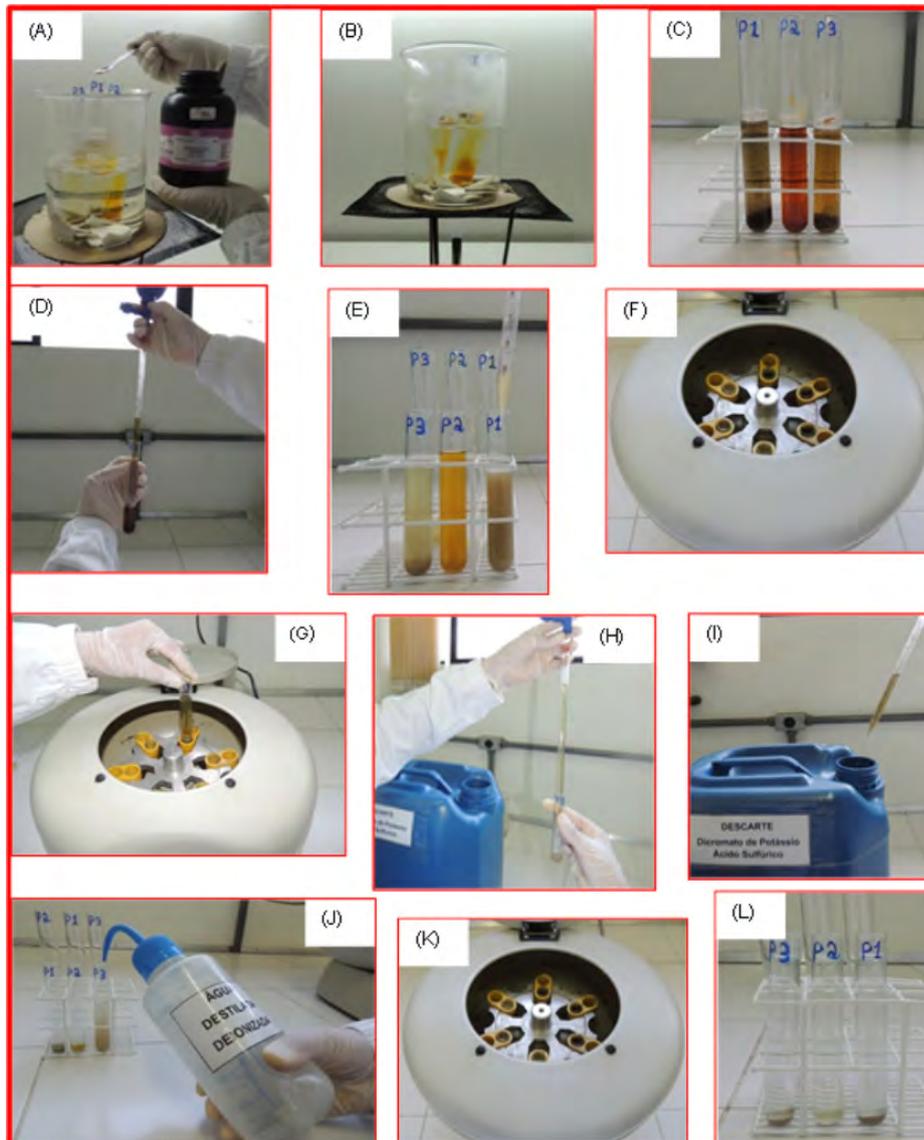
Após, com os tubos de ensaio ainda dentro do frasco de Becker com água, acrescentar 0,8 g de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_2$) em cada tubo. Ferver novamente por 30-60 minutos em capela com exaustão ligada. Após desligar o fogo e aguardar 24 horas para continuar o tratamento.

No dia seguinte, colocar as amostras em tubos de ensaio menores devidamente identificados, nivelando a quantidade de amostra de forma igual em todos os tubos (se a amostra estiver sólida, fragmentar com um bastão de vidro). Dispor os tubos na centrífuga e centrifugar as amostras por 2 minutos a 3.000 rpm (rotações por minuto) para separar o dicromato de potássio e o ácido sulfúrico.

Tirar as amostras da centrífuga e retirar o sobrenadante de cada um dos tubos com uma pipeta sem tocar no sedimento ao fundo. Este sobrenadante não pode ser descartado na pia (uma vez que se caracteriza como efluente), e deve ser colocado em um frasco próprio para descarte corretamente identificado. Em seguida, encher cada um dos tubos novamente com água destilada, mexendo a amostra, com o objetivo de retirar todo o dicromato de potássio e o ácido sulfúrico da mesma. Levantar os tubos novamente para a centrífuga por 2 minutos a 3.000 rpm. Repetir a operação até que a água fique transparente (Figura 7).



Figura 7 - Procedimento de tratamento das amostras com dicromato de potássio e ácido sulfúrico



Legenda: (A) Adição de dicromato de potássio nas amostras. (B) Fervura das amostras em capela de exaustão. (C) Amostras após fervura. (D) Retirada do sedimento. (E) Transferência do sedimento para os tubos pequenos. (F) Disposição das amostras na centrífuga. (G) Retirada das amostras após centrifugação. (H, I) Retirada e descarte da água contendo dicromato de potássio e ácido sulfúrico. (J) Adição de água destilada nas amostras. (K) Disposição das amostras novamente para centrifugação e repetição das etapas (H, I, J, K) até que a água se torne transparente. (L) Tubos contendo amostras com água transparente demonstrando a total retirada do dicromato de potássio e ácido sulfúrico.



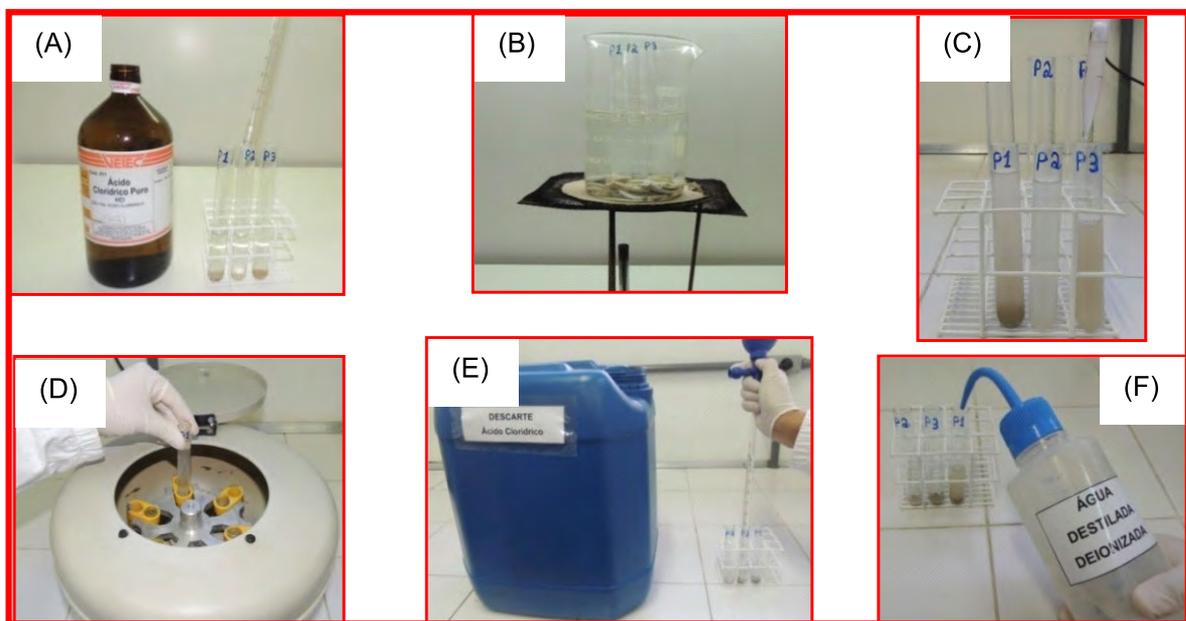
3ª Etapa

Passar 10 mL de cada amostra para os tubos grandes identificados e novamente colocá-los no frasco de Becker com água. Dentro da capela com a exaustão ligada e com luvas, acrescentar 2 mL de ácido clorídrico (HCl) em cada tubo, e levar o frasco de Becker ao fogo por 30 minutos. Desligar o fogo e esperar esfriar.

Colocar as amostras novamente nos tubos menores identificados e dispor na centrífuga corretamente (equilibrando pesos), todos com o mesmo volume de amostra. Centrifugar 2 minutos a 3.000 rpm. Novamente, retirar o sobrenadante de cada um dos tubos com uma pipeta sem tocar no sedimento ao fundo e colocar em recipiente próprio para descarte corretamente identificado. Em seguida, encher novamente cada um dos tubos com água destilada, mexendo a amostra, com o objetivo de retirar todo o ácido clorídrico da mesma. Repetir esta operação seis vezes (Figura 8). Após estes procedimentos, as amostras estão prontas e devem ser armazenadas em frascos de vidro com a devida identificação (Figura 9).

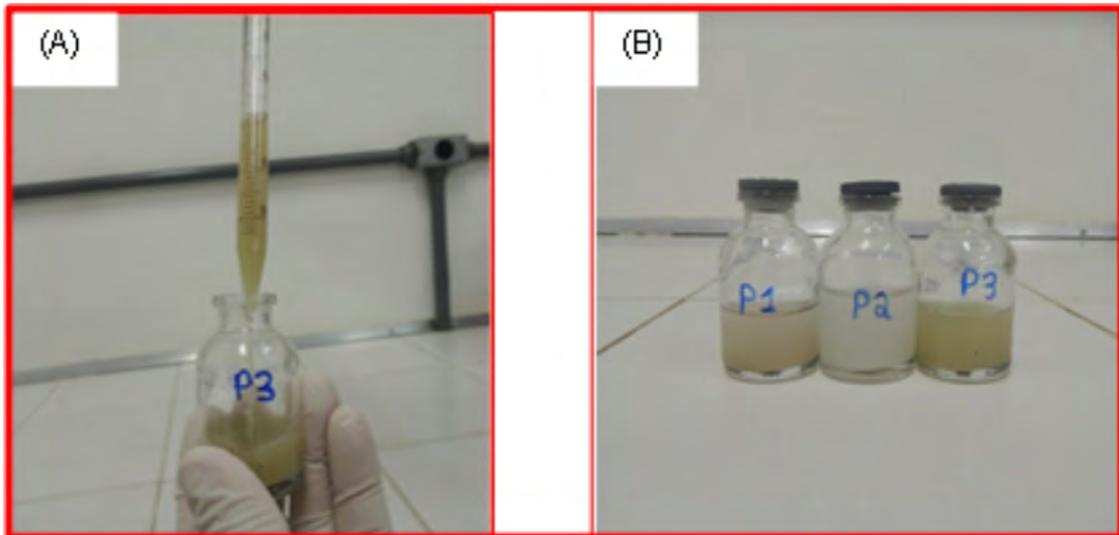
Observação: Durante a manipulação do ácido clorídrico utilizar luvas e máscara de proteção, a fim de evitar queimaduras e inalação do mesmo. Realizar o procedimento de fervura na capela com a exaustão ligada.

Figura 8 - Procedimento de tratamento das amostras com ácido clorídrico



Legenda: (A) Adição de ácido clorídrico nas amostras. (B) Fervura das amostras em capela de exaustão. (C) Transferência das amostras para os tubos de ensaio pequenos após a fervura. (D) Disposição das amostras para centrifugação. (E) Retirada e descarte da água contendo ácido clorídrico. (F) Preenchimento dos tubos de ensaio com água destilada e repetição da operação (D, E, F) por seis vezes, para retirada total do ácido clorídrico.



Figura 9 - Procedimento de armazenagem das amostras

Legenda: (A) Transferência das amostras tratadas para armazenagem em frascos de vidro de 10 mL com tampa. (B) Amostras armazenadas em frascos de vidro com a identificação do ponto de amostragem.

3.4 Materiais e equipamentos para preparação de lâminas permanentes de diatomáceas

- *Lâmina para microscópio (26 x 76 mm)
- * Lamínula para microscópio (22 x 22 mm)
- * Pipeta graduada de 10 mL
- * Água destilada
- * Álcool etílico P.A.
- * Meio de montagem (Naphrax ou Pleurax)
- * Pinça metálica
- * Chapa de aquecimento
- * Pesos de chumbo

3.4.1 Procedimentos para a preparação de lâminas permanentes de diatomáceas

Para a obtenção de lâminas permanentes de boa qualidade, as mesmas devem ter uma densidade de células que permita a sua identificação e contagem, ou seja, não deve haver células sobrepostas. Dessa forma, caso seja observado uma alta densidade de células na amostra tratada, que nesses casos apresentará um aspecto turvo ou leitoso, deve-se diluir a mesma com água destilada.

Inicialmente, agitar os frascos de vidro com as amostras para que estas fiquem homogêneas. Em uma chapa aquecida a 50 °C colocar uma lamínula. Com uma pipeta, transferir 2-3 gotas de amostra à lamínula.



Com auxílio de outra pipeta, completar a lamínula pingando água destilada até preencher toda a superfície desta. Se a amostra não ficar bem distribuída sobre a lamínula, pingar algumas gotas de álcool 70% (antes de secar totalmente). A alta temperatura da chapa fará a água ferver e evaporar. Esperar alguns minutos até a lamínula secar completamente.

A seguir, pingar uma gota de meio de montagem (havendo várias marcas disponíveis no mercado) sobre uma lâmina (no centro desta). Com o auxílio de uma pinça, colocar a lamínula sobre a lâmina com a face que contém as diatomáceas em contato com o meio de montagem. Colocar a lâmina sobre a chapa quente para que evapore o álcool do meio de montagem (utilizar máscara). Aguardar até que as bolhas de ar tornem-se menos frequentes.

Retirar a lâmina da chapa quente e imediatamente, com o auxílio da pinça, pressionar a lamínula sobre a lâmina para evitar a formação de bolhas de ar. Colocar pesinhos de chumbo sobre a lamínula até que seque totalmente, dois dias aproximadamente (Figura 10).

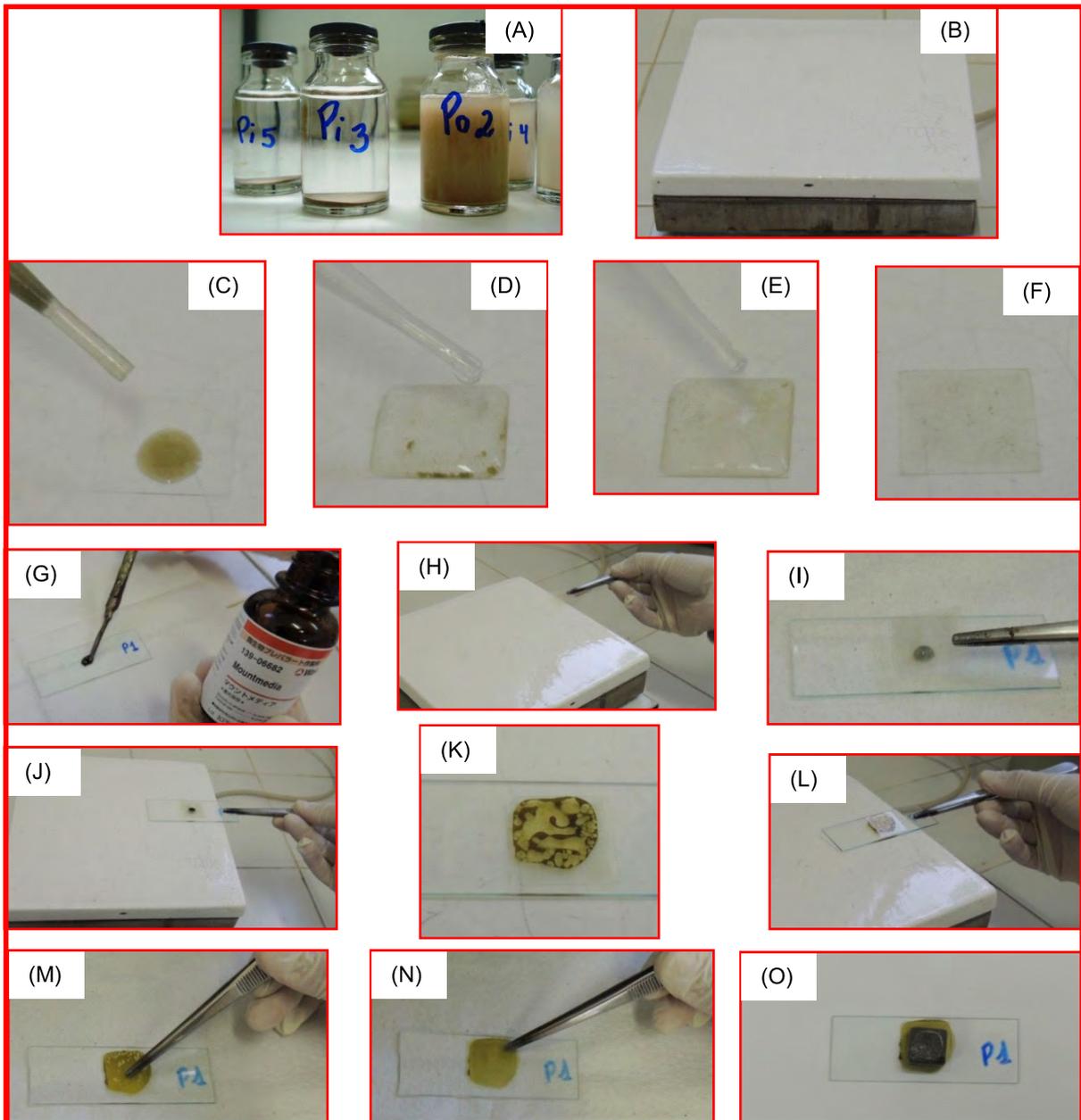
As lâminas permanentes devem estar devidamente registradas, utilizando uma etiqueta com as informações listadas a seguir, e coladas no lado direito da mesma (Figura 11). Os frascos que contêm as amostras tratadas devem também ter seu registro devidamente etiquetado.

- *Instituição
- * Data de coleta
- * Local de amostragem
- * Código da amostra/ponto de coleta
- * Nome do técnico que efetuou a coleta das amostras
- * Nome do técnico que preparou as amostras e as lâminas permanentes

Finalmente, acondicionar as lâminas permanentes em caixas de armazenamento específicas para lâminas para que estejam disponíveis para futuras observações. Já as suspensões com as amostras limpas devem ser guardadas em herbário diatomológico, em pequenos frascos de vidro, de tal forma que, se for necessário, possibilitem preparar novas lâminas para observação (Figura 11).



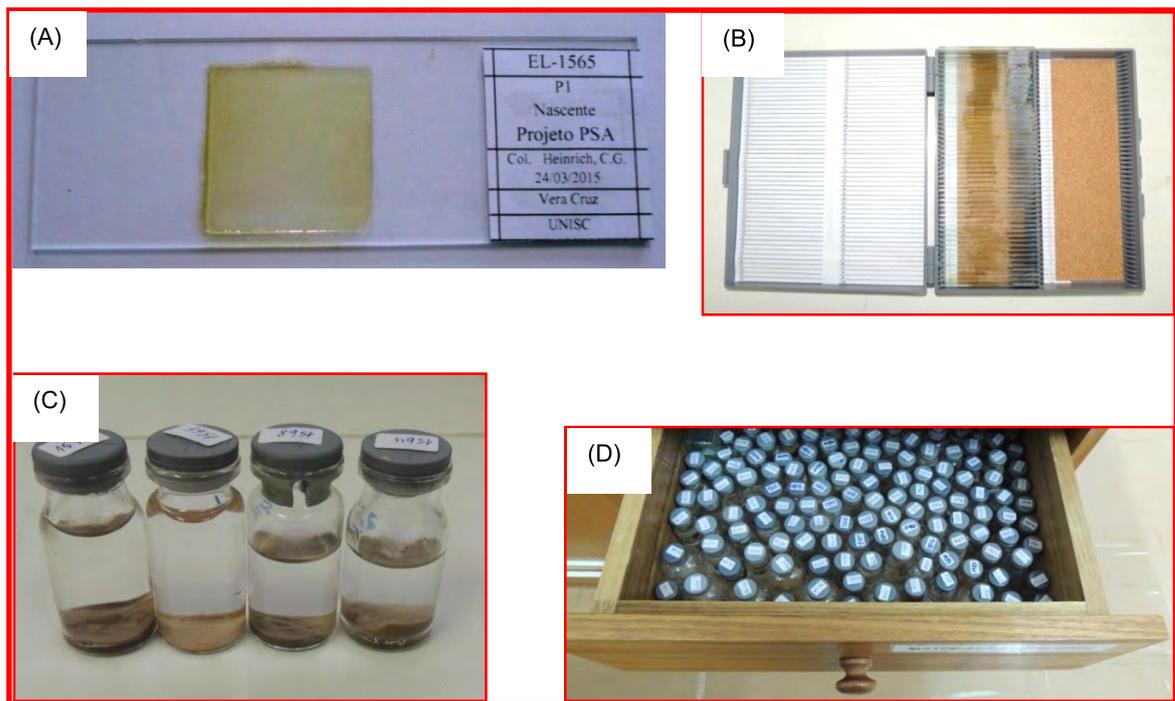
Figura 10 - Procedimento de confecção da lâmina permanente



Legenda: (A) Agitação da amostra contida no frasco de vidro para homogeneização. (B) Chapa de aquecimento ligada a 50 °C. (C) Gotejamento da amostra sobre a lamínula. (D) Preenchimento da lamínula com água destilada. (E) Distribuição da amostra de forma homogênea. (F) Amostra sobre a lamínula totalmente seca. (G) Disposição de meio de montagem sobre a lâmina. (H) Retirada da lamínula da chapa de aquecimento. (I) Disposição da lamínula sobre a lâmina com a face que contém as diatomáceas em contato com o meio de montagem. (J) Disposição da lâmina sobre a chapa de aquecimento. (K) Formação de bolhas pela evaporação do meio de montagem. (L) Retirada da lâmina da chapa aquecimento. (M) Pressionamento da lamínula sobre a lâmina. (N) Lamínula sem a presença de bolhas de ar. (O) Disposição de pesos de chumbo sobre a lamínula.



Figura 11 - Procedimento de armazenagem das lâminas permanentes e das amostras tratadas



Legenda: (A) Lâmina permanente devidamente identificada. (B) Caixa de armazenagem das lâminas. (C) Frascos identificados. (D) Frascos estocados.

3.5 Materiais e equipamentos para observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem de valvas

* Microscópio óptico equipado com objetiva de imersão (100X), contraste fase, ocular com escala micrométrica.

* Máquina fotográfica digital para registrar as espécies de diatomáceas.

* Óleo de imersão.

* Ficha do laboratório para registrar as espécies identificadas e as respectivas contagens, conforme modelo em anexo.

* Guias de identificação e bibliografias especializadas para identificação taxonômica das espécies de diatomáceas.

3.5.1 Observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem de valvas

Colocar a lâmina no microscópio e adicionar uma gota de óleo de imersão sobre a lamínula. Utilizar a objetiva de 100x para identificação das espécies de diatomáceas,



sendo conveniente que o microscópio possua contraste de fase e uma ocular com escala micrométrica para medir as espécies e realizar uma correta identificação (Figura 12).

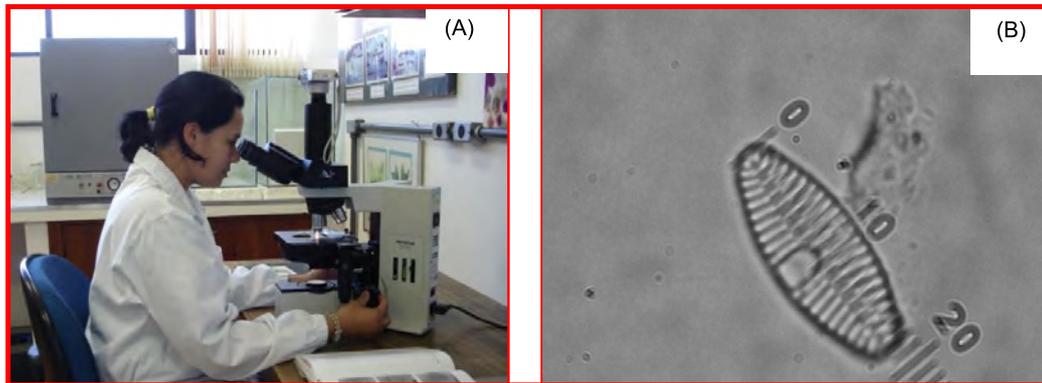
Antes da contagem, selecionar campos de visão aleatórios para identificação dos indivíduos presentes, preferencialmente até ao nível de espécie (ou variedade), visando elaborar uma lista dos táxons que ocorrem na amostra e ter uma visão geral da abundância relativa das algas. A etapa da identificação utiliza bibliografia específica, como Metzeltin e Lange-Bertalot (1998, 2007), Rumrich *et al.* (2000), Metzeltin e García-Rodríguez (2003), Metzeltin *et al.* (2005), Bes *et al.* (2012) e Lobo *et al.* (2014). Estas referências são recomendadas para estudos em corpos d'água na América Latina.

A contagem será feita sobre um transecto linear disposto no meio da lamínula, iniciando na margem esquerda em relação à etiqueta de identificação, em direção à margem direita, contando todos os indivíduos que aparecem no mesmo (Figura 13). Vale lembrar que uma frústula é composta por duas valvas, ou seja, duas unidades de contagem. Uma vez concluído o transecto linear, e não tendo havido o registro de 600 valvas, dispor a ocular um campo de visão abaixo na margem direita e iniciar um novo transecto linear em direção à margem esquerda. Repetir esta operação sucessivamente, tanto na margem direita quanto na esquerda, até que no mínimo 600 valvas sejam registradas (Figura 13), conforme técnica descrita em Kobayasi e Mayama (1982). Ter o cuidado para que não ocorra a contagem de campos em duplicata. Excluir das contagens todos os indivíduos que não estiverem inteiros e em vista pleural (Figura 14), vista na qual se observa o cingulo da frústula, vista lateral da frústula (LUDWIG; TREMARIN, 2013), a fim de eliminar erros de identificação. Registrar as informações referentes ao local de amostragem na ficha do laboratório, assim como os dados de identificação e quantificação das diatomáceas.

Observação: Caso ocorram dúvidas ou se não conseguir identificar uma determinada espécie, recomenda-se a obtenção de fotografias, imagens digitais ou desenhos detalhados. Descrever o táxon especificando forma e dimensões, número de estrias e detalhes da finalização da rafe. Ainda, realizar a marcação da localização da espécie na lâmina, para futuras visualizações se necessário. O esclarecimento das dúvidas de identificação deve ser feito com especialistas na área da taxonomia de diatomáceas.



Figura 12 - Identificação das algas diatomáceas coletadas



Legenda: (A) Observação das lâminas com auxílio de microscópio óptico utilizando óleo de imersão e objetiva de 100x. (B) Observação da microalga *Planothidium bagualense* C. E. Wetzel & Ector.

Figura 13 - Ilustração de contagem utilizando transecto linear

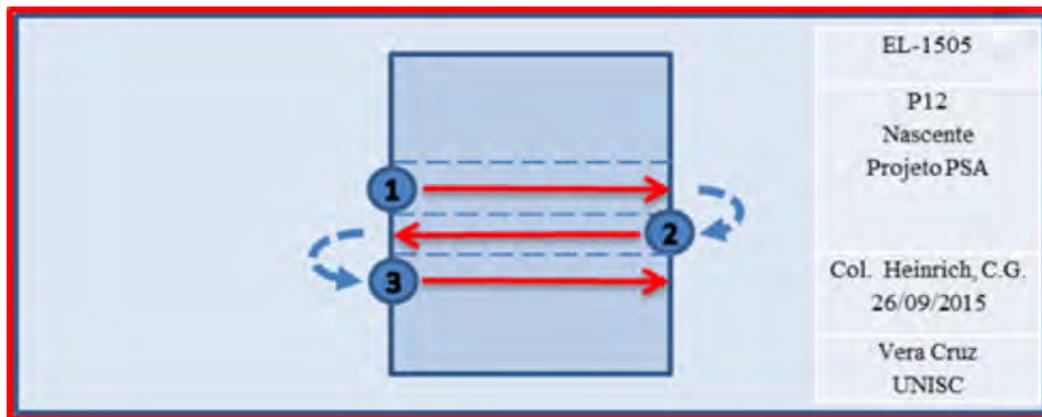
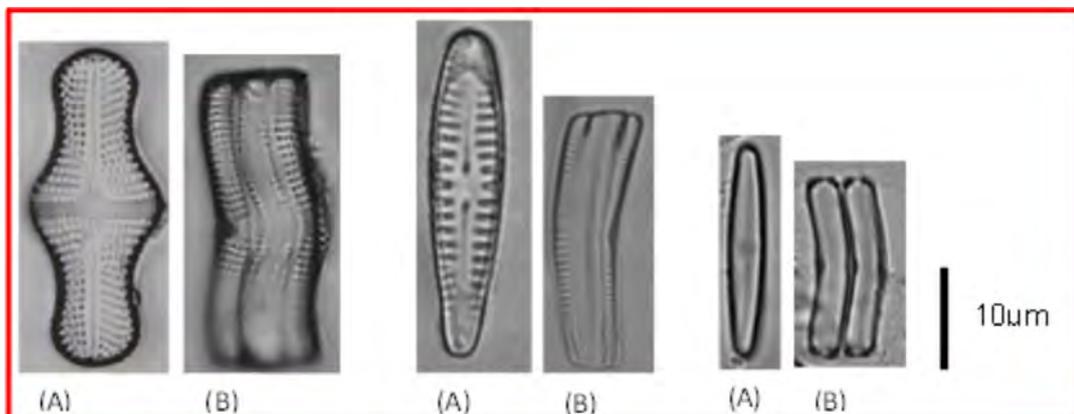


Figura 14 - Fotomicrografias de espécies de algas diatomáceas apresentando vista valvar e vista pleural, respectivamente



Legenda: *Achnanthes inflata* vista valvar (A) vista pleural (B); *Rhoicosphenia abbreviata* vista valvar (A) vista pleural (B); *Achnantheidium minutissimum* vista valvar (A) vista pleural (B).

4 ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA)

A seguir, apresenta-se um resumo dos procedimentos utilizados para a formulação do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), proposto por Lobo *et al.* (2015), para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros, usando a comunidade de algas diatomáceas epilíticas. Para a realização desta pesquisa, amostras de diatomáceas e amostras de água para determinação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foram coletadas semestralmente no ano de 2005 nos meses de fevereiro e agosto, e trimestralmente de novembro de 2006 a fevereiro de 2009 em excursões científicas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS. Ainda, coletas trimestrais de diatomáceas epilíticas e mensais de amostras da água foram realizadas em nascentes da Bacia Hidrográfica do Arroio Andréas, RS, durante os meses de março de 2012 a março de 2013.

Ao todo, 17 estações de amostragem foram distribuídas ao longo destes corpos d'água, para medição das seguintes variáveis físicas, químicas e microbiológicas: temperatura da água, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio após cinco dias, nitrato, nitrogênio amoniacal, fosfato, condutividade, sólidos totais dissolvidos e coliformes termotolerantes. Simultaneamente às coletas de água para a avaliação da qualidade da mesma, coletas de algas diatomáceas epilíticas foram feitas para identificação e contagem dos indivíduos, seguindo as recomendações de Kobayasi e Mayama (1982). O material foi oxidado com ácido sulfúrico e ácido clorídrico e montado em lâminas permanentes utilizando Pleurax como meio de montagem. Todos os organismos encontrados sobre a lâmina permanente foram identificados e contados até que no mínimo 600 valvas, fossem registradas, utilizando um microscópio Olympus BX-40. Para a identificação das espécies de diatomáceas, foram consultadas as obras taxonômicas listadas no ponto 2.5.1 deste guia (Observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem). As espécies abundantes (quantitativamente importantes) foram selecionadas seguindo o critério de Lobo e Leighton (1986). As lâminas permanentes de diatomáceas foram depositadas no Herbário DIAT-UNISC localizado no Laboratório de Hidrobiologia da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

A partir dos dados biológicos, elaborou-se o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), tendo como base a análise da comunidade de diatomáceas em relação aos fatores ambientais, que foi realizada através de análises multivariadas dos dados em duas formas distintas. Primeiro, as espécies abundantes e as estações de amostragem foram analisadas através da Análise de Cluster baseada no método de Ward (1963), a fim de classificar as estações de amostragem em distintos grupos, de acordo com a similaridade quantitativa das espécies encontradas em cada ponto de amostragem. Segundo, Análise de Correspondência Canônica (ACC), uma análise multivariada direta de gradientes, desenvolvida por Ter Braak (1986), foi aplicada



para revelar os principais gradientes das mudanças na composição de espécies, relacionando-as com os processos de eutrofização, no intuito de identificar quais foram as variáveis ambientais que melhor explicaram a distribuição das diatomáceas nos pontos de amostragem.

Ao todo foram realizadas 17 excursões científicas, totalizando 140 amostras biológicas e 211 amostras abióticas. Os resultados indicaram 405 espécies pertencentes a 62 gêneros, 133 espécies foram consideradas abundantes e destas 70 participaram da elaboração do índice.

A análise de correspondência canônica (ACC) revelou 59,6% da variabilidade total dos dados em seus três primeiros eixos, assim o teste Monte Carlo de permutação revelou que a ordenação dos eixos 1, 2 e 3 foi estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Os resultados indicaram que o ordenamento principal das estações de amostragem em relação às variáveis ambientais foi verificado ao longo do eixo 2 da ACC com 16,4% de variância explicada. Os coeficientes canônicos revelaram que fósforo total ($r = -0,315$) e turbidez ($r = -0,370$) foram as variáveis ambientais mais importantes para a ordenação, estando fortemente correlacionadas com seu quadrante negativo. Coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido também foram variáveis significativas na ordenação, todas caracterizando processos de eutrofização.

A partir dos resultados obtidos, e tendo como critério operacional o gradiente ambiental de eutrofização ao longo do eixo 2, foram determinados os distintos graus de tolerância à eutrofização das espécies abundantes de diatomáceas epilíticas, atribuindo valores tróficos iguais a 1, 2, 5 e 4, correspondentes a níveis de tolerância à eutrofização definidos como baixo, médio e alto, respectivamente. Utilizando estes valores tróficos para cada uma das espécies de diatomáceas, calcula-se o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), adaptado da fórmula de Pantle e Buck (1955):

$$TWQI = \frac{\sum (vt \cdot h)}{\sum h},$$

Onde vt é o valor trófico das espécies e h o percentual de ocorrência (abundância) de cada uma das espécies na amostra. O valor do ITQA varia de 1 a 4 nos ambientes aquáticos, conforme mostra a Tabela 2. A fim de calcular o ITQA para uma determinada estação e data, um valor trófico " vt " = 1 é atribuído para as espécies que não estão incluídos na lista de diatomáceas da Tabela 3. O índice incorpora um total de 70 táxons, sendo que 16 espécies apresentam baixa tolerância a eutrofização, 28 espécies média tolerância e 26 espécies alta tolerância.



Tabela 2 - Relação entre o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), e a qualidade da água

ITQA	Níveis de poluição
1,0 - 1,5	Oligotrófico (poluição desprezível)
1,5 - 2,5	β -mesotrófico (poluição moderada)
2,5 - 3,5	α -mesotrófico (poluição forte)
3,5 - 4,0	Eutrófico (poluição excessiva)

Tabela 3 - Espécies de diatomáceas e seus distintos graus de tolerância à eutrofização (“vt” = valor trófico). Fotomicrografias das espécies que compõem o ITQA apresentam-se no Anexo 2

Espécies	Prancha	“vt”
<i>Achnanthes paraexigua</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1	1.0
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	1	1.0
<i>Achnantheidium exiguum</i> var. <i>constrictum</i> (Grunow) N.A. Andresen, Stoermer & Kreis	1	2.5
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	1.0
<i>Adlafia drouetiana</i> (R.M. Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot	1	2.5
<i>Adlafia muscora</i> (Kocielek & Reviere) Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	1	1.0
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	1	1.0
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	2	4.0
<i>Brachysira neoexilis</i> Lange-Bertalot	2	1.0
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	2	2.5
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i> F. Meister	2	2.5
<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Mayama	2	4.0
<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E. Wetzel & Ector	2	4.0
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	3	4.0
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	3	4.0
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	3	1.0
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	3	1.0
<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	3	4.0
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	3	2.5
<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer	3	2.5
<i>Encyonema</i> aff. <i>perpusillum</i> (Cleve-Euler) D.G. Mann	3	2.5
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	3	2.5
<i>Fallacia meridionalis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	4	4.0
<i>Fallacia monoculata</i> (Hustedt) D.G. Mann	4	4.0
<i>Frustulia guayanensis</i> ssp. <i>ecuadoriana</i> Lange-Bertalot & Rumrich	4	4.0
<i>Geissleria punctifera</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	4	2.5
<i>Gomphonema brasiliensoides</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	4	2.5
<i>Gomphonema graciloides</i> Hustedt	4	1.0
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	4	2.5



Tabela 3 - Continuação.

<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	4	2.5
Espécies	Prancha	“vt”
<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	5	2.5
<i>Gomphonema bourbonense</i> E. Reichardt	5	2.5
<i>Gyrosigma kuetzingii</i> (Grunow) Cleve	5	4.0
<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivant & Wormley) C.S. Boyer	5	4.0
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	6	4.0
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) R.L. Lowe <i>et al.</i>	6	2.5
<i>Humidophila lacunosa</i> (Gerd Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin) R.L. Lowe <i>et al.</i>	6	2.5
<i>Humidophila subtropica</i> (Metz., Lange-Bert. & García-Rodríguez) R.L. Lowe <i>et al.</i>	6	1.0
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G. Mann	6	4.0
<i>Luticola simplex</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	6	4.0
<i>Mayamaea agrestis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	6	4.0
<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) Bruder & Medlin	6	4.0
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	6	2.5
<i>Navicula cruxmeridionalis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	6	4.0
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	6	2.5
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	7	2.5
<i>Navicula germainii</i> J.H. Wallace	7	2.5
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	7	4.0
<i>Navicula lohmannii</i> Lange-Bertalot & Rumrich	7	1.0
<i>Navicula notha</i> J.H. Wallace	7	2.5
<i>Navicula rostellata</i> Kützing	7	4.0
<i>Navicula symmetrica</i> R.M. Patrick	7	4.0
<i>Navicula vandamii</i> Schoeman & R.E.M. Archibald	7	2.5
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	8	2.5
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	8	4.0
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	8	1.0
<i>Nitzschia linearis</i> (C. Agardh) W. Smith	8	4.0
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	8	4.0
<i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt	8	2.5
<i>Nupela pardinhoensis</i> Bes, Torgan & Ector in Bes <i>et al.</i>	8	1.0
<i>Nupela wellneri</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot in Rumrich <i>et al.</i>	8	1.0
<i>Planothidium bagualense</i> C.E. Wetzel & Ector	9	2.5
<i>Planothidium incuriatum</i> C.E. Wetzel, Van de Vijver & Ector	9	2.5
<i>Platessa hustedtii</i> (Krasske) Lange-Bertalot	9	1.0
<i>Sellaphora auldreekie</i> D.G. Mann & S. M. McDonald in Mann <i>et al.</i>	9	4.0
<i>Sellaphora pseudoarvensis</i> (Hustedt) C.E. Wetzel & Ector in Wetzel <i>et al.</i>	9	4.0
<i>Sellaphora nigri</i> (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector in Wetzel <i>et al.</i>	9	2.5
<i>Sellaphora saugerresii</i> (Desmazières) C.E. Wetzel & D.G. Mann in Wetzel <i>et al.</i>	9	2.5
<i>Surirella bouillonii</i> Bes, Ector & Torgan in Bes <i>et al.</i>	9	4.0
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	9	1.0



5 APLICAÇÃO DO ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA) EM NASCENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO ANDRÉAS, RS, BRASIL

5.1 Área de estudo

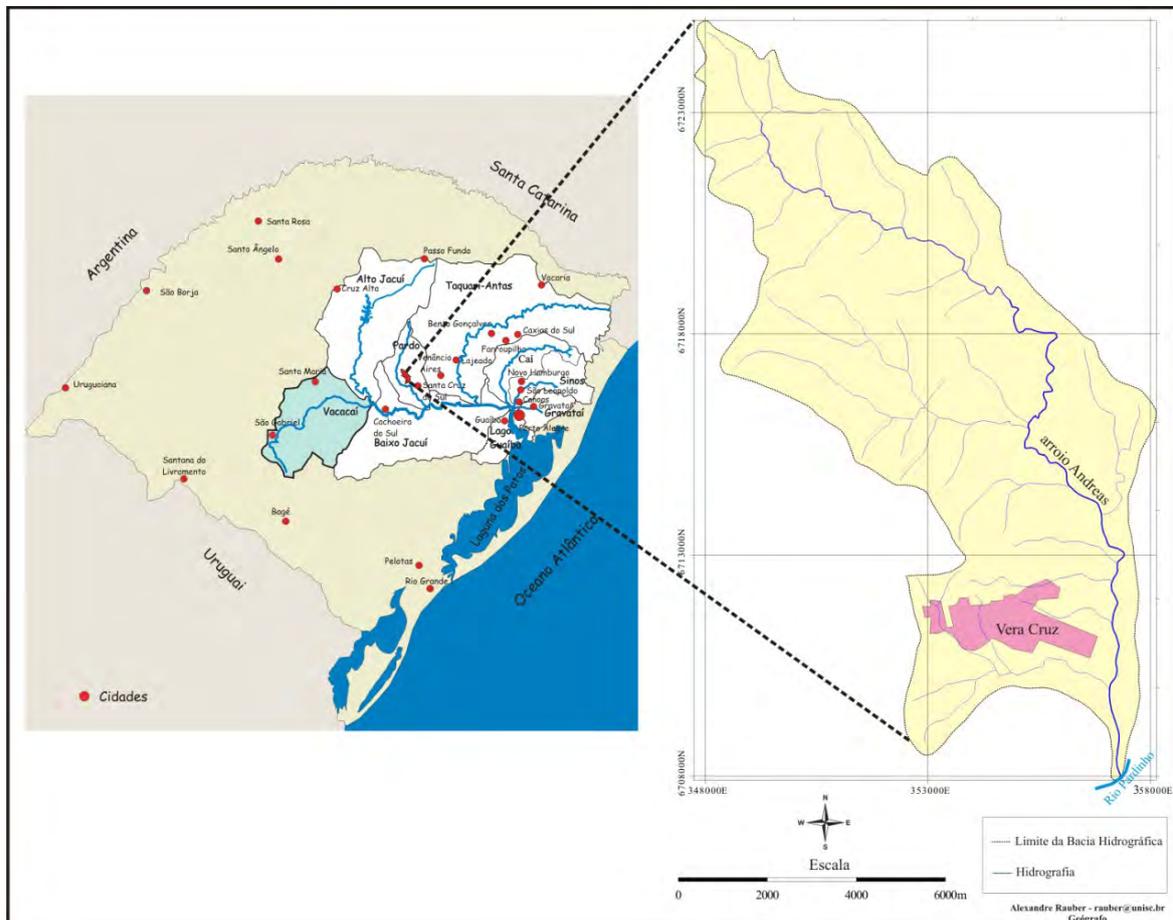
A Bacia do Arroio Andréas, RS, tem fundamental importância como manancial para o abastecimento de água da cidade de Vera Cruz (Figura 15). O relevo apresenta variações e as altitudes do terreno oscilam entre 500 e 100 m. O uso do solo é caracterizado pela agricultura, inclusive com a presença de arroz irrigado. Abrange uma área de 80,2 km² com uma extensão de 21 km, apresentando uma Área de Preservação Permanente (APP) de 127,2 hectares ao longo do Arroio Andréas. Além disso, conta com uma população urbana de 11.183 habitantes e uma população rural de 2.964 habitantes (IBGE, 2010). A localização dos pontos de amostragem apresenta-se na Figura 16, e em destaque encontram-se as nascentes selecionadas para a coleta de algas diatomáceas epilíticas devido a melhor acessibilidade às rochas.

5.2 Amostragem e análise dos dados

Entre os meses de agosto de 2014 e julho de 2015, foram realizadas quatro excursões científicas sazonais a nascentes localizadas na Bacia do Arroio Andréas, município de Vera Cruz, RS, para a coleta de algas diatomáceas epilíticas. Das 20 nascentes monitoradas nesta bacia, somente sete foram selecionadas para a coleta de algas diatomáceas epilíticas, devido a melhor acessibilidade às rochas necessárias para a coleta, sendo considerados os pontos P1, P3, P5, P10, P11, P12, P15 (Figura 17). Após a coleta, deu-se início ao trabalho de limpeza das amostras e preparação das lâminas permanentes, assim como a identificação e contagem das mesmas, para posterior aplicação do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA).



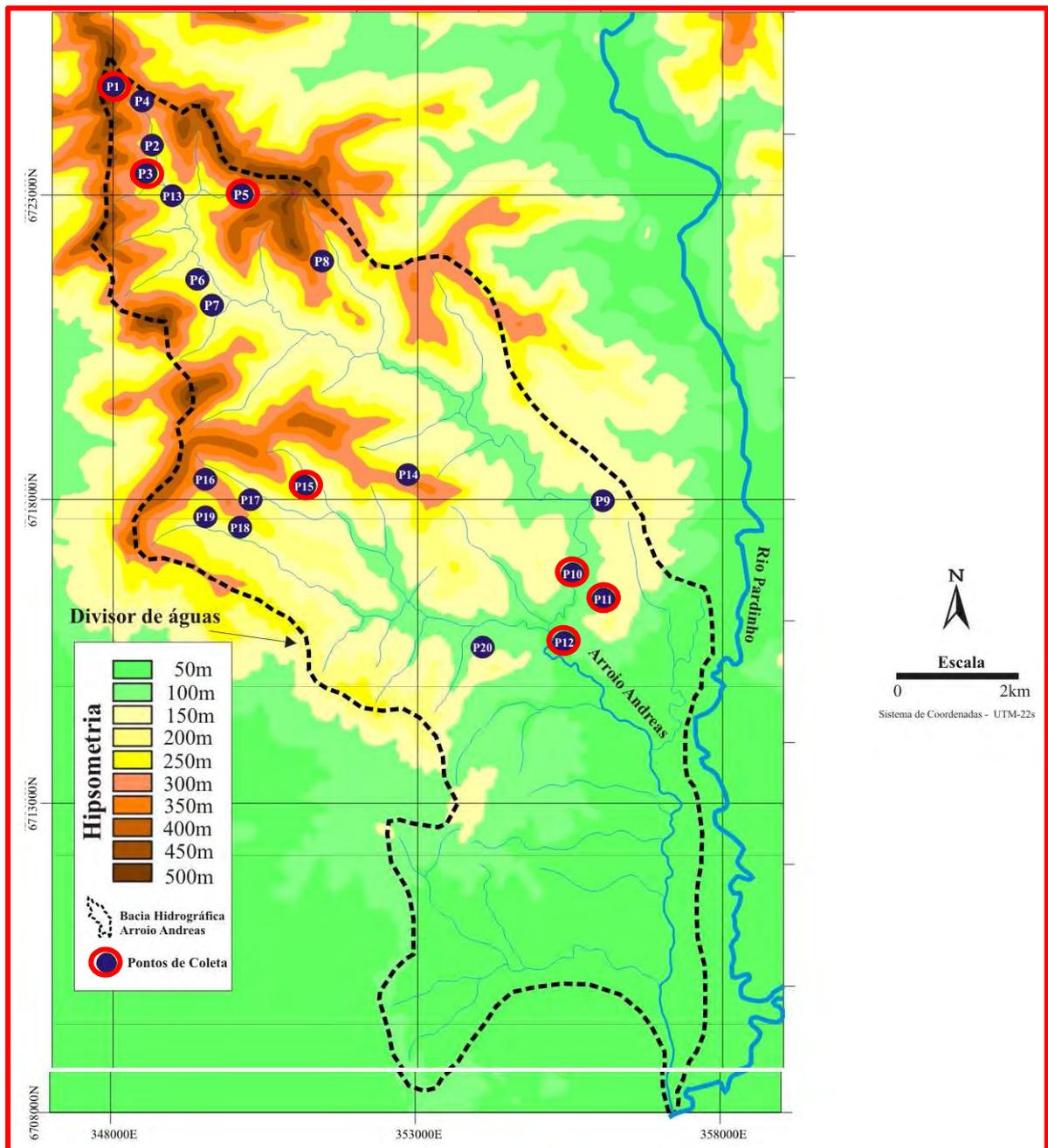
Figura 15 - Mapa da área de estudo mostrando a localização da Bacia do arroio Andréas, em relação ao Estado do Rio Grande do Sul



Para as análises qualitativas e quantitativas, as amostras de algas diatomáceas epilíticas foram raspadas de pedras de 10 a 20 cm de diâmetro e fixadas com solução de formol 4% (v/v), seguindo a técnica descrita em Kobayasi e Mayama (1982). O material foi oxidado com ácido sulfúrico e ácido clorídrico, e as lâminas permanentes foram montadas utilizando Pleurax como meio de montagem. Para estimar a abundância relativa das espécies, todos os organismos encontrados sobre a lâmina permanente foram identificados e contados até que 600 valvas, como mínimo, fossem registradas, utilizando um microscópio Olympus BX-40. Para a identificação das espécies de diatomáceas, foram consultadas as obras taxonômicas listadas no ponto 2.5.1 deste guia (Observação dos indivíduos no microscópio óptico, identificação taxonômica e contagem). As espécies abundantes foram selecionadas seguindo o critério de Lobo e Leighton (1986). As lâminas permanentes de diatomáceas foram depositadas no Herbário DIAT-UNISC localizado no Laboratório de Hidrobiologia da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.



Figura 16 - Localização das nascentes na Bacia do Arroio Andréas, município de Vera Cruz, RS, Brasil



Após a identificação e quantificação das espécies de algas diatomáceas epilíticas, a avaliação da qualidade da água dos pontos de amostragem foi feita aplicando o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), tendo como base a classificação de diatomáceas para rios sul-brasileiros proposto por Lobo *et al.* (2015).

Figura 17 - Pontos de coleta ao longo da Bacia do Arroio Andréas, município de Vera Cruz, RS, Brasil



5.3 Resultados e discussão

As quatro excursões científicas realizadas à Bacia do Arroio Andréas, município de Vera Cruz, RS, para a coleta de algas diatomáceas totalizaram um número de 28 amostras. Com relação à composição biológica, foram identificados 220 táxons em níveis genéricos, específicos e interespecíficos distribuídos em 51 gêneros. Destes, 51 táxons, distribuídos em 27 gêneros foram considerados abundantes conforme o critério de Lobo e Leighton (1986). A fim de exemplificar uma contagem de algas diatomáceas presente em uma lâmina permanente e posteriormente a aplicação do ITQA, segue a Tabela 4 com dados referentes ao ponto de amostragem P5.

De modo geral, os resultados obtidos através da aplicação do ITQA indicaram que os níveis de qualidade da água variaram durante os períodos sazonais entre Oligotrófico (poluição desprezível) 57%, e β -Mesotrófico (poluição moderada) 43%, nas sete estações de amostragem (Figura 18).

Os níveis moderados de eutrofização detectados podem ser explicados devido ao fato de terem sido identificadas espécies classificadas como abundantes e com



média tolerância à eutrofização (LOBO *et al.* 2015), tais como *Cocconeis lineata*, *Humidophila contenta*, *Sellaphora nigri*, *Navicula cryptotenella* e *Nitzschia amphibia*. Destas, *S. nigri* é descrita por diversos autores como tolerante a altas concentrações de nutrientes, tendo preferência por ambientes eutróficos (HOFMANN, 1994; VAN DAM *et al.* 1994; LOBO *et al.* 2010). Porém, literaturas mais antigas demonstram que a espécie também já foi classificada como sensível à poluição orgânica (PATRICK e REIMER, 1966; LANGE-BERTALOT, 1979; KRAMMER e LANGE-BERTALOT, 1986).

Achnantheidium exiguum var. constrictum é uma espécie que tem preferência por locais β -mesossapróbicos (VAN DAM *et al.* 1994), podendo ocorrer desde ambientes oligotróficos a eutróficos. Lobo *et al.* (2010) citam este táxon como medianamente tolerante à poluição orgânica e com uma tolerância muito alta à eutrofização. Entretanto em estudos mais recentes (LOBO *et al.* 2014, HEINRICH *et al.* 2014) citam esta espécie como medianamente tolerante à eutrofização no sentido amplo ou seja, incluindo a problemática da poluição orgânica e eutrofização da água advinda de fontes pontuais e difusas de contaminação, induzida por atividades antropogênicas.

As estações de amostragem que obtiveram os melhores valores para o ITQA foram: P1, P10, P11 e P15, os quais se mantiveram no nível oligotrófico (poluição desprezível) em todas as épocas do ano. Este resultado satisfatório pode ser explicado pelo fato dessas nascentes estarem protegidas pela vegetação natural sem predominância de atividades agrícolas próximas, demonstrando, dessa forma, a importância da preservação de áreas permanentes no entorno de nascentes que, de acordo com o novo Código Florestal (Lei nº12.651 de maio de 2012), tem como uma de suas funções a preservação dos recursos hídricos.

Tabela 4 - Contagem de diatomáceas que ocorreram no ponto de amostragem P5, nascente da Bacia do Arroio Andréas (primavera/2014), bem como o cálculo do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA). Em destaque (negrito) as espécies abundantes

Espécies	Vt	Valvas	%	Vt . %
<i>Achnantheidium exiguum var. constrictum</i>	2,5	20	3,32	8,31
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	1	40	6,64	6,64
<i>Adlafia bryophila</i>	1	30	4,98	4,98
<i>Adlafia drouetiana</i>	2,5	28	4,65	11,63
<i>Cocconeis lineata</i>	2,5	18	2,99	7,48
<i>Cocconeis placentula var. acuta</i>	2,5	6	1,00	2,49
<i>Craticula halophiloides</i>	4	2	0,33	1,33
<i>Craticula molestiformes</i>	4	8	1,33	5,32
<i>Diademsis confervacea</i>	1	4	0,66	0,66
<i>Encyonema neomesianum</i>	2,5	2	0,33	0,83
<i>Fallacia monoculata</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Geissleria punctifera</i>	2,5	12	1,99	4,98
<i>Gomphonema angustatum</i>	1	2	0,33	0,33

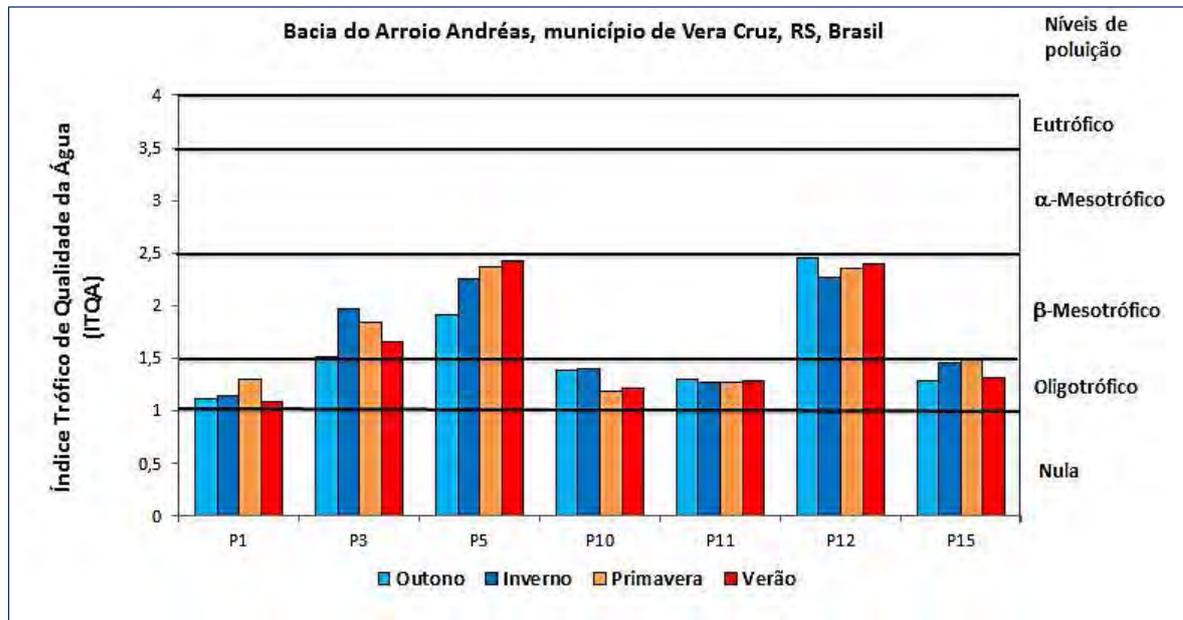


Tabela 4 - Continuação.

Espécies	Vt	Valvas	%	Vt . %
<i>Gomphonema bourbonense</i>	2,5	38	6,31	15,78
<i>Gomphonema parvulum</i>	2,5	6	1,00	2,49
<i>Gyrosigma kuetzingii</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Halamphora montana</i>	4	2	0,33	1,33
<i>Humidophila contenta</i>	2,5	128	21,26	53,16
<i>Humidophila lacunosa</i>	2,5	2	0,33	0,83
<i>Kobayasiella</i> sp.	1	2	0,33	0,33
<i>Luticola peguana</i>	1	2	0,33	0,33
<i>Mayamaea agrestis</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Mayamaea permitis</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Navicula cruxmeridionalis</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Navicula cryptocephala</i>	2,5	4	0,66	1,66
<i>Navicula germainii</i>	2,5	2	0,33	0,83
<i>Navicula schroeteri</i>	1	4	0,66	0,66
<i>Navicula symmetrica</i>	4	4	0,66	2,66
<i>Naviculadicta</i> sp.	1	4	0,66	0,66
<i>Nitzschia amphibia</i>	2,5	28	4,65	11,63
<i>Nupela pardinhoensis</i>	1	10	1,66	1,66
<i>Platessa hustedtii</i>	1	4	0,66	0,66
<i>Sellaphora auldreekie</i>	4	2	0,33	1,33
<i>Sellaphora nigri</i>	2,5	120	19,93	49,83
<i>Sellaphora pseudoarvensis</i>	4	12	1,99	7,97
<i>Sellaphora santiagoi</i>	1	2	0,33	0,33
<i>Sellaphora saugerresii</i>	2,5	30	4,98	12,46
<i>Simonsenia delognei</i>	1	2	0,33	0,33
<i>Surirella bouillonii</i>	4	2	0,33	1,33
Total		602	100	236,54
			ITQA = β-mesotrófico	2,37



Figura 18 - Gráfico de avaliação da qualidade da água, utilizando o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), na Bacia do Arroio Andréas, município de Vera Cruz, RS, Brasil (agosto de 2014 a julho de 2015)



6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, de forma geral, aos bolsistas de Graduação (Programas de Iniciação Científica do CNPq, FAPERGS, PUIC/UNISC) e Pós-Graduação (Bolsistas CNPq, PROSUP/CAPES e FAPERGS do Programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental da UNISC), vinculados ao Laboratório de Limnologia da UNISC, que na última década têm contribuído significativamente para o avanço da ciência na área da bioindicação com diatomáceas, sob a orientação do primeiro autor, possibilitando o estabelecimento das bases quantitativas deste guia. Os autores agradecem, também, ao CNPq pelo apoio financeiro através do Edital MCT/CNPq/Universal - nº 14/2011. Ainda, à Empresa Universal Leaf Tabaco e Fundación Altadis, pelo apoio financeiro do projeto intitulado “Pagamento por Serviços ambientais (PSA) na Sub-bacia do Arroio Andréas, Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil”, no período 2011/2015. Este livro foi publicado graças ao apoio financeiro do Departamento de Biologia e Farmácia e dos Programas de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Sistemas e Processos Industriais da UNISC.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, S. M. O. Cianobactérias tóxicas: causas e consequências para saúde pública. *Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento*, São Paulo, n. 2, p. 81-94, 2001.
- BENNION, H., SIMPSON, G. L. The use of diatom records to establish reference conditions for UK lakes subject to eutrophication. *Journal of Paleolimnology*, n. 4, p. 469-488, 2011.
- BES, D., ECTOR, L., TORGAN, L. C., LOBO, E. A. Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. *Iheringia Série Botânica*, Porto Alegre, n. 1, p. 93-125, 2012.
- BRANCO, S. M. *Água: Origem, uso e preservação*. São Paulo: Editora Moderna, 2005.
- BRASIL. Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 02 de outubro de 2015.
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência LTDA. 826 p. 2011.
- GALLI, C. S., ABE, P. S. *Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas*. 2012. IIEGA, Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, São Carlos, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-816.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2015.
- HEINRICH, C. G., LEAL, V. L., SCHUCH, M., DÜPONT, A., LOBO, E. A. Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical sub-basin of the Andreas Stream, RS, Brazil, and their relation with eutrophication processes. *Acta Limnologica Brasiliensis*, n. 4, p. 347-355, 2014.
- HOFMANN, G. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica*, 30, 241 p. 1994.
- IBGE. *Censo populacional IBGE 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 de outubro de 2015.
- IETEC (INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE) 2001. *Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização*. IETEC/UNEP, Série de Publicações Técnicas, J. G. Tundisi (Ed), 385p.
- INAG, I. P. Manual para avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva - Quadro da Água – Protocolo de Amostragem e análise para o fitobentos - diatomáceas. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa. Instituto da Água, I.P. 2008.
- KELLY, M. G. Identification of common benthic diatoms in rivers. *Field Studies*, n. 4, p. 583-700, 2000.
- KELLY, M. G., CAZAUBON, A., CORING, E., DELL'UOMO, A., ECTOR, L., GOLDSMITH, B., GUASCH, H., HÜRLIMANN, J., JARLMAN, A., KAWECKA, B., KWADRANS, J., LAUGASTE, R., LINDSTRØM, E. A., LEITAO, M., MARVAN, P., PADISÁK, J., PIPP, E., PRYGIEL, J., ROTT, E., SABATER, S., VAN DAM, H., VIZINET, J. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of*



Applied Phycology, n. 2, p. 215-224, 1998.

KOBAYASI, H., MAYAMA, S. Most pollution tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. *Japanese Journal of Phycology*, n. 4, p. 188-196, 1982.

KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollehnauer, D. (Org.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1*. Stuttgart - New York: GUSTAV FISHER VERLAG. 876 p. 1986.

LANGE-BERTALOT, H. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia*, n. 1, p. 285-304, 1979.

LOBO, E. A., LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina*, n. 1, p. 1-29, 1986.

LOBO, E. A., WETZEL, C. E., ECTOR, L., KATOH, K., BLANCO, S., MAYAMA, S. Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. *Limnetica*, n. 2, p. 323-340, 2010.

LOBO, E. A., WETZEL, C. E., SCHUCH, M., ECTOR, L. *Diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2014.

LOBO, E. A., SCHUCH, M., HEINRICH, C. G., COSTA, A. B., DÜPONT, A., WETZEL, C. E., ECTOR, L. Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. *Environmental Monitoring Assessment*, n. 6, p. 1-13, 2015.

LUDWIG, T. A. V., TREMARIN, P. I. Chave de identificação dos gêneros de diatomáceas (Diatomeae - Ochrophyta) mais comumente encontrados no perifíton e metafiton de ambientes aquáticos continentais. p. 267-330. In: SCHWARZBOLD, A., BURLIGA, A. L., TORGAN, L. C. (Eds.), *Ecologia do Perifíton*. São Carlos: RiMa Editora. 2013.

MELLANBY, K. *Biologia da Poluição*. 2. ed. São Paulo: EPU, 1982.

METZELTIN, D., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. *Las Diatomeas Uruguayas*. Montevideo: D.I.R.A.C, Facultad de Ciências. 207 p. 2003.

METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H. *Tropische Diatomeen in Südamerika I. 700 überwiegend wenig bekannte oder neue Taxa repräsentativ als Elemente der neotropischen Flora. Iconographia Diatomologica. Königstein: Koeltz Scientific Books. 695p. 1998.*

METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H. *Tropical Diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. Iconographia Diatomologica. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G. 877p. 2007.*

METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. *Diatoms of Uruguay. Compared with other taxa from South America and elsewhere. Iconographia Diatomologica. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G. 736 p. 2005.*

MILLER T. G. *Ciência Ambiental*. 11. ed. São Paulo: Thomson Learning. 592 p. 2007.

PANTLE, R., BUCK, H. Die biologisch Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- u. Wasserfach*, 96: 604, 1955.

PATRICK, R., REIMER, C. W. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae. *Monographs of*



the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 13(1): 1-688, 1966.

LOBO, E. A., WETZEL, C. E., ECTOR, L., KATOH, K., BLANCO, S., MAYAMA, S. Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. *Limnetica*, n. 2, p. 323-340, 2010.

RAST, W., HOLLAND, M., OLOF, R. S. *Eutrophication: management framework for the policy maker*. Paris: Unesco. 83 p. 1989.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 261 p. 1996.

REYNOLDS, C. S. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

ROLICH, G. A. Eutrophication: causes, consequences and correctives. In: ROLICH, G. A. (Org.). *Proceedings of Symposium*. Washington: National Academy of Sciences, 1969.

ROUND, F. E. *A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality*. London: HMSO Publisher, London. 63 p. 1993.

RUMRICH, U., LANGE-BERTALOT, H., RUMRICH, M. Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien (Feuerland). *Iconographia Diatomologica*, 9: 1-649, 2000.

SAYER, C. D., ROBERTS, N. Establishing realistic restoration targets for nutrient-enriched shallow lakes: linking diatom ecology and paleoecology at the Attenborough Ponds, UK. *Hydrobiologia*, n. 1, p. 117-142, 2001.

SILVA, P. D. A. *Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial nas represas de abastecimento do Sistema Alto Cotia (SP)*. 2012. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Mestrado e Doutorado) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: Enfrentando a escassez*. São Carlos: RIMA, 2003.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631 p. 2008.

VAN DAM, H., MERTENS, A., SINKELDAM, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Journal of Aquatic Ecology*, n. 1, p. 117-133, 1994.

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: Organization for Economic Cooperation and Development, 159 p. 1968.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, n. 301, p. 236-244, 1963.

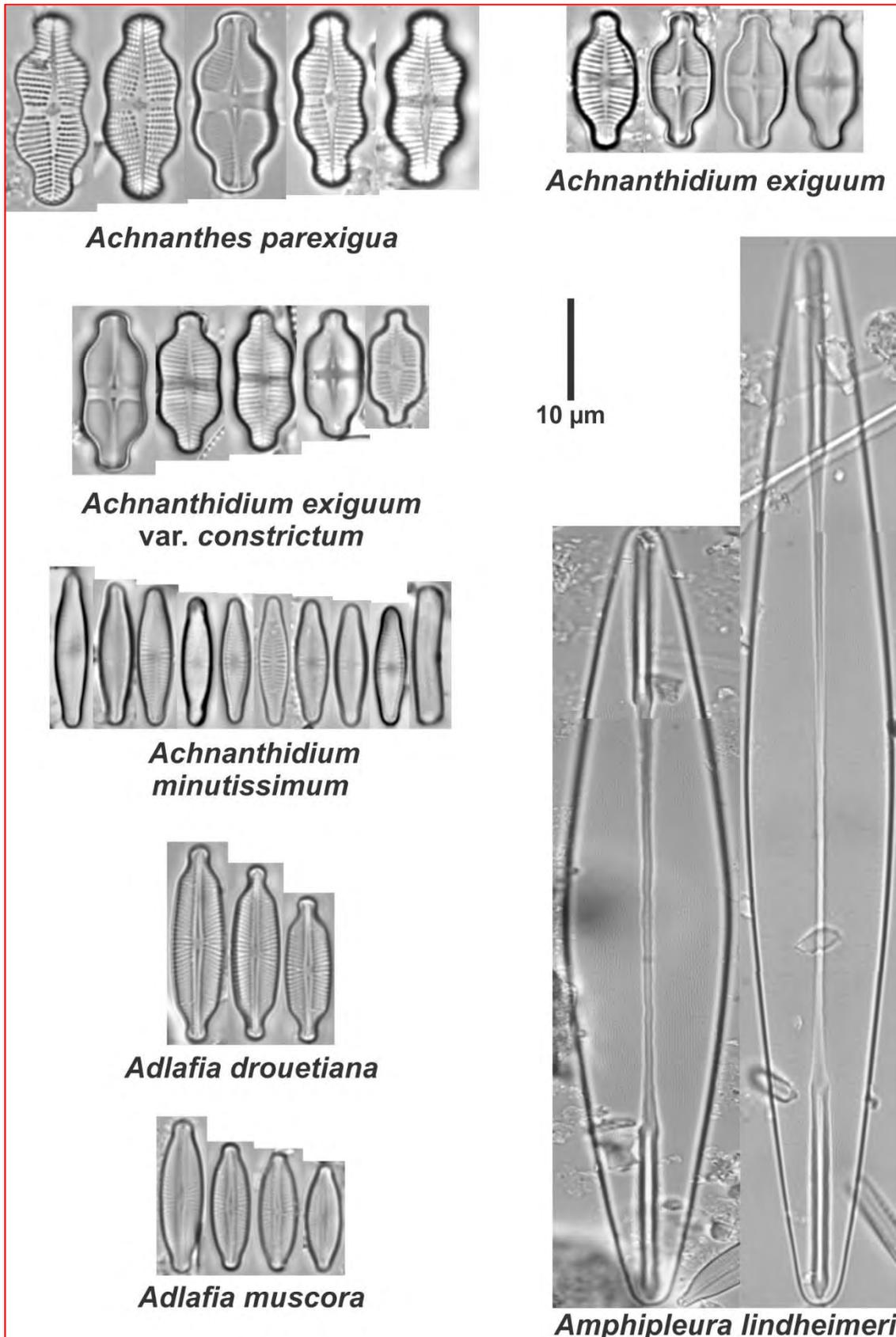


ANEXO 2

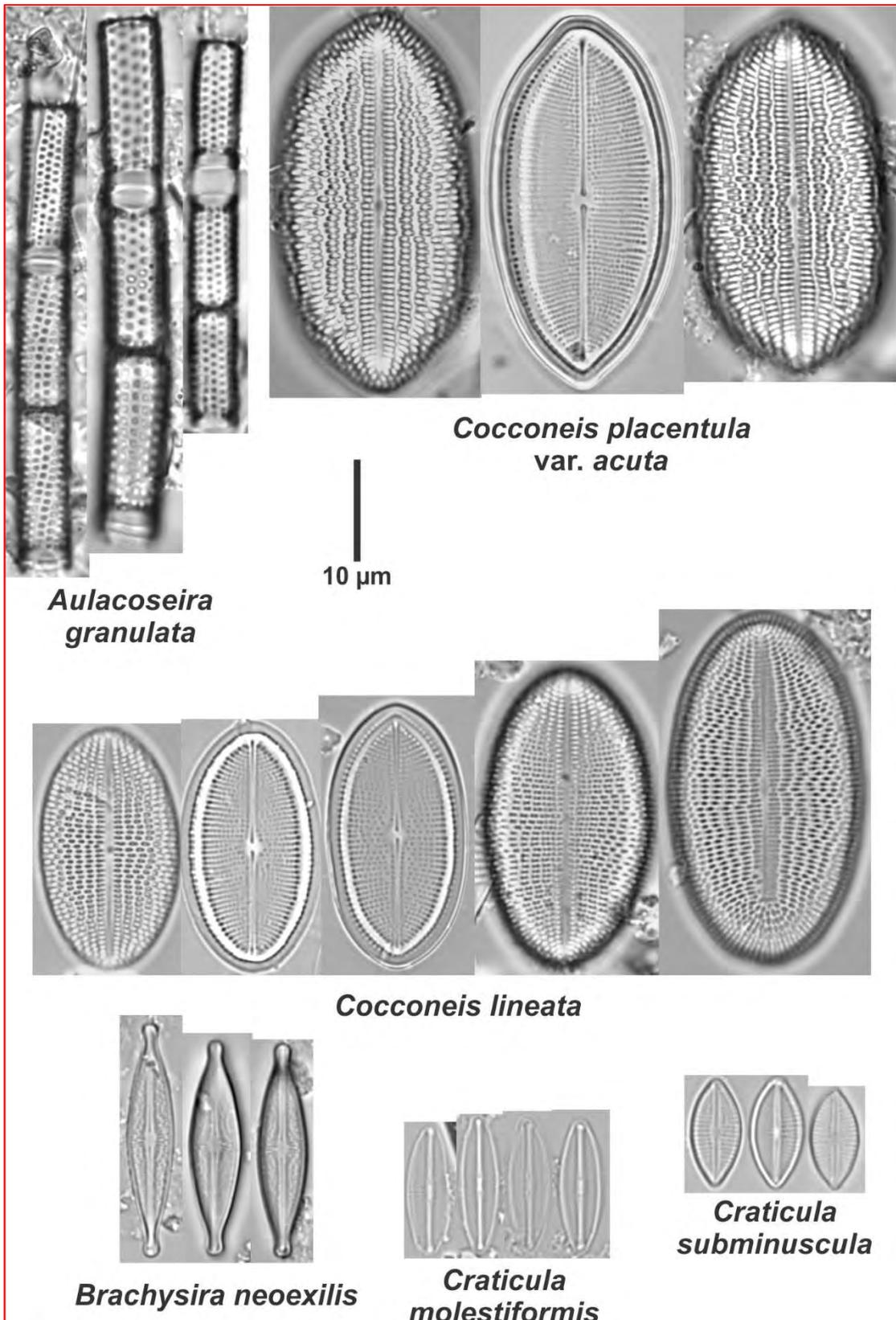
Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



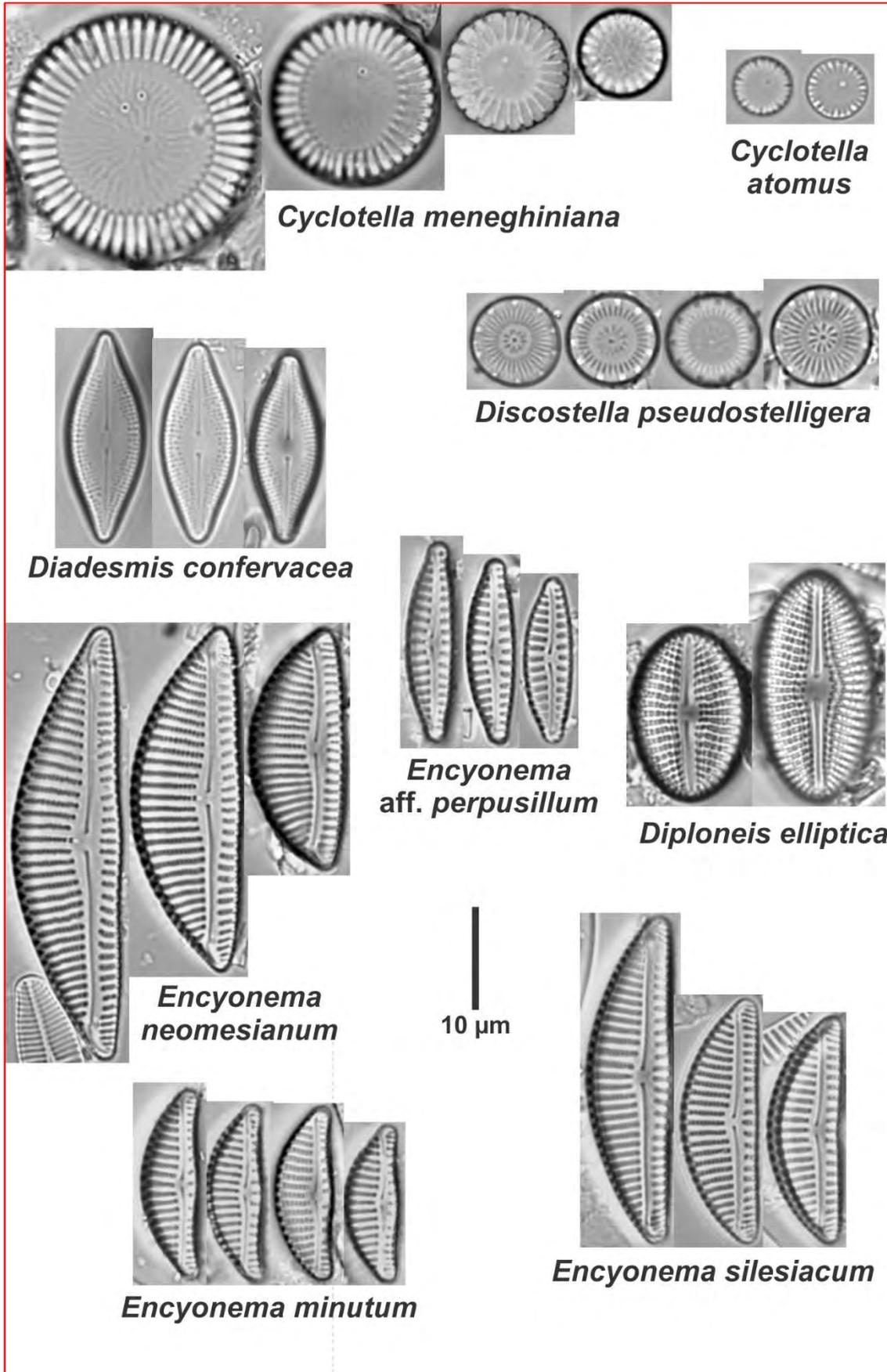
Prancha 1 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



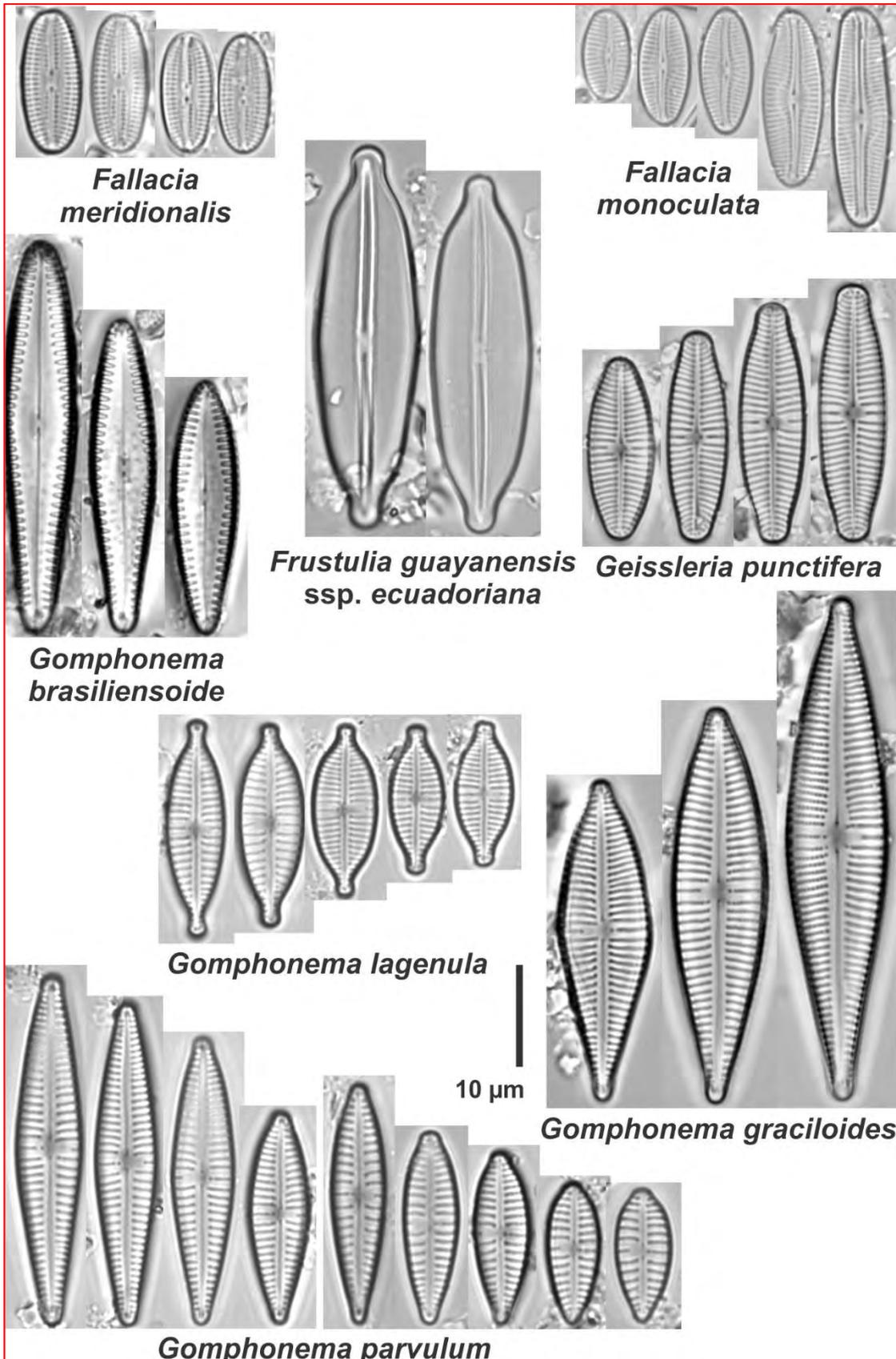
Prancha 2 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



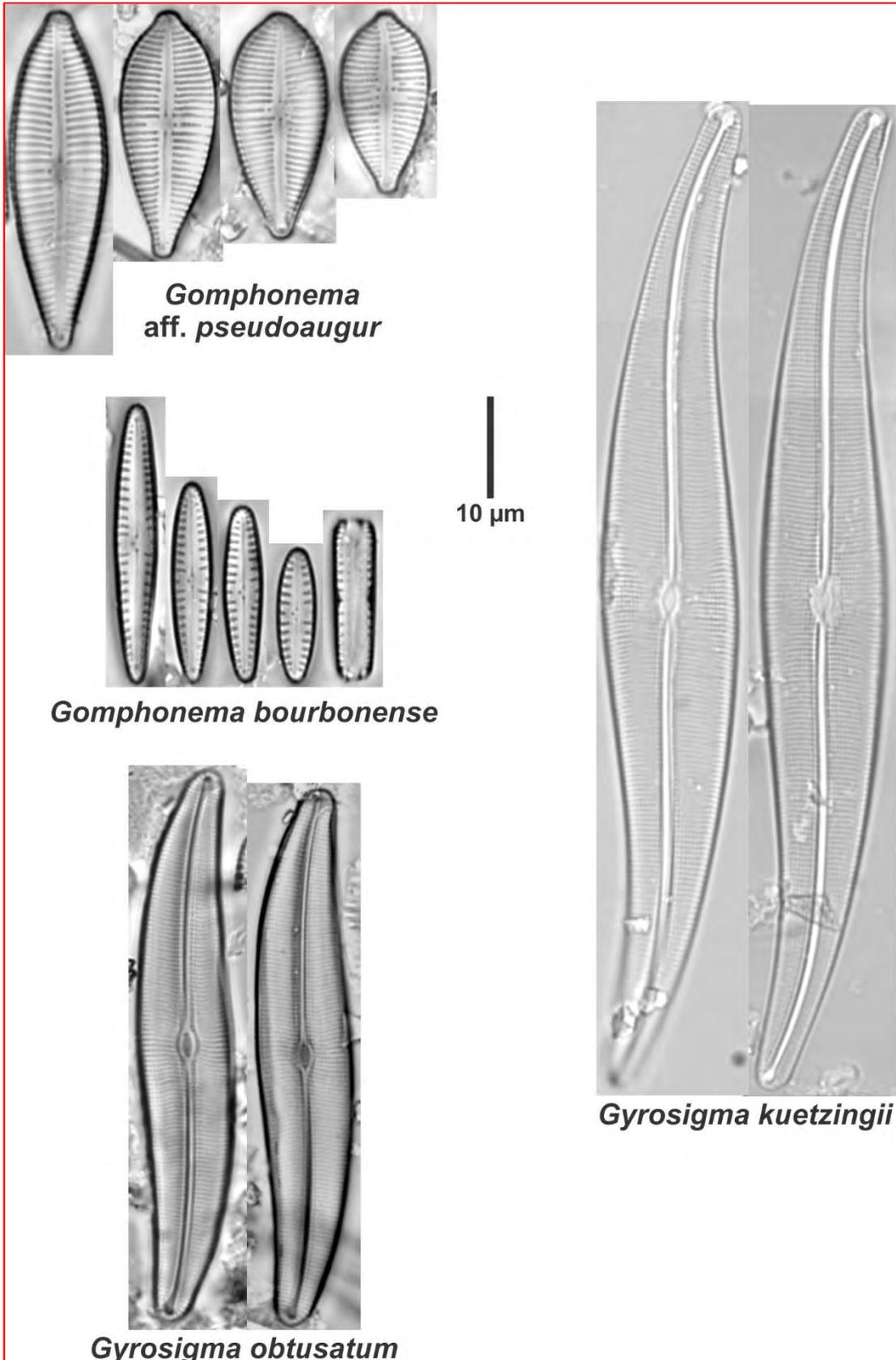
Prancha 3 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



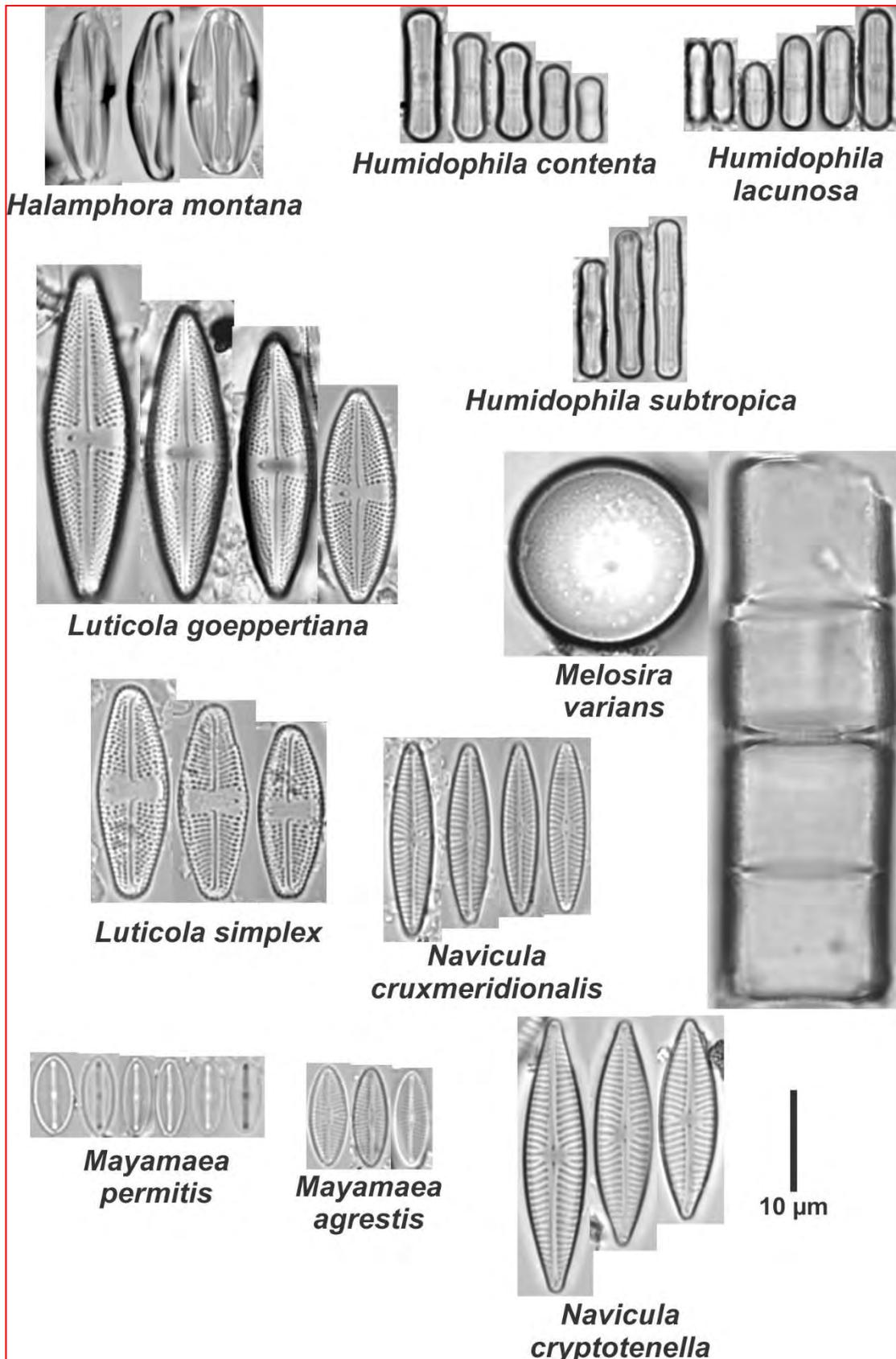
Prancha 4 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



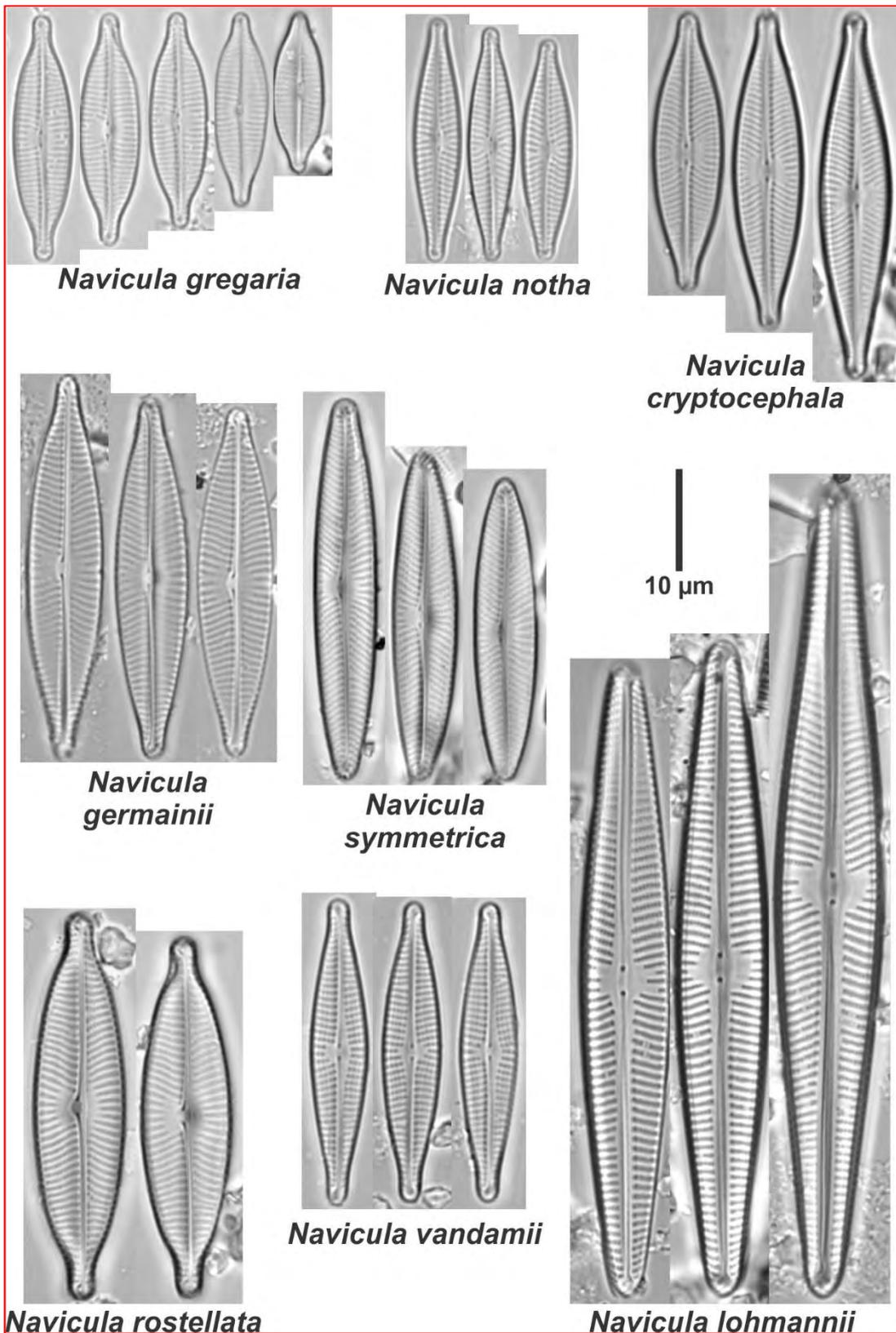
Prancha 5 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



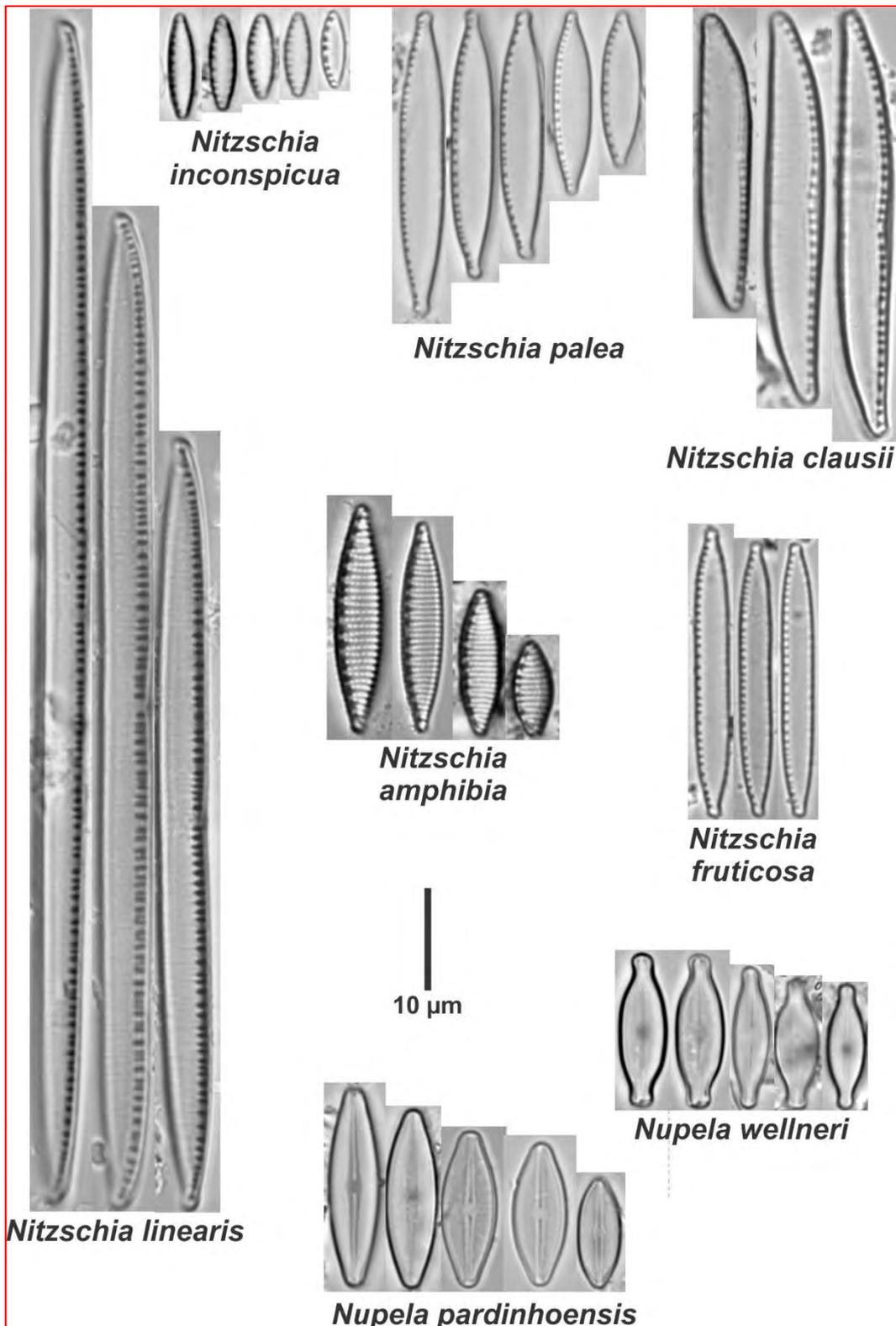
Prancha 6 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



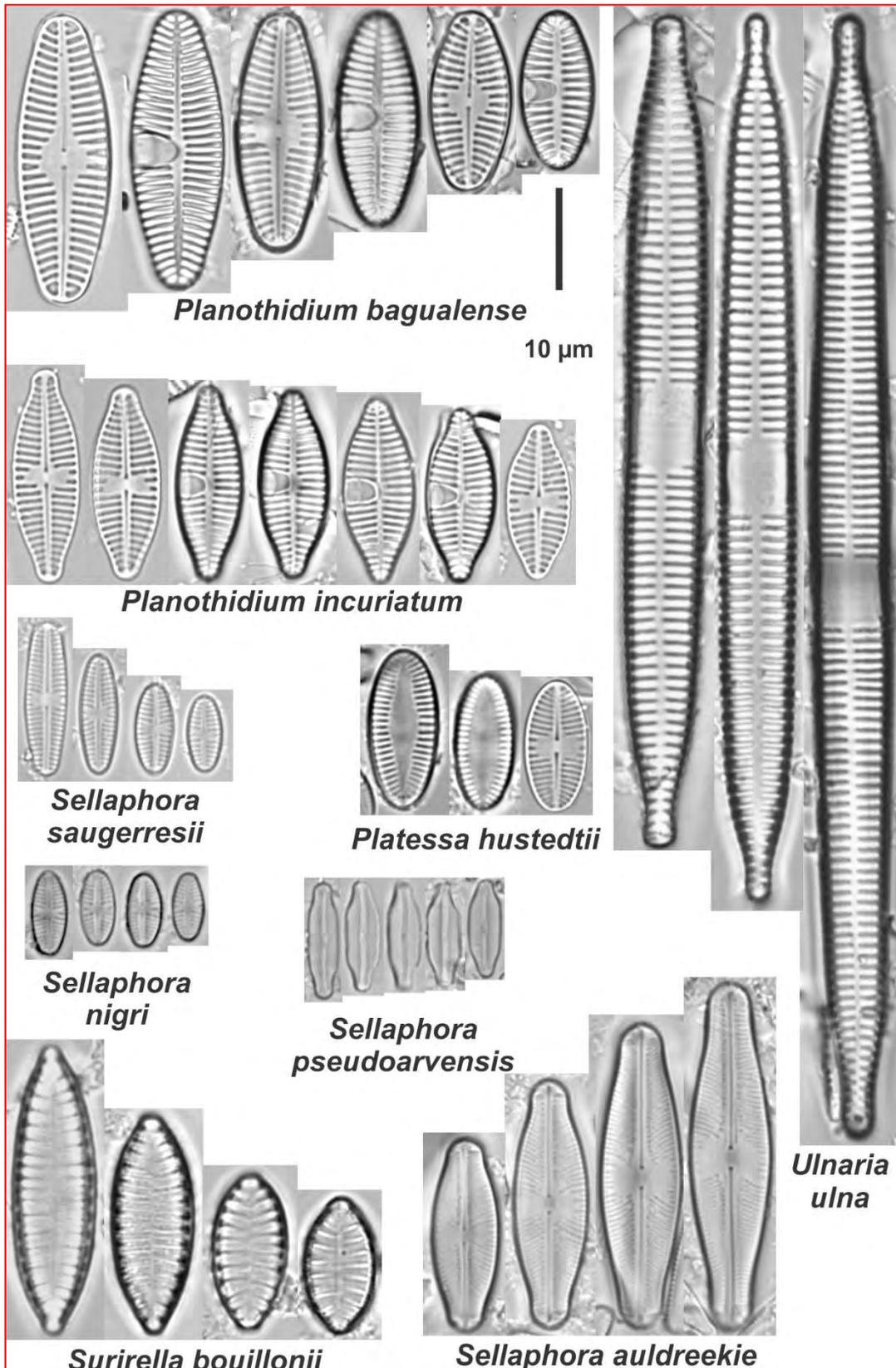
Prancha 7 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



Prancha 8 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



Prancha 9 - Espécies abundantes de diatomáceas que compõem o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)



SOBRE OS AUTORES

Eduardo A. Lobo, Biólogo formado pela Universidade do Chile, Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de San Carlos, SP, e Doutor em Ciências Biológicas pela *Tokyo University of Marine Sciences and Technology*, Japão (1995). Em 2000 realizou seu Pós-doutorado na área de “Controle da Contaminação Ambiental” no *National Institute for Resources and Environment*, Tsukuba, Japão. Atualmente é Professor Titular e pesquisador da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil, e desde 2005 atua como professor e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental (Mestrado e Doutorado) da UNISC. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. A Limnologia destaca-se como uma de suas principais linhas de pesquisa, particularmente estudos de Monitoramento Ambiental (físico, químico e biológico) em bacias hidrográficas subtropicais e temperadas.



Carla Giselda Heinrich, Graduada do Curso de Ciências Biológicas da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq do Laboratório de Limnologia (2011-2016), onde desenvolve atividades de pesquisa com foco em monitoramento biológico de recursos hídricos, utilizando algas diatomáceas epilíticas como organismos bioindicadores.





Marília Schuch, Bióloga formada pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) em 2009 e Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC em 2014. Atualmente é professora horista e pesquisadora da UNISC. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Limnologia, atuando principalmente em estudos de Monitoramento Ambiental (físico, químico e biológico) em bacias hidrográficas subtropicais e temperadas.



Adriana Düpont, Bióloga formada pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) em 2002 e Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC em 2010. Atua como responsável pelos Laboratórios de Hidrobiologia (informações técnicas sobre piscicultura e monitoramento ambiental com ênfase na identificação de plâncton e algas diatomáceas), Ecotoxicologia (ensaios de toxicidade aguda e crônica com microcrustáceos) e Fitopatologia (análises de fungos e insetos em tabaco).



Adilson Ben da Costa, Químico Industrial (1997) e Licenciatura Plena em Química (1999) pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Mestre (2001) e Doutor (2004) em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Desde 1998 atua como professor adjunto e pesquisador da UNISC, e desde 2008 como docente no Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Sistemas e Processos Industriais da UNISC. Bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento de novos métodos analíticos, quimiometria, processos industriais, tecnologia analítica de processos, monitoramento ambiental e sistemas de tratamento de águas.



Carlos Eduardo Wetzel, Biólogo formado pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) em 2006, e Doutor em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica de São Paulo (IBt-SP/USP) em 2011. Atualmente é pesquisador sênior do *Department Environmental Research and Innovation (ERIN)*, *Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)*, em Luxemburgo, onde desenvolve e participa de projetos em eco-hidrologia utilizando diatomáceas (Bacillariophyceae) como indicadores ambientais. É especialista em ecologia e sistemática (taxonomia) de diatomáceas de água doce.



Luc Ector, botânico e pesquisador sênior do *Department Environmental Research and Innovation (ERIN)*, *Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)*, em Luxemburgo. Desenvolve há cerca de 25 anos trabalhos sobre diatomáceas de rios europeus. Foi o Presidente da *Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF)*, que organiza reuniões anuais sobre diversos tópicos relacionados a diatomáceas. Há cerca de 20 anos proporciona cursos de formação contínua para biólogos, técnicos e ecólogos sobre taxonomia de diatomáceas, visando à aplicação prática da Diretiva-quadro da Água na Europa do uso destes organismos como bioindicadores ambientais.





Editora da Universidade de Santa Cruz do Sul – EDUNISC
www.unisc.br/edunisc