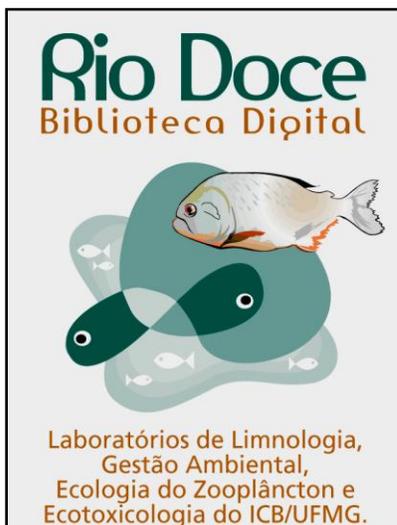




“Biota aquática do médio rio Doce”

Elaboração de um banco de dados

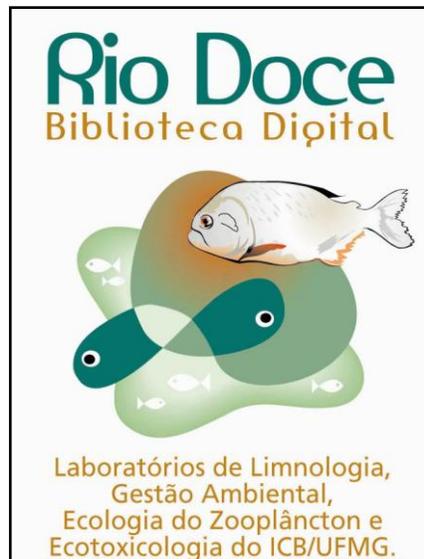


Relatório Final

Bolsa de Produtividade em Pesquisa
Processo: 301798/2004
Vigência: 01/03/2005 a 29/02/2008
Ricardo Motta Pinto-Coelho

Belo Horizonte

Janeiro de 2012



O logotipo do projeto enfatiza os impactos ecológicos que as introduções de espécies de peixes exóticos vêm causando na depleção da biodiversidade da região do médio rio Doce. O peixe maior na figura representa uma das principais espécies introduzidas na região, a Piranha vermelha, originária da Amazônia. Através dos padrões de cores fica clara a relação entre essas introduções e a crescente degradação dos corpos de água da região. O logotipo foi criado pelo designer gráfico Cezar Costa.

RESUMO

O presente relatório sintetiza as atividades de pesquisa relacionadas a bolsa de produtividade científica do CNPq (Processo 301798-4). As pesquisas estiveram focadas não somente em fazer um inventário bastante amplo da biodiversidade aquática em ambientes lóticos e lênticos do trecho médio do rio Doce. Numa segunda fase, foi realizado um amplo levantamento bibliográfico objetivando criar um banco de dados bibliográfico sobre os principais componentes da biota aquática do rio Doce. A terceira etapa do projeto, visou a montagem de um banco de dados georeferenciado acessível via web. O relatório ainda traz um sumário das principais atividades desenvolvidas, tais como a capacitação de pessoal, produção acadêmica bem como uma descrição dos equipamentos adquiridos.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país megadiverso e, além disso, foi o primeiro país signatário da Convenção da Diversidade Biológica, a CDB. Pelo menos 14% de todas as espécies da biosfera podem ser aqui encontradas (Lewinsohn & Prado, 2002). O país possui pelo menos duas áreas consideradas críticas “hotspots” em termos de biodiversidade: Mata Atlântica e o cerrado. Um bioma ou ecoregião é considerado um “hotspot” quando pelo menos 0.5% de todas as suas espécies são endêmicas e pelo menos 75% da área total original do bioma já foi destruída por atividades humanas. Em consequência, os “hotspots” têm as maiores taxas de número espécies por área ainda preservada do ecossistema original em toda a biosfera (Myers et al. 2000). A Mata Atlântica brasileira tem um grau de endemismo que atinge 2.0% da flora mundial e dos vertebrados da biosfera.

Nos últimos 20-30 anos, a criação de uma série de unidades de conservação, particularmente grandes parques nacionais na Amazônia foi parcialmente baseada em novos enfoques teóricos da Biologia da Conservação e da Biogeografia tais como a “Teoria de Refúgios do Quaternário (Pleistoceno)”, a “Teoria da Biogeografia de Ilhas”, dentre outros. Nesses enfoques teóricos houve inequivocamente um foco muito claro nas flora e fauna terrestres.

O Brasil enfrenta nos dias atuais um sério problema relacionado à conservação de seus recursos de ambientes aquáticos epicontinentais. Talvez isso esteja relacionado à grande ênfase dada nos recursos de flora e fauna terrestres na criação de unidades de conservação do país. É muito importante destacar nesse ponto que o país abriga também números de grande destaque em termos de biodiversidade de recursos hídricos. Para exemplificar esse ponto, basta mencionar que o Brasil é considerado o país com a maior riqueza de espécies de peixes entre os demais países do planeta (Buckup & Menezes, 2003).

Apesar do crescimento do grau de conscientização pública em relação à necessidade de preservação de seus recursos naturais observado no país nas últimas décadas no Brasil, muitos conservacionistas nacionais estão chamando a atenção para o rápido desenvolvimento de novas abordagens em termos de conservação de recursos aquáticos. Isso não é somente justificado pelo fato de que os recursos aquáticos ganham uma maior importância em termos de grandes depósitos de biodiversidade quando passam a ser

regularmente monitorados, como é o caso da bacia do alto rio Paraná (Agostinho et al. 2005). O que mais chama a atenção, no entanto, são os inúmeros relatórios e pesquisas recentes que indicam estar acontecendo uma grande perda de espécies na grande maioria dos recursos hídricos nacionais. Essas perdas estão se intensificando nas últimas duas décadas (Rodrigues et al. 2005,). Dentre as causas mais citadas de perda de espécies em ambientes aquáticos podemos citar a eutrofização, o assoreamento associado ao desflorestamento e finalmente a introdução de espécies exóticas. (Pinto-Coelho et l. 1994, Agostinho et al. 2005). No Brasil, a construção de represas de grandes dimensões especialmente aquelas que foram uma seqüência (ou cascata) de barramentos ao longo dos grandes rios da região sudeste , centro oeste e sul do Brasil. Hoje, existem “cascatas de reservatórios” na grande maioria dos grandes tributários do rio Paraná tais como os rios Tietê, Paranapanema, Grande, Iguçu. A medida que estão sendo publicados os primeiros resultados de pesquisas mais abrangentes e consolidadas, os ecólogos estão percebendo que esses sistemas conjugadas de grandes barramentos estão causando uma das maiores perdas de espécies observadas em ecossistemas tropicais em todo o mundo (Vono, 2002). Muitas vezes, existem efeitos sinérgicos entre os fatores acima citados. Não é raro, por exemplo, que após a construção de uma barragem, a bacia hidrográfica onde ela está localizada passa a sofrer um rápido processo de desflorestamento que entre outras coisas gera um grande aporte de nutrientes limitantes ao reservatório recém construído, acelerando dessa forma a sua eutrofização (Pinto-Coelho, 2005). Como consequência desses sinérgismos, não e uma surpresa a constatação cada vez mais consolidada em um grande número de estudos limnológicos de que a grande maioria dos reservatórios situados na bacia do alto rio Paraná estejam sofrendo uma aceleração de suas taxas de eutrofização. Em muitos casos, os reservatórios que mais sofrem com a eutrofização apresentam suas bacias de captação totalmente desmatadas, com intensa ocupação agrícola e suas águas estão infestadas como diversas espécies exóticas de peixes (Pinto-Coelho et al, 2005).

As técnicas usuais de manejo da flora e da fauna em recursos naturais no Brasil tais como as repovoações de peixes e o manejo de macrófitas aquáticas tem produzido resultados pífios ou até mesmo contraditórios aos objetivos esperados. O caso do repovoamento de peixes é emblemático. Na grande maioria dos casos, o peixamento é movido por razões puramente “cosméticas” sendo motivado, na maioria dos casos, por

interesses de clubes de pesca, interesses eleitoreiros. Na grande maioria dos casos, os peixamentos foram realizados sem se considerar aspectos ecológicos ou biogeográficos básicos. Em alguns casos relativamente bem documentados, autoridades locais, liberaram espécies exóticas de peixes até mesmo dentro de unidades de conservação de uso restrito tais como parques nacionais ou estaduais. Somente após a promulgação da “Lei de Crimes Ambientais” é que se criou uma base legal para se coibir e punir tais tipos de abusos.

BANCOS DE DADOS SOBRE BIOVERSIDADE NO BRASIL

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) ratificada pelo Brasil em 1994 e promulgada em 1998 (decreto 2.519), ressalta a importância do acesso a dados primários de coleções biológicas e às informações científicas em geral. As diversas Conferências das Partes identificaram várias iniciativas e programas globais que dependem do acesso ao conhecimento oriundo de coleções biológicas, tendo como elemento central a informação taxonômica e como necessidades estratégicas os sistemas de informação.

O acesso à informação é um elemento fundamental na CDB, como demonstrado pelos artigos 17 (obrigatoriedade do intercâmbio de informações pertinentes à conservação e à utilização sustentável da diversidade biológica) e 18 (Cooperação Técnica e Científica), que motivaram a criação do *Clearing-House Mechanism (CHM)*¹, um mecanismo para intermediação da informação e para a promoção de cooperação e do *Biosafety Clearing House*², um mecanismo para a troca de informação de interesse para a temática *biosegurança*.

Informações científicas e suporte taxonômico são necessários em pelo menos quatro questões básicas sobre a égide da CDB: (1) A identificação de áreas de alta diversidade, (2) A identificação de taxa sob ameaça de extinção, (3) A identificação de taxa que são ou que tenham potencial de uso e são por isso, passíveis de valor pela humanidade e, (4) O aprimoramento e o aumento no conhecimento e na compreensão sobre o funcionamento dos ecossistemas. Informação taxonômica é essencial também na resolução de problemas tão diversos como a expansão das espécies invasoras, a conservação de espécies migratórias, a

¹ <http://www.biodiv.org/chm/>

² <http://bch.biodiv.org/>

emergência de novas epidemiologias e as tendências internacionais de declínio de espécies de determinados grupos taxonômicos (como no caso de anfíbios).

A diversidade biológica do país encontra-se documentada principalmente em coleções (herbários, coleções zoológicas e de microrganismos) hospedadas em institutos de pesquisa e universidades. O número aproximado de exemplares depositados nas coleções botânicas (4,5 milhões) e zoológicas (27 milhões), que representam apenas uma fração da diversidade existente, certificam sem dúvida a riqueza da biota nacional (MCT, 2005).

A informação sobre a biodiversidade brasileira é, entretanto, incipiente e desagregada, e se encontra distribuída pelas vários museus e instituições de ensino e pesquisa, assim como pelo grande volume de publicações contendo informações secundárias resultantes de décadas de pesquisas sobre a biodiversidade. O desafio de conter a perda de biodiversidade nacional depende diretamente da organização e consolidação da informação científica, do acesso e da disponibilidade de dados integrados, assim como do uso de ferramentas computacionais avançadas para análise, visualização e integração da informação. O MCT (MCT, 2005) cita uma lista de projetos e programas voltados ao inventário da biodiversidade brasileira: Programa Nacional de Diversidade Biológica (PRONABIO), o AquaBio, o Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), o Projeto de Corredores Ecológicos (PPG-7), o Biota Pará, o BIOTA-FAPESP, o Sistema de Informação de Coleções de Interesse Biotecnológico (Sicol), o Projeto Nacional de Transversalização da Biodiversidade (PROBIO II) e o Projeto de Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal. É interessante notar a inexistência de um programa específico de inventário dos recursos naturais voltado para o estado de Minas Gerais.

Nos anos 2000, vários países como Porto Rico, México, Panamá, Venezuela, dentre outros começaram a desenvolver um projeto denominado Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), o qual tem dentre outros vários objetivos “promover e melhorar a compreensão de fenômenos ecológicas de longa duração através de fronteiras nacionais e regionais, bem como contribuir com embasamento científico para o manejo de ecossistemas e melhorar a modelagem preditiva em escalas espaciais e temporais maiores”, etc. Em

Minas Gerais o Parque Estadual do Rio Doce se tornou um dos *sites* brasileiros a serem trabalhados devido a algumas premissas, tais como:

‣ Mata Atlântica (MA) está entre os biomas mais ameaçado do Brasil. A importância de sua conservação está em ser um sítio do patrimônio mundial - um dos dois "hotspots" do Brasil.

‣ O Médio Rio Doce possui mais de 60% da biodiversidade da MA, com maior número de espécies endêmicas (53% árvores, 23% aves, 92% anfíbios) sete espécies de Primatas; onça pintada; puma; anta; cutia, paca, caititu, veado-mateiro.

O Brasil enfrenta enormes desafios para o cumprimento das metas e compromissos assumidos junto à CDB:

(1) possui uma base de conhecimento incipiente e desagregada sobre a biodiversidade brasileira,

(2) possui enorme extensão territorial,

(3) possui uma distribuição espacial de coletas sobre a biodiversidade extremamente concentrada e desigual,

(4) possui número insuficiente de taxonomistas em atividade para aproximadamente 95% dos taxa;

(5) possui carência de infra-estrutura de pesquisa;

(6) apresenta distribuição desigual de infra-estrutura e recursos humanos concentrados maciçamente nas regiões sul e sudeste.

Para que os impedimentos taxonômicos sejam superados ou atenuados e para que seja alcançado um estágio mais próximo da situação desejada do conhecimento sobre a biodiversidade, é imprescindível a articulação de ações; o trabalho cooperativo e a aplicação de custos incrementais para a organização, sistematização, integração e disponibilização das informações contidas nas coleções biológicas.

A ESCOLHA DOS GRUPOS BIOLÓGICOS

PICOPLÂNCTON

A entrada de nutrientes ou de matéria orgânica em um lago acarreta rápidas mudanças em toda cadeia trófica do ambiente, como o crescimento exagerado de bactérias, o aparecimento de cianobactérias e o predomínio de formas detritívoras no zooplâncton.

É de grande importância estudar a ecologia microbiana de um determinado lago, uma vez que a densidade e distribuição de tais organismos refletem o nível dos impactos sofridos em consequência às atividades antrópicas. Análises quantitativas dos organismos microbianos abordando padrões de distribuição espacial e temporal são essenciais para avaliação da qualidade da água (Bianchini, 2004).

FITOPLÂNTON

O conhecimento da dinâmica da comunidade dos microorganismos produtores primários (fitoplâncton, perifíton) é relevante não apenas por sua importância para a produção primária dos ambientes aquáticos (litorâneo e limnético), como também por serem as flutuações temporais e espaciais em suas respectivas composições e biomassa indicadores eficientes das alterações sejam elas naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos. (Bozelli, 2003).

Além disto, o curto tempo de geração das algas (horas-dias) permite que importantes processos sejam mais bem compreendidos. A comunidade fitoplanctônica tem sido muito útil como modelo de estudos, tais como modelos de dinâmica de nutrientes, para um melhor entendimento de outras comunidades e dos ecossistemas em geral. Sendo assim, essas comunidades são elementos centrais na elaboração de estudos visando o manejo ambiental, modelos sobre estimativas de fluxo energético entre os diferentes níveis da cadeia trófica e a capacidade de suporte do sistema. (Bozelli, 2003).

Com este trabalho pretende-se fornecer informações biológicas sobre a qualidade das águas, de modo que se reflita mais rapidamente e especificamente os diferentes impactos antrópicos sobre estas. O monitoramento de alguns lagos próximos aos cursos d'água que atravessam o PERD, é um dos principais fomentos desta pesquisa, onde os resultados poderão ajudar a prevenir ou mitigar sutis efeitos antrópicos indesejáveis sobre essa importante reserva de Mata Atlântica. (Pinto-Coelho, 2002).

Este trabalho é importante por utilizar a identificação, quantificação e registro dos organismos que compõem a comunidade fitoplanctônica da região do vale do aço para a formação de um banco de dados que será disponibilizado na WEB.

ZOOPLÂNCTON

Na grande maioria dos ambientes aquáticos, o zooplâncton é formado por protozoários (flagelados, sarcodinos, ciliados) e por grupos de metazoários, entre estes se destacam : rotíferos, cladóceros, copépodes e larvas de dípteros, como por exemplo, as pertencentes à família Chaoboridae (Esteves 1988). A comunidade zooplanctônica, apesar de ser morfológica, funcional e filogeneticamente diversa tem em comum a função principal de transferir grande parte da energia para níveis tróficos superiores em ambientes aquáticos continentais. Este conjunto de organismos pode apresentar grande variedade de hábitos alimentares. O grupo apresenta tamanhos de corpo, de poucos micrômetros até alguns milímetros, fato este, que contribui para a diversidade estrutural do ambiente (Bozelli & Huszar, 2003).

De acordo com Martin & Davis (2001), os copépodes possuem atualmente 59 famílias, sendo subdivididas nas ordens Cyclopoida (15 famílias), Calanoida (44 famílias) e Harpacticoida (não sendo esta enfatizada neste trabalho). Ainda de acordo com os mesmos autores, são reconhecidas seis famílias para a sub-Ordem Cladocera.

Os esforços amostrais têm aumentado nos últimos anos fornecendo maior conhecimentos sobre a comunidade zooplanctônica do Parque Estadual do Rio Doce(PERD) e entorno (Companhia Agroflorestal Santa Bárbara- CAF).

Trabalhos nesta Unidade de Conservação vêm sendo realizados desde 1976 como “Estudos Limnológicos no Sistema de Lagos no Parque Florestas do Rio Doce, MG” realizado por Tundisi et al. (1978), enfocando aspectos correlativos entre comunidades zôo e fitoplanctônicas, dentre outros. A partir de então e principalmente por volta dos primeiros anos da década de 1980, estudos foram intensificados desde aspectos gerais, quanto específicos daqueles ambientes. Entre os anos 1980 - 1997, alguns trabalhos tiveram relevância no nível de acompanhar a composição da comunidade zooplanctônica tais como teses de Luiz Carlos Santos bem como a tese de Walter Yoshizo Okano, ambas defendidas

em 1980 e a obra de José Galizia Tundisi e Yatsuka Saijo (1997); os quais editaram o livro “Limnological Studies on The Rio Doce Valley, Brasil”. Através desses trabalhos, fica evidente que o aumento de esforços amostrais contribui muito para o melhor conhecimento do ambiente em questão.

Este trabalho tem a intenção de não somente de coletar mais informações sobre a composição do zooplâncton, mas também fazer uma recapitulação dos principais grupos de zooplâncton que fazem parte da atual comunidade zooplanctônica do Parque Estadual do Rio Doce – Sudeste do Brasil - comparando com os registros anteriores. Nesse contexto, Copépoda e Cladóceras foram enfatizados.

ZOOBÊNTOS

Devido à sua grande fidelidade em refletir o ambiente físico e à sua baixa mobilidade, a fauna bentônica é de grande importância para a bioindicação de qualidade de água. Esta comunidade apresenta a capacidade de integrar e refletir o estado de conservação ou degradação de um ecossistema e são organismos bastante sensíveis para mostrar os efeitos mesmo de um impacto mais antigo ou relativamente suave.

De um modo geral, pode-se caracterizar ambientes de boa qualidade de água como aqueles que apresentam uma grande variedade de organismos com abundância numérica bem equilibrada entre as espécies, o que significa alta diversidade. Em ambientes com pouca influência por atividades humanas são encontrados organismos com os mais diferentes tipos de vida (sedentários, nadadores, minadores de plantas aquáticas, etc.) e variadas formas de alimentação. Com o impacto causado por atividades humanas a riqueza e a diversidade de um rio tendem a diminuir, as espécies mais sensíveis são as primeiras a desaparecer. Em ambientes muito degradados, com qualidade de água realmente baixa, o número de espécies existentes é pequeno, ocorrendo uma grande proporção de um único tipo de animal.

PEIXES

Algumas áreas do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) são abertas à visitação pública, incluindo o lago Dom Helvécio, o maior da região. Porém outras partes do parque são constantemente invadidas por caçadores e pescadores ilegais, que retiram espécimes com intuito de comercialização ou mera diversão. A invasão de áreas privadas situadas na região, como as da Companhia Agrícola Florestal (CAF) também ocorre, como nos foi relatado por funcionários da empresa.

Com o objetivo de incrementar as práticas de lazer dos visitantes, alguns programas de introdução de espécies de peixes foram adotados no final dos anos 70. Com isso o tucunaré (*Cichla cf. monoculus*) foi introduzido, visando à promoção da pesca esportiva na região. Como os lagos se comunicam em períodos de grandes cheias, essa espécie se disseminou rapidamente. Para controlar a população de tucunarés, foi introduzida outra espécie exótica, a piranha (*Pygocentrus nattereri*), de hábito alimentar piscívoro, esta aumentou ainda mais o processo de erosão da comunidade de peixes.

As principais razões para a perda de riqueza de espécies em um ecossistema, são: alteração do habitat e introdução de espécies exóticas. Vários estudos demonstram alterações na riqueza de espécies nos lagos do Parque Estadual do rio Doce, após a introdução (colonização) das espécies exóticas (Sunaga & Verani, 1985, 1987, 1989, 1991; Godinho & Formagio, 1992; Latini, 2001, 2004).

Outras espécies exóticas foram introduzidas nos lagos do médio rio Doce, como o Cará do Amazonas (*Astronotus Ocellatus*), no final da década de 70 e o Tamboatá (*Hoplosternum litoralle*), conhecido na região como peixe-pedra, Tilápia (*Oreochromis niloticus*), Bagre africano (*Clarias gariepinus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*) nos últimos anos (Latini *et al*, 2004). Os efeitos dessas introduções sobre a comunidade de peixes nativos ainda são desconhecidos.

Esse estudo teve como objetivo fazer um levantamento da riqueza de espécies de peixes em 8 lagos da bacia do médio rio Doce, através de coletas de campo aliados aos dados de trabalhos anteriores, bem como avaliar a influência exercida pelas espécies exóticas introduzidas na comunidade local.

MACRÓFITAS

Em ecossistemas aquáticos continentais, as vias básicas de entrada de matéria orgânica de origem autóctone (fixação do carbono inorgânico) são (i) a comunidade fitoplanctônica, que por muitos anos foi considerada a principal responsável pela produção primária (Westlake, 1963; Davies, 1970), (ii) a comunidade perifítica e (iii) a comunidade de macrófitas aquáticas. Esta última é especialmente importante em regiões tropicais, onde a maioria dos ecossistemas aquáticos apresenta pequena profundidade e extensas regiões litorâneas, possibilitando o estabelecimento de grandes áreas colonizadas por esta comunidade (Esteves, 1998). Atualmente, sabe-se que a comunidade de macrófitas aquáticas é a mais produtiva da biosfera (Moss, 1993).

Estudos abordando a comunidade de macrófitas aquáticas no Parque Estadual do Rio Doce (PERD) são escassos, com exceção do recente levantamento florístico executado por Costa et al. (2004). O presente relatório faz parte do projeto “ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS - BIOTA AQUÁTICA COM ÊNFASE NA BACIA DO RIO DOCE”, EDT 1541 (FAPEMIG) Projeto FUNDEP: 5734 - RIO DOCE, e traz os resultados do primeiro levantamento sistemático de espécies de macrófitas aquáticas na região do PERD e áreas de entorno.

BASE LEGAL

A Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente prevê a divulgação de dados e informações ambientais para a formação da consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico (art. 4,V). O artigo 9 diz que entre os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente está a garantia da prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se ao Poder Público produzi-las, quando inexistentes.

O Projeto contribui para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade (Decreto Nº. 4.339 de 22 de agosto de 2002) em atendimento aos componentes:

Componente 1 - Conhecimento da Biodiversidade

Componente 2 - Conservação da Biodiversidade

Componente 4 - Monitoramento, Avaliação, Prevenção e Mitigação de Impactos sobre a Biodiversidade.

Componente 6 – Educação, sensibilização pública, informação e divulgação sobre a biodiversidade .

Considerando a Lei nº 10.650 de 16 de agosto de 2003 que dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, todos esses órgãos ficam obrigados a permitir o acesso público aos documentos, expedientes e processos administrativos que tratem de material ambiental e a fornecer todas as informações ambientais que estejam sob sua guarda, em meio escrito, visual, sonoro ou eletrônico. O artigo 2º enumera os diferentes tipos de informação ambiental a que se refere esta lei e inclui a diversidade biológica.

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do projeto está centrado na organização, disponibilização e disseminação de conhecimento sobre a diversidade biológica em um recurso hídrico de grande importância para o estado de Minas Gerais: o rio Doce. Pretende-se desenvolver um portal de serviços *web* onde sejam disponibilizados produtos e serviços direcionados não somente para os tomadores de decisão no âmbito governamental mas a todos os gestores de políticas públicas.

O portal de serviços *web* inclui os seguintes elementos:

(a) um banco de dados georeferenciado contendo as informações sobre a biodiversidade em recursos hídricos do médio rio Doce, coletadas nesse presente estudo;

(b) um banco de dados bibliográficos sobre pesquisas já realizadas na região envolvendo artigos publicados, teses de doutoramento e dissertações de mestrado, na íntegra em formato,PDF;

(c) um banco de imagens sobre contendo micrografias, painéis e esquemas taxonômicos que facilitem ao usuário o imediato reconhecimento dos organismos coletados, já identificados e presentes no banco de dados;

(d) Todas as informações contidas nesse banco de dados estarão ligadas a planos de informação e poderão ser visualizadas juntamente com informações sobre a hidrografia, malha viária, sedes municipais, polígonos de unidades de conservação, modelo digital de terreno e imagens landsat.

(f) acessos diferenciados seja ao público-alvo (acesso irrestrito) bem como a

diferentes membros da equipe (serviços restritos).

(g) um vídeo contendo uma mensagem do coordenador da pesquisa.

(h) o portal ainda contém a íntegra de cada sub-projeto realizado bem como uma série de serviços adicionais tais como pronto acesso via e-mail a cada membro bem como com o coordenador da pesquisa.

Esse portal pretende integrar-se em rede com outras iniciativas no sentido de ser uma forma articulada de disseminação do não só do conhecimento a ser aqui gerado mas sobretudo daquele outro já disponível. O portal deverá estar no futuro associado a coleções biológicas sejam elas do estado ou não e nesse sentido, o objetivo geral poderá também ser traduzido no fortalecimento da pesquisa e a melhoria das estratégias de conservação do ambiente em questão dando ainda apoio à capacidade taxonômica instalada no país.

O presente projeto pretende evitar a duplicidade de esforços, identificando, reconhecendo, articulando e integrando com as iniciativas existentes. Pretende-se ainda evitar a redundância no desenvolvimento de estruturas de bancos de dados. Finalmente, procurar-se-á adotar a interoperabilidade entre protocolos e padrões já existentes.

O projeto pretende gerar um banco de dados dados georeferenciado envolvendo variáveis físico-químicas comumente usadas para o cálculo de vários índices de qualidade de água ou de trófia ao lado de variáveis ligadas ao inventário da biodiversidade aquática. O banco de dados estará voltado para as bacias hidrográficas de Minas Gerais mas será inicialmente aplicável à bacia do Rio Doce, onde serão feitas coletas em diferentes sistemas lóticos e lênticos cobrindo toda a extensão da bacia e os diferentes tipos de impactos antrópicos ali existentes.

O sistema permitirá diferentes tipos de acesso para cada tipo de usuário via Internet. As informações poderão estar disponíveis tanto na forma de tabelas e/ou gráficos bem como em mapas gerados a partir de aplicativos GIS (Georeferenciados). Pretende-se ainda elaborar um protocolo padrão (mínimo) para obtenção de dados sobre biodiversidade aquática que poderá ser aplicável a todas as bacias do estado, com as devidas modificações regionais. O servidor central estará baseado no IGAM que também será o responsável pela manutenção do sistema.

O presente projeto tem como objetivo gerar e disponibilizar via internet, um banco de dados georeferenciado contendo dados sobre composição,

A premissa básica da proposta pode ser sintetizada da seguinte forma:

“os sinais biológicos oferecem uma melhor informação sobre a qualidade de água, refletindo de modo mais adequado (mais rapidamente e mais especificamente) aos diferentes impactos antrópicos”.

Essa premissa por sua vez pode ser traduzida em um conjunto de hipóteses específicas que serão testadas no estudo:

- (a) quais são as respostas em termos de riqueza, diversidade, abundância e biomassa de espécies de biótopos aquáticos associadas às mudanças na qualidade de água dos diferentes tipos de ambientes amostrados?
- (b) Em termos de ambientes lênticos (lagos), quais são os organismos que mais respondem às variações de qualidade de água e aos impactos de diferentes usos do solo?
- (c) Em termos de ambientes lóticos (rios), quais são os organismos que mais respondem às variações de qualidade de água devidas à contaminações por esgotos domésticos e industriais?
- (d) Existem mudanças significativas no pool (reservatórios) de espécies amostradas nos diferentes ambientes?
- (e) Quais são os principais impactos advindos da introdução de espécies exóticas nos lagos situados no distrito lacustre do médio rio Doce?

A construção do banco de dados que permitirá operações lógicas e associativas entre as informações coletadas ao lado da abordagem georeferenciada e quantificada das atividades humanas na bacia poderão enfim responder à questão:

- (f) Em que medida as principais atividades antrópicas da bacia (pecuária , silvicultura e mineração) afetam a biodiversidade aquática dos grupos enfocados?

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, quantificar e registrar os organismos que compõem as principais comunidades aquáticas do Médio Rio Doce (MG), dando um panorama geral da sua composição.
- Avaliar o estoque de espécies componentes de alguns dos principais componentes (comunidades) da biota aquática da bacia do médio Rio Doce.
- Avaliar prováveis modificações na estrutura dessas comunidades a partir do levantamento de trabalhos já realizados e de coletas sazonais .
- Formar um banco de dados que será disponibilizado na WEB.

- Organizar um banco digital de informações de literatura prontamente acessível via web catalogando a literatura existente na área de estudos.

ÁREA DE ESTUDO

A região do médio rio Doce está localizada na porção leste do estado de Minas Gerais, denominada Vale do Aço. A parte mineira da bacia do rio Doce estende-se pelas porções leste e sul do estado. Os solos são classificados predominantemente como latossolos vermelho-amarelo, mas com ocorrências localizadas de hidrossolos ou cambissolos. Além do distrito lacustre e do parque estadual do Rio Doce, o que realmente chama mesmo a atenção é que a região que antes era coberta por Mata Atlântica, sofreu ao longo dos últimos 50 anos um profundo processo de desmatamento e substituição da mata nativa por plantios de eucalipto. A Mata Atlântica está entre os biomas mais ameaçados do Brasil estando hoje reduzida a cerca de 4-5% de sua extensão original. Ela apresenta altíssima biodiversidade, sendo considerada prioritária para os investimentos conservacionistas em toda a região neotropical. O vale do médio Rio Doce (MG) abriga mais de 60% dessa biodiversidade, incluindo uma percentagem ainda maior das espécies endêmicas a esse bioma. Apesar de muito afetada pelo desmatamento, a Mata Atlântica brasileira pode chegar a abrigar cerca de 60% da biodiversidade dos biomas tropicais (Fonseca1997).

Uma das principais unidades de conservação de proteção integral da Mata Atlântica brasileira, é o Parque Estadual do Rio Doce - PERD, que é o maior remanescente desse bioma em Minas Gerais. Esta unidade de conservação representa uma importante contribuição para a manutenção da biodiversidade regional, considerando-se o grau de devastação da região, particularmente a alta taxa de perda da cobertura vegetal resultando na ameaça de extinção de várias espécies. O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) está localizado entre as coordenadas 19° 29' 24" - 19° 48' 18" S; 42° 28' 18" - 42° 38' 30" W e possui uma área de 36.000 hectares com diferentes estágios sucessionais da mata atlântica. Na região, existem ainda de inúmeros fragmentos de mata com 10-100 hectares disseminados.

Na região do médio rio Doce encontra-se um dos maiores complexos lacustres do Brasil, com cerca de 140 lagos, possuindo características ecológicas muito distintas, com lagos nos mais variados estágios de evolução.(Seeliger, et al. 2002). Segundo Godinho e Vieira (1998), são encontradas nesses lagos 25 espécies nativas de peixes.

O vale do rio Doce, é uma das regiões que mais crescem em todo estado de Minas Gerais, devido ao fato de ser rica em recursos minerais. Com isso, as necessidades da população local por espaço e recursos bem como por áreas de lazer aumentaram muito, o que leva a uma deteriorização ambiental cada vez maior mesmo dentro das unidades de conservação.

A área de estudo do projeto “Elaboração de um Banco de Dados sobre Recursos Hídricos em Minas Gerais - Biota Aquática com Ênfase na Bacia do Rio Doce” inclui, portanto, uma grande diversidade de ambientes nos mais variados estágios de conservação, existindo desde áreas sistematicamente alteradas (plantios de *Eucalyptus* spp, mineração/garimpo) até áreas protegidas oferecendo, dessa forma, amplas oportunidades para estudos comparativos, básicos e aplicados. Nestas áreas, uma avaliação da qualidade das águas, incluindo sua diversidade biótica, é fundamental para a manutenção das atividades sócio-econômicas da região, além de fornecer elementos essenciais para a definição de políticas e propostas de recuperação, manejo e conservação dos ecossistemas envolvidos.

As atividades foram desenvolvidas em distintas áreas da região, incluindo áreas preservadas no PERD, além de áreas sob impactos antrópicos principalmente resultantes das atividades de monocultivo de *Eucalyptus* e indústria de celulose. Os ecossistemas aquáticos em estudo incluem 3 lagos naturais localizados dentro do PERD (Carioca, Gambazinho e Dom Helvécio) e quatro localizados em áreas de monocultivo de *Eucalyptus* spp (Jacaré, Águas Claras, Palmeirinha, Amarela e Malba).

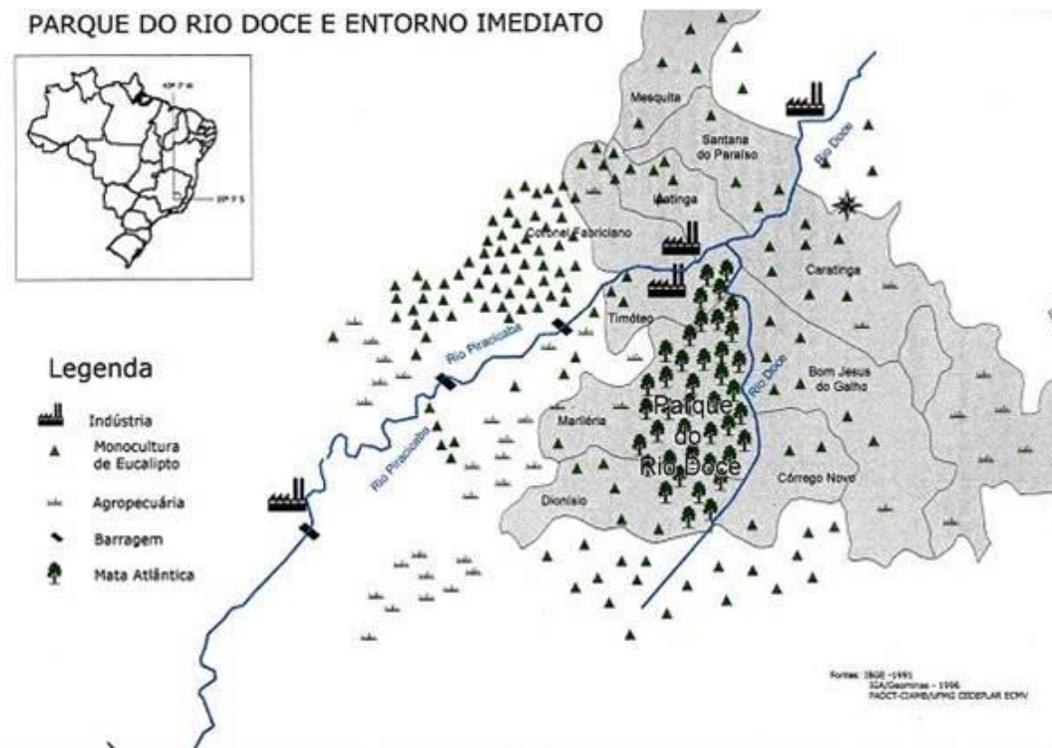


Figura 1 - Bacia do rio Doce e principais afluentes no entorno do Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Notar que a região é dominada por silvicultura intensiva e por áreas de pastos. Nessa região existem ainda três grandes concentrações industriais a saber: Monlevade, Acesita, Ipatinga (Usiminas) e Cenibra (Companhia Vale do Rio Doce). Extraído do Projeto Banco de dados/Biota de Recursos Hídricos/Fundep/FAPEMIG-(http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/a_estudos.htm).

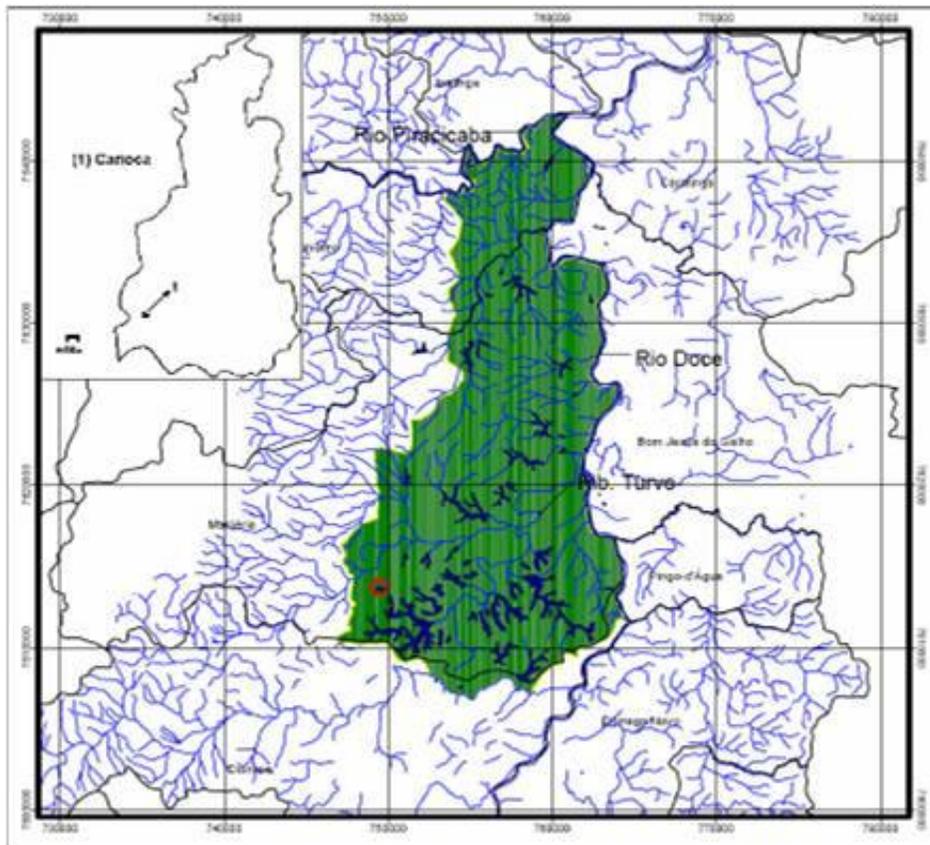
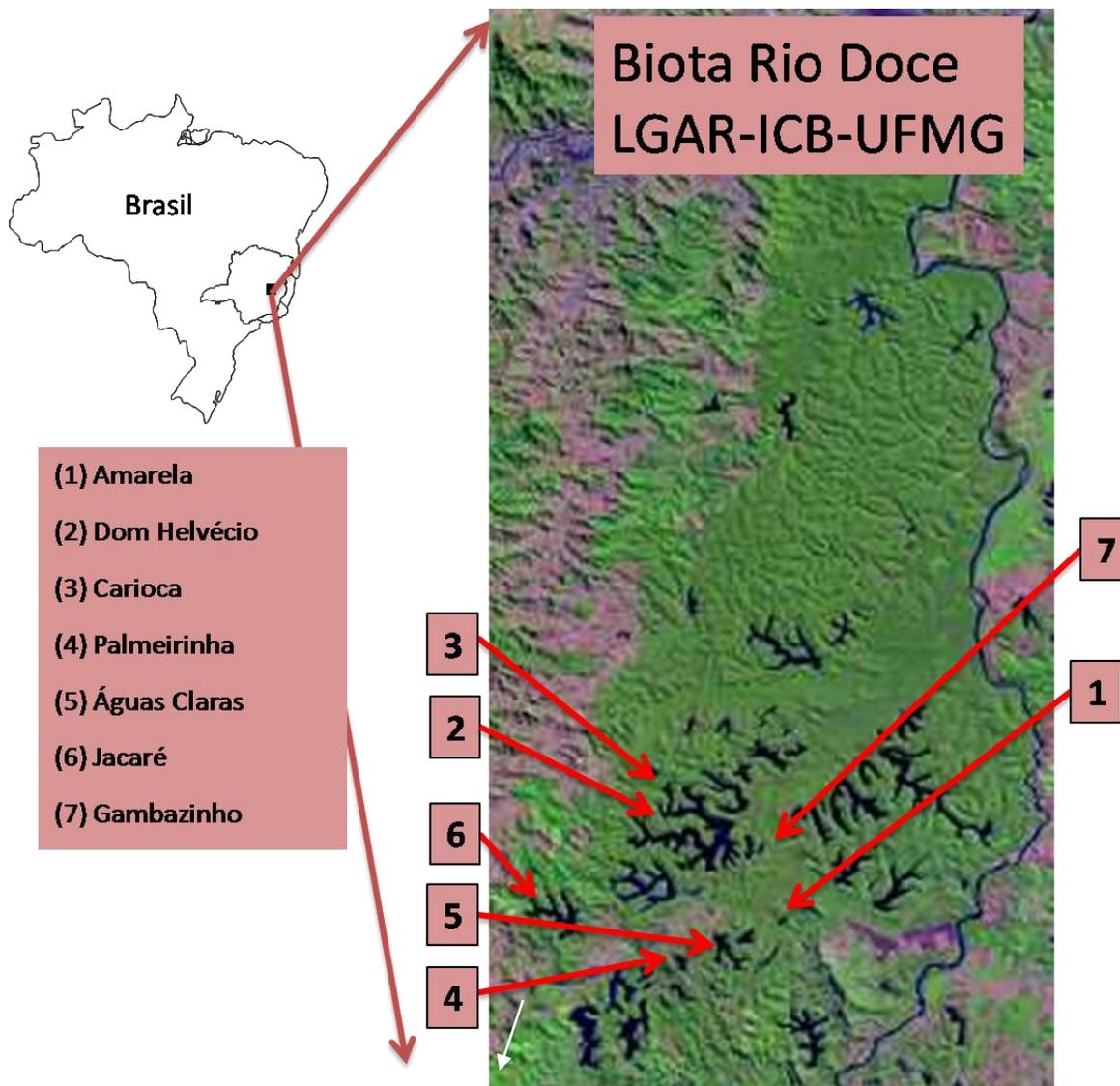
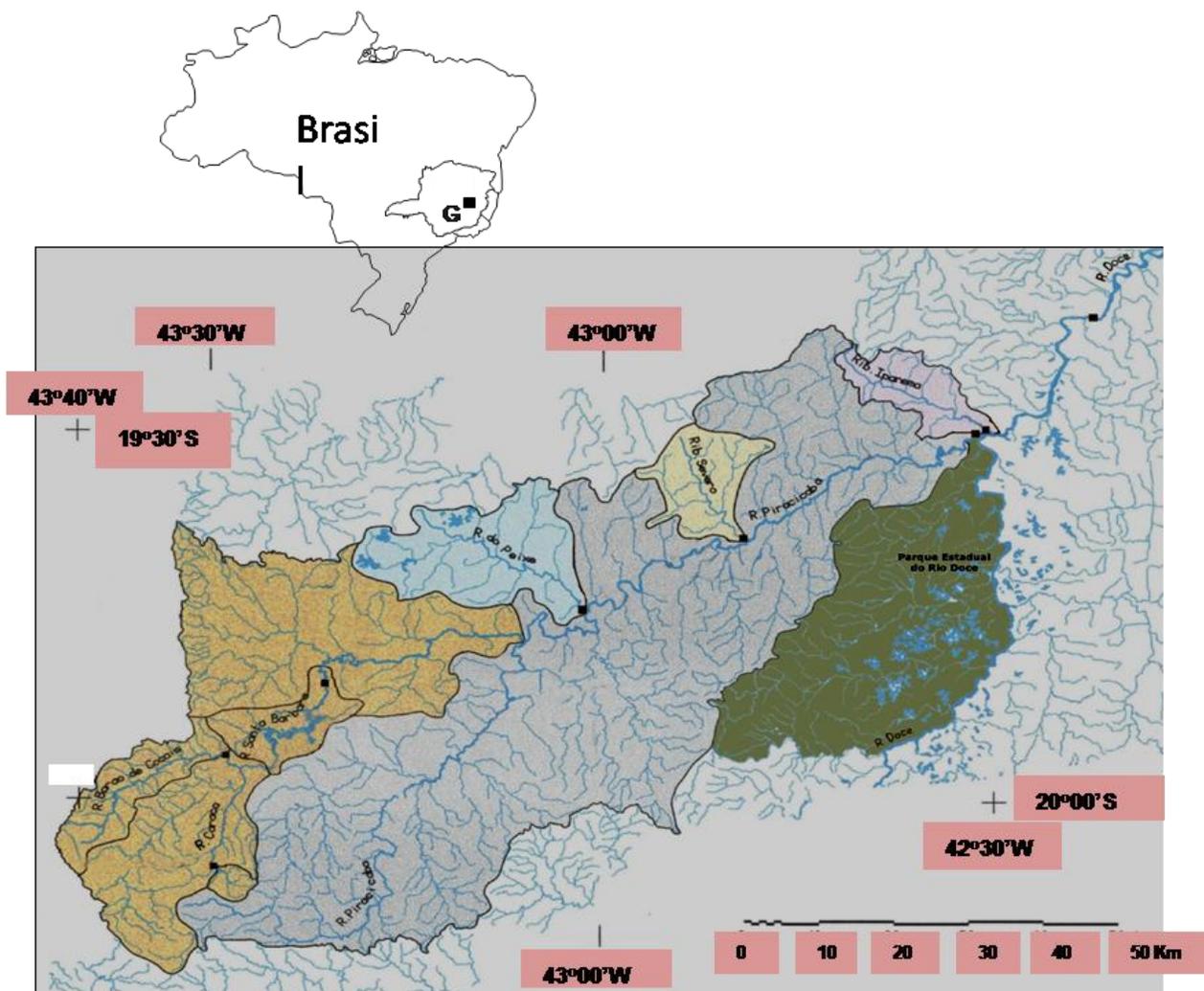


Figura 2 - Complexo lacustre do PERD com destaque para a Lagoa Carioca (detalhe).
 Fonte: IEF – Coordenadoria de Monitoramento (www.ief.mg.gov.br). Detalhe modificado de Barbosa *et al.* (2005).



fonte: modificada da EMBRAPA (<http://www.embrapa.gov.br>).

Figura 3A: Localização e nomes de parte do sistema lacustre do médio rio Doce-MG indicando os lagos amostrados. Esquema extraído do Relatório 2003 do PELD (<http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/>)



Fonte: modificada de Paula et al. (1997).

Figura 3B - Localização das sub-bacias e as estações de amostragens (pontos lóticos) no trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Os pontos em negro, representam as estações de coletas.

Tabela 1A - Coordenadas geográficas dos lagos amostrados (coordenadas geográficas dos pontos de coleta em ambientes lênticos).

	Ponto	Latitude	Longitude	Profundidade máxima(m)
	LAGOAS			
1	Lagoa Águas Claras	S 19° 49' 1,7"	W 42° 35' 47,5"	8,5
2	Lagoa Amarela	S 19° 49' 38"	W 42° 34' 51"	2,5
3	Lagoa Carioca	S 19° 45' 26,3"	W 42° 37' 6,2"	11,80
4	Lagoa Dom Helvécio	S 19° 46' 56,7"	W 42° 35' 29,1"	32,5
5	Lagoa Gambazinho	S 19° 47' 10,6"	W 42° 34' 48,3"	10,3
6	Lagoa Jacaré	S 19° 48' 4,1"	W 42° 35' 56,5"	9,8
7	Lagoa Palmeirinha	S 19° 49' 44,5"	W 42° 36' 22,4"	6,5

Tabela 1B - Localização das estações de amostragem nos ambientes lóticos da bacia do médio rio Doce.

	Rios	Datas das Coletas	Latitude	Longitude
1	Caraça	13/08/2004	7776047 20°06'00"S	0659528 43°29'09"W
2	Barão de Cocais	13/08/2004	7792500 19°57'27"S	0659747 43°28'24"W
3	Santa Bárbara	13/08/2004	7806279 19°50'01"S	0672550 43°21'14"W
4	Peixe	15/08/2004	7815780 19°44'35"S	0707415 43°01'16"W
5	Severo	14/08/2004	7827260 19°36'57"S	0728996 42°50'50"W
6	Piracicaba	14/08/2004	7842933 19°29'25"S	0760578 42°31'08"W
7	Rio Doce	14/08/2004	7861628 19°19'12"S	0776953 42°21'52"W
8	Ipanema	14/08/2004	7845021 19°28'14"S	0759089 42°32'01"W

As coletas de amostras de água, sedimento e demais análises biológicas bem como a realização de medições in loco das características dos corpos d'água foram realizadas em julho/2004, janeiro/2005 e agosto/2005, compreendendo, portanto, dois períodos dentro da estação seca, ou seja, durante o inverno (julho/04 e agosto/05) e um período no verão, durante a estação chuvosa (janeiro/05) (Tabelas 1 A e 1 B).

COLETAS EM AMBIENTES LÊNTICOS

Foram selecionadas três lagoas no PERD (Dom Helvécio, Carioca e Gambazinho) e quatro lagoas no seu entorno, ou seja, as lagoas Amarela, Águas Claras, Jacaré e Palmeirinha (Fig. 3A) (Tab. 1 A). A lagoa do Dom Helvécio é o maior lago do sistema (6,87 km² de superfície, 32,5 m de profundidade máxima), é aberto a turistas para pesca desportiva, banho e passeios de barco. A lagoa Carioca (0,13 km² de superfície, 11,8 m de profundidade máxima) não é aberta a visitantes, apresentando-se mais preservada.

A lagoa Gambazinho, também fechada à visitação, é a única dos ambientes amostrados que não tem histórico de introdução de espécies de peixes exóticas.

Dos lagos no entorno do PERD, a lagoa Amarela é a menor e mais rasa contando com cerca de 0,11 km² de superfície e 2,0m de profundidade máxima, estando hoje colonizada por uma densa comunidade de macrófitas aquáticas emersas e submersas, sendo provavelmente o lago mais eutrófico do sistema.

A lagoa Águas Claras apesar de situada em área de plantação de *Eucalyptus* spp. É tida ainda como uma lagoa menos impactada mas no presente estudo iremos mostrar que, ao contrário, ela já apresenta muitos sinais de clara degradação de sua qualidade de água.

A lagoa Palmeirinha é pequena mas sofre também a influência direta de uma carvoaria.

Finalmente, a lagoa Jacaré (1,03 km² de superfície, 10 m de profundidade máxima), além de circundadas por monoculturas de *Eucalyptus* spp., está em região de fácil acesso ao longo da estrada que vai a Cel. Fabriciano, abrigando clubes de pesca e recebe ainda lançamentos intermitentes de efluentes domésticos não tratados.

COLETAS EM AMBIENTES LÓTICOS

Os ambientes lóticos estudados (Figura 3B) foram representados por oito estações de amostragem das sub-bacias dos rios Caraça, Barão de Cocais, Sta. Bárbara, Peixe, Severo, Piracicaba, Ipanema e Doce (Tab 1B). Este trecho possui regiões com diferentes características ambientais compreendendo desde áreas protegidas por unidades de conservação até áreas sujeitas a diferentes graus de impacto antrópico, o que possibilita estudos comparativos. Nos pontos de amostragem, o rio Caraça é um trecho de 2^a ordem; os rios Barão de Cocais, Severo e Ipanema são de 3^a ordem; o rio Peixe é de 4^a ordem; o rio Sta. Bárbara é de 5^a ordem e os rios Piracicaba e Doce de 6^a e 7^a ordens, respectivamente.

Apesar de estar contido na sub-bacia do rio Sta. Bárbara, o ribeirão Caraça pode ser tratado isoladamente por se localizar em uma unidade de conservação (Parque Natural do Caraça, município de Santa Bárbara), o que lhe confere uma condição particular em função da maior proteção, maior altitude e cobertura vegetal distinta. O impacto de atividades urbanas e de serviços é pequeno, restringindo-se a atividades orientadas de turismo e lazer, concentrados em feriados e fins-de-semana. Localizada a 1200 m de altitude, esta estação de coleta possui águas predominantemente frias, ácidas e pobres em nutrientes, constituindo um ambiente bastante diferenciado dos demais.

No ribeirão Barão de Cocais, a jusante da cidade de Barão de Cocais, está situada uma estação de amostragem que sofre os impactos do esgoto doméstico sem tratamento dessa cidade, somados aos despejos industriais (fenóis e amônia, principalmente) provenientes das atividades siderúrgicas.

A estação de coleta do rio Santa Bárbara se apresenta em uma situação melhor, em parte por possuir uma vazão superior à do Ribeirão Barão de Cocais, seu afluente. Localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, a jusante do Reservatório de Peti, esta a estação de amostragem apresenta a extração localizada de areia do leito do rio como o principal impacto.

A estação de coleta do rio Piracicaba, dentro de Ipatinga, recebe o enorme impacto derivado das atividades industriais da planta da USIMINAS, além de parte do esgoto urbano de Coronel Fabriciano e de pequena parte dos esgotos de Ipatinga.

A sub-bacia do rio do Peixe drena parte do município de Itabira. O ponto de coleta localizou-se um pouco antes de sua confluência com o Rio Piracicaba. O rio sofre

principalmente o impacto decorrente da atividade de mineração da Companhia Vale do Rio Doce, muito concentrada no minério de ferro, mas também na exploração de ouro. Recebe também parte do esgoto urbano do município de Itabira.

O ribeirão Severo representa uma pequena sub-bacia que sofre relativamente poucos impactos antrópicos e apresenta-se numa situação relativamente estável. O ponto de coleta está no município de Antônio Dias e tem como principais atividades do seu entorno a agropecuária de subsistência, concentrada em pequenas propriedades, e o reflorestamento com monocultura de *Eucalyptus* spp. Esta sub-bacia não apresenta grandes concentrações urbanas, com exceção das três pequenas sedes administrativas, nem atividade mineradora significativa. A topografia da região é bastante acidentada, o que contribui para a autodepuração do rio.

O ribeirão Ipanema drena a totalidade do município de Ipatinga, apresentando altos níveis de degradação ambiental. O ribeirão Ipanema é hoje caracterizado como o coletor da grande massa de esgotos domésticos de Ipatinga, além dos efluentes de diversas pequenas indústrias como curtumes, matadouros, empresas de transporte, entre outras. Este rio tem grande parte do seu percurso canalizado e retificado, inclusive no ponto de coleta deste estudo. A situação geral da qualidade da água neste ribeirão pode ter sofrido importantes alterações com a instalação da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) a partir de setembro de 2002.

A estação de coleta localizada no rio Doce, está à jusante dos lançamentos de efluentes da empresa Companhia Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), imediatamente abaixo da Cachoeira Escura, elemento natural importante para a recuperação da qualidade das águas do Rio Doce a partir deste trecho.

METODOLOGIA

PICOPLÂNCTON

COLETA

Na profundidade desejada coletou-se com garrafa amostradora 200 ml que foram acondicionadas em frasco de PVC limpo ao qual foram adicionados 40 ml de formol (37%). Os frascos foram estocados no escuro a 4 °C por até 48 horas.

Preparo de solução estoque *DAPI*

Acrescentaram-se 0,2 ml (=70 mg) de solução DAPI (1,4 mg/ml) em um balão volumétrico de 500 ml contendo água ultra-filtrada e destilada (Milli-Q) para uma concentração final de 0,4 mg DAPI / ml.

Filtragem

Sobre um filtro (Millipore, 0,4µm, HEFHTBPO2500) de membrana de Ø25 mm pipetou-se uma alíquota de 0,3 ml da amostra fixada à qual se juntaram 2,0 ml do corante DAPI. Espera-se por 10 minutos e após este tempo procedeu-se a filtração à vácuo usando um aparato SS25m e uma bomba à vácuo KNS (-600mbar). O filtro foi então acondicionado a uma placa de petri contendo um pré-filtro GF/C de 97 mm de Ø.

Contagem das bactérias

O filtro foi retirado cuidadosamente com uma pinça e transferido para uma lâmina limpa. A seguir, foi adicionada uma gota de óleo de imersão na lâmina. O material, então, foi levado ao microscópio de epifluorescência para a realização da contagem (aumento de 100x, lâmpada de mercúrio 30W, filtro UV, objetiva cromática, filtro central). Foram contados cerca de 30 campos para cada lâmina. As densidades dos indivíduos em cada amostra foram obtidas usando-se a fórmula:

$$D = \frac{X \cdot A}{V \cdot Y}$$

D= n° de indivíduos / ml de água do lago;

X= n° de indivíduos contados no filtro;

A= Área do filtro;

V= volume filtrado;

Y= Área varrida.

A área varrida (Y) foi determinada pela multiplicação dos campos contados (C) pela área de cada campo (a).

FITOPLÂNCTON

As coletas foram realizadas em julho/2004, janeiro/2005 e julho/2005 nas lagoas Dom Helvécio (DH), Carioca (CAR) e Gambazinho (GAM), dentro do PERD, e Jacaré (JAC), Águas Claras (AC), Palmeirinha (PAL) e Amarela (AM), no entorno do parque em áreas de monocultivo de *Eucalyptus* sp.

As amostras foram coletadas com garrafa de Van Dorn (2Litros), nas profundidades onde ocorria 100% de intensidade luminosa (superfície), 10% e 1%; tais profundidades foram determinadas através do disco de Secchi,, sendo as amostras integradas acondicionadas em frascos, fixadas com lugol acético e mantidas no escuro. Para análise qualitativa foram realizados arrastos horizontais e verticais (na zona limnética), com o uso da rede de 20 µm de abertura de malha. Puxando até a superfície e lançando-a horizontalmente. As amostras foram fixadas com formol 8%. O volume do fixador corresponde ao volume de amostra coletada.

Foram mensuradas a riqueza, a abundância e a densidade fitoplanctônica. A riqueza específica foi medida através dos táxons presentes em cada amostra. Para a identificação taxonômica do fitoplâncton, quando possível á nível específico, serão consultadas as chaves de identificação de Pádisac, 2002 e Bourrely, 1968-1970-1972. Os organismos foram foto-documentados utilizando câmera CoolSnap-Pro Color e software Image-Pro Express.

A abundância do fitoplâncton (maior que 20 micra) foi obtida quantitativamente pela técnica do microscópio invertido (Utermohl, 1958; Lund, 1959) sendo que sendo as amostras previamente sedimentadas por pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara (Margalef, 1983). Foi usando um microscópio invertido Olympus nos aumentos nos aumentos (objetivas) 10X e 100X e cubetas cilíndricas de pexiglas de

diferentes volumes. Para cada amostra foram identificados 400 indivíduos ou 50 campos. (Fig. 4).



Figura – 4 Cubeta de sedimentação Hydro-Bios usada para a contagem de organismos fitoplanctônicos pela técnica de Ütermohl. Na foto, a cubeta de 10 ml de capacidade, usada nas estações oligotróficas. Nos locais mais ricos em algas, usou-se a cubeta de 5,0 ml.

Os resultados foram expressos em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro. A densidade dos organismos foi calculada segundo Vilafañe e Reid (1995):

$$Ab = Nc \times Ac$$

Onde:

Ab= Área varrida (mm²);

Nc= Número de campos contados;

Ac= Área do campo da objetiva (mm²).

$$Vb = \frac{Ab \times V}{At}$$

At

Onde:

Vb = Volume varrido (ml);

Ab = Área varrida (mm²);

V = Volume sedimentado (ml);

At = Área total da câmara de sedimentação (mm²);

$$C = \frac{N}{Vb}$$

Vb

Onde:

C= Densidade (indivíduos /ml);

N= Número de indivíduos contados na amostra;

Vb= Volume varrido (ml).

A diversidade foi calculada de acordo com o índice de Shannon-Wiener..

Os dados foram planilhados em Excel e analisados estatisticamente por Análise de Correlação e Análise de Componente Principal (ACP) com o auxílio do software Sigma-Stat versão 3.1.

ZOOPLÂNCTON

Foram realizadas três coletas com um espaço de tempo de aproximadamente seis meses entre uma e outra, de modo que houve amostragem em período de seca e de chuva nas seguintes datas: 26-29 julho/04, 24-28 janeiro/05, 21-24 agosto/05.

Sete lagos foram amostrados: Águas Claras, Amarela, Palmeirinha, Jacaré, Carioca, Dom Helvécio e Gambazinho. Dentre esses, os três últimos se localizam dentro da Unidade de Conservação (Parque Estadual do Rio Doce) enquanto os quatro primeiros nas adjacências do PERD, numa área ocupada por plantio de eucalipto; enquanto o lago Jacaré, é explorado para pesca e se encontra numa área mesclada com eucalipto e mata nativa.

Os lagos que se situam dentro da Unidade de Conservação estão circundados por vegetação secundária da Mata Atlântica. O lago Dom Helvécio apresenta forma dendrítica

(cinco braços principais), superfície de 687 ha e profundidade máxima de 32,5 m. O lago Carioca, apresenta uma área de 13,3 ha e profundidade máxima de 11,8 m. O lago Gambazinho é o menor dos ambientes estudados, com 10,4 ha de superfície e 10,3 m de profundidade. O lago Carioca vem sofrendo introdução de espécies exóticas desde a década de 70, conforme versa Sunaga e Verani (1991) e Latini e Petreire (2004). Atualmente, o tucunaré (*Cichla cf. monoculus*) e a piranha (*Pygocentrus nattereri*) fazem parte da ictiofauna do lago Carioca, devido ao exposto acima. De acordo com Mota et al. (2005) atualmente o conhecido “tamboatá” (*Hoplosternum littorale*) faz parte da ictiofauna desse lago, agravando as consequências de tal exposição. As consequências diretas deste tipo de impacto podem ser observadas através de alterações na estrutura e composição das comunidades mas também nos processos que regem a dinâmica das populações envolvidas (Santos et al. 1994).

Aqueles situados fora do PERD, como Lagoa Amarela, Águas Claras, Jacaré e Palmeirinha se localizam em uma região dominada pela presença de plantações de *Eucalyptus* sp. Na lagoa Jacaré, além da monocultura, funciona um clube de pesca, com local para camping. Este ambiente possui uma superfície de 103,1 ha e uma profundidade máxima de 9,8 m. A lagoa Amarela, em estágio final de sucessão, é uma lagoa rasa (2,5 m de profundidade), densamente colonizada por macrófitas. As lagoas Palmeirinha e Águas Claras apresentam 6,5 e 8,5 metros de profundidade, respectivamente.

Pelo fato de a lagoa Amarela ser pouco profunda, a rede de mesozoplâncton que tem cerca de 1,5m não pôde ser submergida para realização do arrasto vertical dessa comunidade, pois ao lançá-la, o sedimento seria alcançado e influenciaria a coleta desejada. Devido a isso foi feita coleta somente da fração microzooplânctônica durante todas as épocas de amostragem: 26-29 julho/04, 24-28 janeiro/05 e 21-24 agosto/05.

A coleta foi realizada por instrumento de arrasto (rede planctônica) que promove uma filtragem dos organismos *in situ* Edmonson & Winberg (1971) apud Coelho, R.M.P., (1983); para coleta de amostras de mesozoplâncton, utilizou-se uma rede de nylon de malhas 200 µm e diâmetro de boca igual a 40 cm e para a coleta de microzooplâncton, uma rede de 60 µm. Os arrastos foram feitos na zona limnética, sendo a rede descida à profundidade específica de cada estação (conforme indicado nas tabelas de cada estação de coleta). A seguir a rede foi levantada numa velocidade constante até a superfície. O

material coletado no frasco conectado ao final da rede, correspondente ao volume filtrado definido pela seguinte relação:

$$V_f = \pi \cdot r^2 \cdot d \cdot 1000$$

Onde:

V_f = volume de água filtrada (litros)

r = raio da boca da rede ($r=0,15$ m- para microzooplâncton e $r=0,2$ para mesozooplâncton);

d = profundidade a partir da qual a rede é levantada até a superfície.

Preservação da Amostra:

Cada amostra foi colocada em um frasco de 200 mL. A fixação foi feita imediatamente à colocação do volume filtrado nos frascos plásticos. Foi usado com agente fixador: uma solução de formalina 4% com sacarose (250 g de sacarose para 1 litro de fixador) neutralizada com bórax (em pH neutro). Não houve intenção de corar os organismos, uma vez que acredita-se que somente com formalina mais sacarose, uma boa preservação é garantida. Cerca de 20 mL do fixador foram adicionados a cada amostra.

Sub - amostragem

No laboratório, o volume de cada amostra foi medido numa proveta graduada e anotado. A seguir a amostra foi colocada num béquer e homogeneizada. Com a amostra ainda em agitação, uma sub-amostra foi tomada com o auxílio de uma pipeta não-seletiva de Hensen-Stempel (Figura 4) de 1,0 mL de capacidade. O conteúdo desta pipeta foi então depositado numa câmara de contagem do tipo Sedgwick-Rafter (S-R) também de 1 (um) mL de capacidade.

Cálculos:

O número de organismos de zooplâncton foi calculado pela seguinte fórmula:

$$Densidade = \frac{n^{\circ} \text{ contado} \times \left(\frac{V_a}{n^{\circ} \text{ Cub}} \right)}{V_f}$$

Onde:

n° contado = número total de indivíduos contados

v_a = volume da amostra em mL

n° Cub = n° de cubetas (Sedgwick-Rafter) contadas.

V_f = volume em mL filtrado pela rede de coleta.

Em laboratório os organismos encontrados neste material foram contados, identificados e fotografados. As identificações foram realizadas com o auxílio de um microscópio binocular equipado com uma câmera de vídeo.

Para adequada identificação foram enviados espécimes para especialistas da área de Copepoda, (Dra. Janete W. Reid) e de Cladocera (Dra. Lourdes Maria A . El-Moor Loureiro). À Dr. Reid foram enviados espécimes de todos os sete lagos estudados a fim da mais completa identificação de Copepoda possível. À Dr^a. Loureiro, foram enviados espécimes de Cladocera de quatro dos sete lagos em estudo (Amarela, Águas Claras, Dom Helvécio e Jacaré). Devido ao pouco tempo disponível para preparar amostras para identificação, o lago Palmeirinha fora excluído desse “tratamento”, mas o mesmo não ocorreria com os lagos Carioca e Gambazinho, visto que o primeiro não apresentara nenhum indivíduo de Cladocera durante as três coletas realizadas enquanto o lago Gambazinho apresentou dentro do mesmo período somente um único indivíduo de Cladocera: *Diaphanosoma*. Para tal identificação, recorreu-se ao manual de identificação “ Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil” da mesma identificadora, Em-Moor Loureiro (1996). Não foi possível enviar espécimes para os outros grupos em razão de tempo reduzido para preparar amostras e o prazo de identificação e envio de resposta. Esta é uma razão para tais grupos serem enfatizados no presente estudo. Para proceder-se às análises multivariadas, foi acessado o software “STATISTICA”(SoftStat) a fim de se apurar melhor os resultados e correlações dos dados.

Abaixo, fotografias dos materiais/equipamentos utilizados durante a coleta e sub-amostragem e contagens dos organismos em laboratório (Figura 5).



Figura 5 A - Aparelhagem usada para as coletas de zooplâncton: (a1) rede de arrasto 68 μ m(microzooplâncton), (a2) Rede de arrasto 200 μ m(mesozooplâncton)

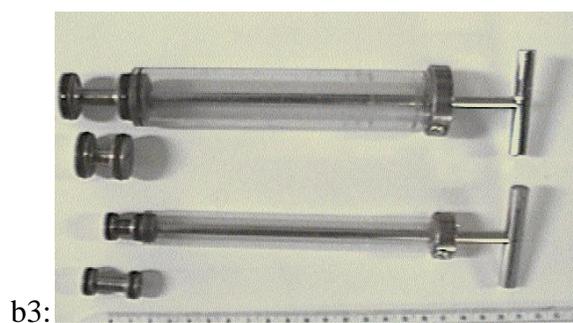


Figura 5 B - Aparelhagem usada para as sub-amostragens e a contagem das diferentes frações do zooplâncton: (b1) Microscópio óptico binocular, (b2) Cubeta Sedgwick-Rafter e (b3) Pipeta Hansel-Setempel de diferentes volumes.

ZOOBENTOS

Um mínimo de três amostras semi-quantitativas foram coletadas com auxílio do amostrador tipo rede semicircular (Figura 6) na região litorânea de cada ambiente utilizando-se rede de mão de abertura de malha 375 μm .



Figura 6 - Amostrador (rede), utilizado para as coletas de organismos do zoobêntos (Foto: Ricardo Motta Pinto-Coelho).

O material foi fixado no campo com formalina 5% e levado para laboratório, onde se realizou a lavagem do material sobre uma bateria de peneiras com aberturas de malha decrescentes (2mm, 1mm, 0,5 mm e 0,25 mm). Os organismos retidos nas peneiras foram triados e contados em laboratório sob estereomicroscópio.

A identificação foi realizada até o menor nível taxonômico possível (família ou gênero), com o auxílio das chaves taxonômicas: MERRIT & CUMMINS (1984), BORROR & DELONG (1981), CHU (1949) e EDMUNDS *et al.* (1963).

SEDIMENTOS

A coleta do sedimento ocorreu no dia 18/IV/2005, início do período de seca da região. O ponto amostrado na Lagoa Carioca está localizado a uma profundidade de aproximadamente 10,5 metros. A localização geográfica exata, em UTM, com Datum

SAD69 e Zona 23, é 749.490 e 781.3677. As amostras de sedimentos foram coletadas com um amostrador de sedimento do tipo “*corer*”, da marca Hydro-Bios (Figura 7). Trata-se de um modelo portátil, gravitacional, designado para obtenção de perfis verticais do sedimento (Mudroch & MacKnight, 1994). Este tipo de amostrador permite coleta com pouca ou quase nenhuma perturbação da seqüência estratigráfica, inclusive da camada superficial, que tem altos teores de água (Mozeto, 2000). Cumming *et al.* (1993) o citam como um rápido, versátil e relativamente barato método de obter amostras de sedimentos condizentes com a realidade, quando manuseado corretamente.

O amostrador de sedimento (ou “*corer*”) consiste em um tubo coletor, de acrílico, milimetrado, com diâmetro interno de 7,2 cm e comprimento total (equivalente à profundidade máxima de penetração no sedimento) de 60 cm, além de uma estrutura, construída em aço inoxidável, na qual o tubo coletor se encaixa. O peso total é de aproximadamente 6 Kg.

O funcionamento do “*corer*” está baseado em um sistema de válvulas (Fig.7). Esse sistema permite que a água passe livremente pelo interior do tubo no momento da descida na coluna d`água, mas impede que o mesmo ocorra no momento da ascensão, quando o sistema é fechado pela força da água, causando um vácuo em sua parte interna, o qual preserva a amostra intacta até sua chegada à superfície. Além disto, a porção final do tubo coletor, responsável pelo início da penetração no sedimento, possui um estreitamento no calibre de sua parede, com a finalidade de facilitar a penetração do tubo (Hydro-Bios, 2005).



Figura 7- Amostrador de sedimentos Hydro-Bios “*Sediment Corer*” e suas peças: a) Parte superior do “*corer*” com destaque para as aberturas do sistema de válvulas por onde a água sai após sua passagem pelo interior do “*corer*”, no momento da descida. b) Tubo coletor milimetrado, com intervalos de 10 em 10 mm. c) Jogo de anéis (“*o-rings*”) para vedação e fixação das partes do “*corer*”. d) Êmbolo utilizado na vedação da porção final do tubo coletor e no processo de extrusão da amostra (esquerda) e tampa protetora do tubo, responsável pela vedação da parte superior do mesmo (direita). e) “*Kit*” de extrusão, composto pelo tripé com haste metálica e êmbolo, onde é encaixado o tubo coletor, na sua porção final, e bandeja, conectável à parte superior do tubo. Foto e montagem: Rafael Resck.

Além das duas peças descritas, o “*Sediment Corer*” possui uma série de anéis de vedação e fixação (“*o-rings*”), um êmbolo para vedação do segmento final do tubo coletor, uma tampa de proteção do tubo e um “*kit*” para extrusão do sedimento, composto por haste para fixação do tubo em posição vertical e bandeja para fracionamento das amostras (Figura 7).

Ainda em terra, o amostrador foi montado e minuciosamente checado. Visando minimizar efeitos indesejados de compactação do sedimento no interior do tubo coletor, a parte interna do mesmo foi lubrificada com graxa de silicone marca Molykote[®]. No local exato da coleta, após marcação do ponto com aparelho GPS, a embarcação foi ancorada e a profundidade medida, com auxílio de uma corda metrada, para que fosse calculado o procedimento de uso do amostrador. Em seguida o “*corer*” foi imerso na água e lentamente descido até que fosse atingida a profundidade de 2 metros acima do fundo do lago

(Cumming *et al*, 1993). Neste momento a tensão que prendia a corda foi liberada, possibilitando ao amostrador descer em queda livre até o sedimento, a uma velocidade suficiente para penetrá-lo, mas que, ao mesmo tempo, minimizasse ao máximo distúrbios como mistura ou compactação do sedimento no interior do tubo coletor (Blomqvist, 1985). Em seguida o “*corer*” foi içado lentamente e em velocidade constante, para garantir que a força responsável pelo fechamento da válvula não se alterasse (Hydro-Bios, 2005).

Imediatamente antes do “*corer*”, contendo a amostra do sedimento, ser retirado totalmente da água, a parte final do tubo coletor foi vedada com o êmbolo de vedação. Dados como profundidade de penetração e características gerais do sedimento foram relatados (Mudroch & MacKnight, 1994). Em seguida tiveram início os processos de extrusão, fracionamento e fixação da amostra. Todos estes procedimentos foram realizados *in situ* seguindo metodologia de Mudroch & MacKnight (1994). Segundo os autores, em ambientes com sedimentos que não sejam totalmente consolidados, o que é muito comum em lagos, as amostras devem ser extraídas do tubo coletor o mais rápido possível, a fim de evitar a mistura das frações no interior do mesmo.

A amostra total do sedimento foi dividida em frações com 3 centímetros de profundidade cada uma (primeira amostra contendo o extrato 0 a 3 cm, segunda 3 a 6 cm e assim sucessivamente). Este valor foi determinado arbitrariamente levando-se em consideração a representatividade deste intervalo. Cada subamostra era transferida para um frasco de 500 mL, onde era fixada com formaldeído 5% (Eaton, 2003). Para o fracionamento das amostras foi utilizada uma espátula plástica, um funil e o “*kit*” de extrusão de sedimentos que acompanha o equipamento. No mesmo dia as amostras foram transferidas para o laboratório e acondicionadas em temperatura de 5°C.

Análise das Amostras

A metodologia utilizada nesta fase do trabalho foi adaptada da metodologia descrita por Walker (1988). Segundo Walker (2000), pequenos lagos tropicais, cercados por florestas, normalmente contém sedimentos com alto teor de matéria orgânica e que, nestes locais, 1 mL de sedimento fornece cerca de 50 carapaças de quironomídeos, suficiente para as análises e inferências. Deste modo, foi analisado 1 mL de sedimento úmido de cada uma das subamostras do sedimento da Lagoa Carioca.

A extração deste volume foi feita com o auxílio de uma seringa milimetrada de 10 mL sem agulha. Os volumes retirados eram transferidos para um béquer de 80 mL esterilizado e imediatamente submetidos ao procedimento descrito por Walker (1988).

Esta metodologia enfatiza um tratamento preliminar dado à amostra, a fim de diminuir o agrupamento de partículas de matéria orgânica no sedimento, um processo chamado de desfloculação. Nesta etapa, cada amostra é tratada utilizando 20 mL de solução KOH 5% a uma temperatura de 50°C por um período de 15 minutos em estufa. A estufa utilizada neste processo foi uma Fanem Modelo 002 CB. O uso da temperatura de 50°C visou a preservação das carapaças, as quais em temperaturas superiores podem sofrer clareamento e deformação. Altas concentrações de KOH ou longos períodos de exposição da amostra nesta solução podem desarticular as carapaças, inviabilizando sua identificação (Warwick, 1980 *in* Walker, 2000).

Após este tratamento, cada amostra foi peneirada com objetivo de concentrar a distribuição das carapaças em uma menor quantidade de sedimento. A espessura dos poros da malha utilizada foi de 150 μm . No processo de filtração, foram utilizados dois béqueres de 80 mL esterilizados e um filtro com a malha especificada (Figura 8a). Após a filtração, os resíduos contidos na malha do filtro eram contra-lavados para um terceiro béquer de 80 mL e em seguida transferidos para uma cubeta de contagem serpentinada (25 mL). Todo o procedimento de filtração foi realizado com água filtrada. Esta cubeta possui 6 calhas paralelas em um plano horizontal, cada uma com largura de 8 mm (Figura 8b).

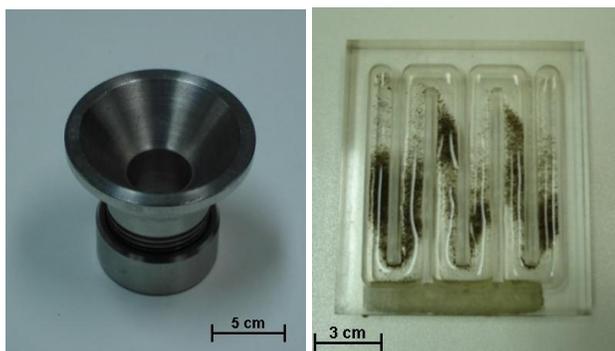


Figura 8 - a) Filtro com malha de 150 μm . b) Cubeta de contagem com sedimento. Foto: Rafael Resck.

Cada amostra, depois de transferida para a cubeta, foi analisada em um microscópio estereoscópio Leica modelo Wild M3C (6,4 – 40 X), equipada com câmera fotográfica Altec. O aumento escolhido foi de 25X. Este aumento proporciona um campo de visão que cobre toda largura da calha da cubeta. Todas as carapaças encontradas eram registradas e transferidas, por sucção com auxílio de uma seringa de 1 mL, para tubos de 1,5 mL, onde ficaram armazenadas até o momento da identificação. Não foi estabelecido um tempo padrão para análise de cada amostra. Todas as calhas foram examinadas até que não fossem mais encontradas carapaças. Para possibilitar comparações com outros estudos, foi calculada a equivalência entre mL de sedimento úmido e gramas de peso seco de sedimento, através de metodologia padrão (secagem de uma quantidade conhecida de sedimento a 100°C, posteriormente uma queima a 550°C). Deste modo, o número de carapaças obtidas em 1 mL de sedimento úmido pôde ser estimado em carapaças por grama de peso seco de sedimento.

A última etapa no processo de contagem e identificação das carapaças de quironomídeos foi a confecção de lâminas contendo os remanescentes encontrados. As lâminas montadas eram temporárias e continham carapaças separadas por fração (correspondente a 3 cm no “*corer*”). Todos os espécimes, quando possível, foram identificados até o nível de gênero, através de um microscópio Leica, modelo DM55, com aumento entre 40 e 400X. O microscópio encontra-se equipado com câmera fotográfica CoolSnap-Pro Color, do fabricante Media Cybernetics, a qual foi utilizada para registrar as carapaças dos gêneros identificados. O mento ou lígula de cada espécime foi desenhado para facilitar a identificação dos mesmos. Esta era realizada através de comparações entre as estruturas citadas, juntamente com mandíbulas e antenas (quando presentes), com uma série de chaves taxonômicas. As medidas da carapaça e de suas principais estruturas (mentos ou lígulas, mandíbulas e antenas) também eram tomadas e comparadas aos manuais. As referências taxonômicas utilizadas foram Nocentini (1985); Trivinho-Strixino & Strixino (1995); Walker (2000) e Epler (2001).

PEIXES

As coletas em campo foram realizadas em 8 lagos da região (quadro 1), sendo 3 localizados na área do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) e 5 localizados em área privada, pertencente à Companhia Agrícola Florestal (CAF, Grupo Arcelor).

Foram utilizadas redes de espera, com 1,5 metros de altura por 10 metros de comprimento e com tamanhos de malha diferentes (3,4,5,6,8,10 e 12 centímetros entre nós opostos). As redes eram armadas às 18:00 horas de um dia e retiradas às 8:00 horas do dia seguinte, ficando expostas durante um período de 14 horas. Foram armadas duas a duas perpendicularmente em relação à margem, sendo aleatoriamente escolhidas os tamanhos de malha (Figura 9).



Figura 9 – Retirada de uma rede de espera, em um dos lagos pelo biólogo Tiago G. Mota. Foto: Anderson Medeiros (janeiro de 2004).

Os exemplares foram agrupados segundo a malha e lago no qual foram coletados, e posteriormente fixados em formol 10%. Após uma semana nessa solução, foram transferidos para recipientes com álcool a 70%, para a conservação. Todos os exemplares foram pesados, medidos e identificados até o último nível taxonômico possível. Os dados foram colocados em uma tabela de presença e ausência e comparados, quando possível, com trabalhos exercidos nos mesmos lagos, anteriormente.

Foi calculada a diversidade por lago, através do índice de Shannon e a abundância relativa de cada espécie por lago. Os dados de Captura por Unidade de Esforço (CPUE) foram calculados para biomassa e número de indivíduos e calculados para um esforço de 100m^2 de rede, por malha.

Todos os indivíduos coletados foram pesados (balanças Pezola de 50 e 1000 g) e medidos (ictiometro). Adultos e larvas/ovos coletados serão fixados em formalina 10% e 4%, respectivamente. O material coletado será acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados, contendo data, local e horário da coleta. Todos os sacos plásticos contendo o material amostrado, serão colocados em bombonas. Após uma semana, todo o material será lavado e colocado em álcool 70%, para a conservação. Um aparelho GPS foi usado para o georreferenciamento dos pontos amostrados.

Os espécimes serão classificados segundo, Britski *et alii* (1988), Kullander (1983), Ploeg (1983), Menezes (1987), Sunaga e Verani (1985,1987,1989), para adultos e Gale e Mohr (1978) e Nakatani *et al* (2001), para ovos e larvas. Caso haja necessidade, os exemplares serão enviados à especialistas para identificação. Para análise dos dados, calcularemos a CPUE (Captura por Unidade de Esforço) em biomassa e número de indivíduos:

$$CPUE_N = (N_m/EP_m) \times 100$$

$$CPUE_b = (B_m/EP_m) \times 100$$

onde,

$CPUE_N$ = captura de indivíduos (N), por unidade de esforço;

$CPUE_b$ = captura e biomassa (peso corporal) por unidade de esforço;

N_m = número total de peixes capturados na malha m;

B_m = biomassa total de peixes capturados na malha m;

EP_m = esforço de pesca, que representa a área em m^2 das redes de malha m;

m = tamanho da malha (3,4,5,6,7,8,10 e 12 centímetros entre nós opostos).

Cálculos de índice de diversidade (Shannon-Wiener):

$$H' = -\sum(p_i \cdot \ln p_i)$$

onde,

$$P_i = n_i/N$$

n_i é o número de indivíduos da espécie i;

N é o total de indivíduos.

e similaridade (Sorensen):

$$S = 2j/(a+b)$$

onde,

S = índice de similaridade;

j = número de espécies são comuns às duas amostras;

a e b = número total de espécies em cada amostra.

MACRÓFITAS

As coletas foram realizadas em março e setembro de 2005, compreendendo épocas de chuva (março) e seca (setembro). Em cada ambiente foi marcada uma transecção (sentido margem-lagoa) permanente que melhor representasse a composição florística de macrófitas aquáticas. A cada 2 metros, foram registrados a profundidade e a cobertura de cada espécie de macrófita aquática, de acordo com a escala de Domin-Krajina (1= <20; 2= 21-40; 3= 41-60; 4= 61-80; 5= 81-100% de cobertura) dentro de um quadrado de 1 m² (Fig. 10). O número de quadrados em cada transecção foi dependente do tamanho de estande de macrófitas aquáticas. Os dados (distância e profundidade) foram usados para estimar a declividade da região litorânea para cada transecção em cada ambiente. Um número adicional de quadrados foi

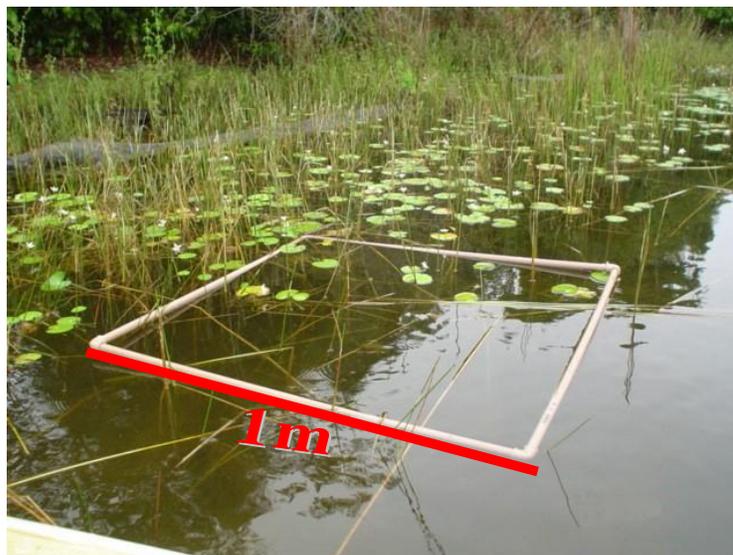


Figura 10: Amostragem sistemática de macrófitas aquáticas pelo método dos transectos, utilizando um quadrado de PVC. Foto da Lagoa Carioca.

Apesar de muito afetada pelo desmatamento, a Mata Atlântica brasileira pode chegar a abrigar cerca de 60% da biodiversidade dos biomas tropicais (Fonseca1997).

DIVERSIDADE BETA

Os índices de diversidade beta foram aplicados para quantificar as alterações na composição das espécies (“species turnover”). Estes índices medem como a composição das espécies varia em cada lagoa (Wilson & Shimida, 1984; Harrison *et al.*, 1992; Souza *et al.*, 2002). O primeiro índice, Beta-W, mede a proporção de o quanto a riqueza da região (transecto) é maior que a média das localidades (amostras).

$$\text{Beta-W} = [(R/\alpha)-1]$$

onde R é a diversidade regional, α é a diversidade alfa média. O segundo índice, Beta-1, permite a comparação direta entre os índices de diversidade, levando em conta o número de amostras em cada transecto

$$\text{Beta-1} = [(R/\alpha)-1]/(N-1) \times 100$$

onde N é o número de quadrados (amostras) de cada transecto. Este índice varia de 0 (similaridade total) a 100 (dissimilaridade total).

BANCO DE DADOS

Este trabalho tem como objetivo geral auxiliar a conservação e o manejo de bacias hidrográficas, a partir da integração, a uma base cartográfica digital de qualidade, de informações sobre indicadores aquáticos (físico-químicos e bióticos), coletados em diferentes épocas, bem como sobre ações antrópicas que estejam ocorrendo nas áreas de influência. Construindo, assim, uma eficiente metodologia de análise e monitoramento de bacias hidrográficas, a partir da elaboração de um protocolo padrão (mínimo) para obtenção de dados sobre biodiversidade aquática, que servirá de apoio para a comunidade científica, tomadores de decisão, formuladores de políticas ambientais e educadores.

Como objetivos específicos temos:

- a) Elaboração de um banco de dados georeferenciado como ferramenta para o cadastro, armazenamento, manutenção e recuperação das informações a respeito da biota aquática e dos fatores abióticos e antrópicos.
- b) Geração de mapas temáticos que expressem a real situação dos ambientes lóticos (rios) e lênticos (lagos), e seu entorno.
- c) Execução de operações lógicas e associativas variadas – incluindo análises topológicas – dos dados cadastrados, com a finalidade de se construir um diagnóstico sobre a região, através da resposta às seguintes premissas:

METODOLOGIA

Foi implementado um servidor de mapas ligado a um banco de dados. Os seguintes programas (softwares) foram utilizados:

- Servidor Linux/Intel Debian 2.4.27-1-386;
- Banco de Dados PostgreSQL 7.4;
- Editor de Mapas ArcGis 8.3;
- Servidor de Mapas MapServer/MapScript 4.6.1;
- Conversor de Projeções Proj4;
- Linguagem de Programação Java 1.5.

Parte desta arquitetura também foi contemplada pelo projeto SinBiota, financiado pela FAPESP³.

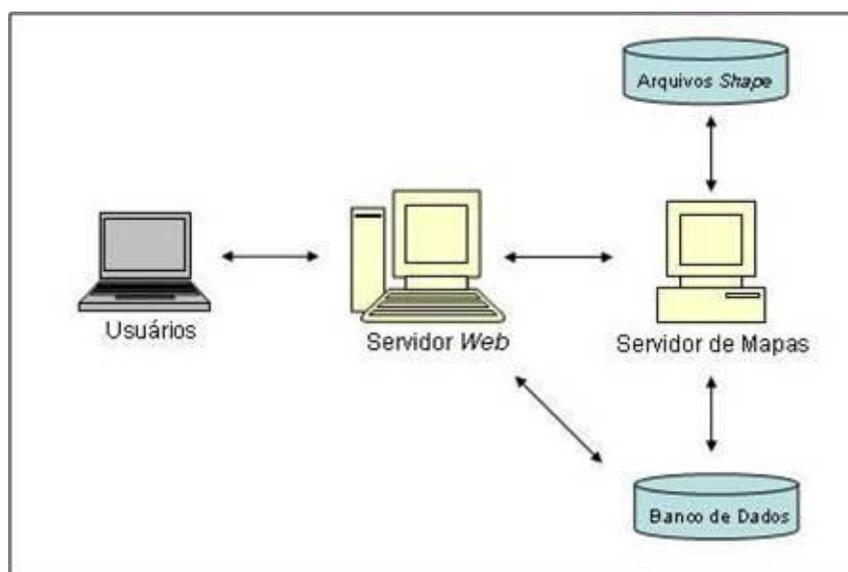


Figura 11 - Diagrama de Fluxo de Dados.

Inicialmente, o banco de dados será alimentado com as informações de dados físico-químicos e biológicos, que serão coletadas semestralmente em diferentes pontos na bacia, com um total anual de duas campanhas de amostragem. Estas coletas ocorreram nos meses

³ Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

de janeiro e julho, contemplando, desta forma, a sazonalidade expressa na abundância e na escassez de chuvas. O banco de dados já está disponibilizado no seguinte endereço (URL):

<http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/pesquisas.jsp>

RESULTADOS

AMBIENTES LÊNTICOS

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Em nossas amostragens, todos os lagos exibiram em geral níveis de nitratos, muito baixos. ($< 10 \text{ ug.l}^{-1}$) mas as concentrações de amônio atingiram valores maiores do que 100 ug.l^{-1} na maioria dos lagos, durante a estação seca. O fósforo total também atingiu valores consideráveis durante a estação seca sendo que a faixa de variação para essa variável foi de 20 a 75 ug.l^{-1} não considerando o valor extremo de 217 ug.l^{-1} P-PO₄ observado na lagoa em fase final de sucessão, Águas Claras. Um padrão similar caracterizado por concentrações mais elevadas na época seca foi observado para a clorofila-a. O valor mais elevado para esse pigmento foi observado na lagoa da Carioca ($47,6 \text{ ug.l}^{-1}$), seguida para a lagoa de Águas Claras ($27,9 \text{ ug.l}^{-1}$). É interessante destacar que a lagoa de Águas Claras, embora seja considerada como sendo hipereutrófica uma vez que a maioria de sua superfície está hoje coberta com macrófitas flutuantes tais como *Eleocharis maculosa*, *Nymphaea* sp., *Salvinia* sp., *Typha domingensis*, *Utricularia* sp., etc.), possua concentrações de fósforo total e de clorofila-a menores do lagos tradicionalmente classificados como oligo ou mesotróficos tais como as lagoas de Carioca e Águas Claras (Tabela 2).

Tabela 2 – Características morfométricas e limnológicas dos lagos amostrados no distrito lacustre do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil.

		Area	M-T	Z _{am.}	Temp. (C)	Secchi (m)	Cond. (uS.cm-1)	N-N03 (ug.l-1)	N-NH4 (ug.l-1)	T-PO4 (ug.l-1)	Chlor-a (ug.l-1)
Bispo	Mean		D		25,7		45,5	2,30	254,1	18,3	5,9
	Max			30,0	32,0		74,0	6,9	462,0	41,3	15,5
	Min				23,0	1,50	35,0	0,0	9,0	0,0	0,6
Carioca	Mean		O		26,4		24,6	1,7	113,8	13,6	18,5
	Max			10,0	31,5	2,00	13,0	0,0	268,1	22,3	48,6
	Min				21,5	1,25	93,0	5,2	9,8	0,0	0,0
Gambaz.	Mean		O		27,1		14,7	1,6	2,0	20,2	7,4
	Max			9,0	31,5		50,0	0,0	0,0	51,6	20,8
	Min				22,5	1,75	13,0	4,8	5,9	0,0	0,6
Jacaré	Mean		D		26,7		50,3	0,6	56,8	13,6	7,2
	Max			9,0	32,8	2,8	217,0	1,2	105,4	25,4	21,3
	Min				22,1	2,5	37,0	0,0	1,2	2,5	0,0
Palmerinha	Mean		D		26,1		44,6	1,2	183,8	14,7	8,1
	Max			6,0	30,7	1,7	110,0	3,6	378,5	17,5	21,3
	Min				21,9	1,3	37,0	0,0	0,0	12,4	0,4
Águas Claras	Mean		D		26,9		43,7	0,8	136,6	76,4	18,3
	Max			9,0	30,9	3,0	155,0	2,4	242,0	228,2	27,9
	Min				22,5	2,0	38,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Amarela	Mean		O		24,3		98,6	1,27	65,6	34,8	10,1
	Max			3,0	29,3	1,0	299,0	3,80	193,6	76,3	22,9
	Min				19,0	0,75	53,0	0,00	0,0	1,0	1,1

Observação: tipo morfométrico do lago (M-T): D: formato predominantemente dendrítico, O: formato predominante oval e/ou arredondado.

DADOS BIOLÓGICOS

PICOPLÂNCTON

O método empregado (método DAPI) permite a determinação não somente dos diferentes tipos de bactérias mas também de suas abundâncias. As seguintes formas de bactérias foram identificados e contadas: cocóides livres, bastonetes livres, cocóides atachados, bastonetes atachados, colônias (esféricas ou filamentosas), flagelados, ciliados e algas. A próxima figura (Fig. 12) ilustra alguns dos tipos de bactérias e de protistas que foram encontrados na coluna de água dos ambientes estudados. A tabela abaixo contém os dados de densidades das principais formas de vida identificáveis segundo as categorias acima. Os grupos do picoplâncton mais abundantes foram formados, respectivamente, pelas picroalgas e pelas células cocóides (Tabela 3).

O perfil de um lago é fundamental para caracterização das comunidades aí existentes, podendo diferenciar os variados grupos e suas funções ecológicas. A lagoa D. Helvécio mostrou grandes diferenças entre as categorias contadas de bacterioplâncton, no perfil analisado (Fig. 13).

Os cocóides (livres+ atachados) predominaram na superfície da água (mais de 80%). As formas livres tiveram, em seguida, sua presença reduzida voltando a predominar a partir de 6 m (50%) aumentando novamente aos 18 m. Dessa forma, os cocóides livres foram mais densos nas maiores profundidades (0, 4,5-6,0 e 18 m) (Fig. 13).

Os cocóides atachados (aderidos à matéria orgânica ou ao substrato inorgânico, vide a figura) apresentaram uma maior densidade nas profundidades de 0 e 12 m. Esse padrão é visto entre as profundidades de 1,5m até os 18 metros já que na profundidade de 24m não foi encontrado nenhum dos organismos estudados. Além de possíveis erros metodológicos, a ausência de bactérias nessa profundidade pode indicar a escassez de recursos e condições favoráveis para o estabelecimento dos organismos. De todo modo, sugere-se a intensificação dos estudos sobre o bacterioplâncton na lagoa D. Helvécio.

As densidades de bastonetes foram maiores nas profundidades de 3,0 a 4,5 metros, porém esses valores foram em geral mais baixos que as densidades dos outros tipos de organismos.

As algas do picoplâncton mostraram uma distribuição vertical muito dependente da profundidade e possivelmente da disponibilidade de luz. À medida que a profundidade aumenta, ou seja, a luminosidade diminui o número de algas diminuiu.

Os outros organismos do picoplâncton, principalmente os microflagelados heterotróficos (MFH) e os ciliados apareceram em pequenas quantidades (Fig. 13).

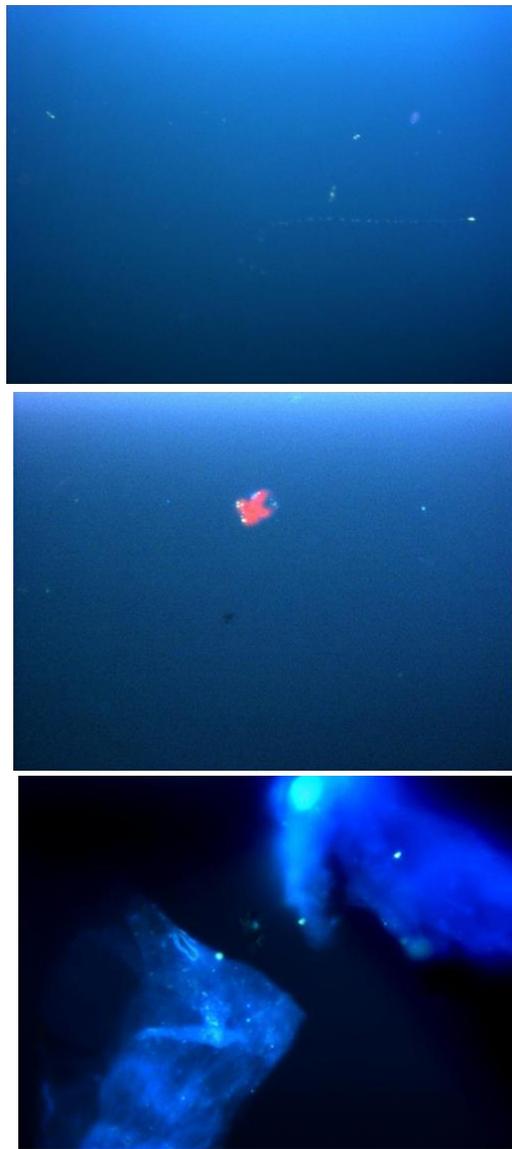


Figura 12 - Microfotografias do picoplâncton encontrado na lagoa do Bispo (D. Helvécio) no Parque Estadual do Rio Doce. (A) Filamento de bactérias encontrado livremente flutuando na coluna de água; (B) microfotografia de um protista eucarionte (núcleo em vermelho). (C) Bactérias aderidas ao substrato inorgânico. Microscopia de epifluorescência, aumento 1000x, câmera refrigerada Coolsnap. Foto de Ricardo P. Coelho.

Picoplâncton (Lagoa D Helvécio)
(1/Out/2004)

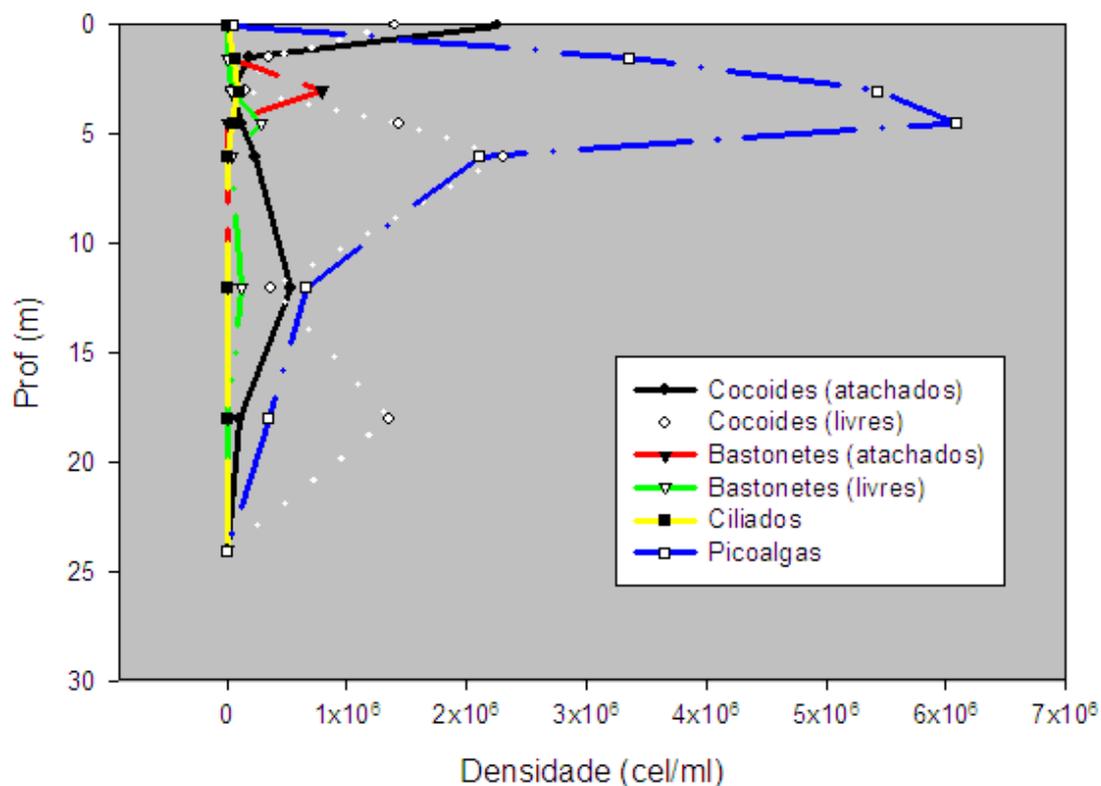


Figura 13 - Densidade de indivíduos picoplânctônicos na coluna d'água da lagoa D. Helvécio (Cocóides atachados e livres, bastonetes atachados e livres, ciliados e flagelados e picoalgas) em um ponto central do lago D. Helvécio (estação PELD).

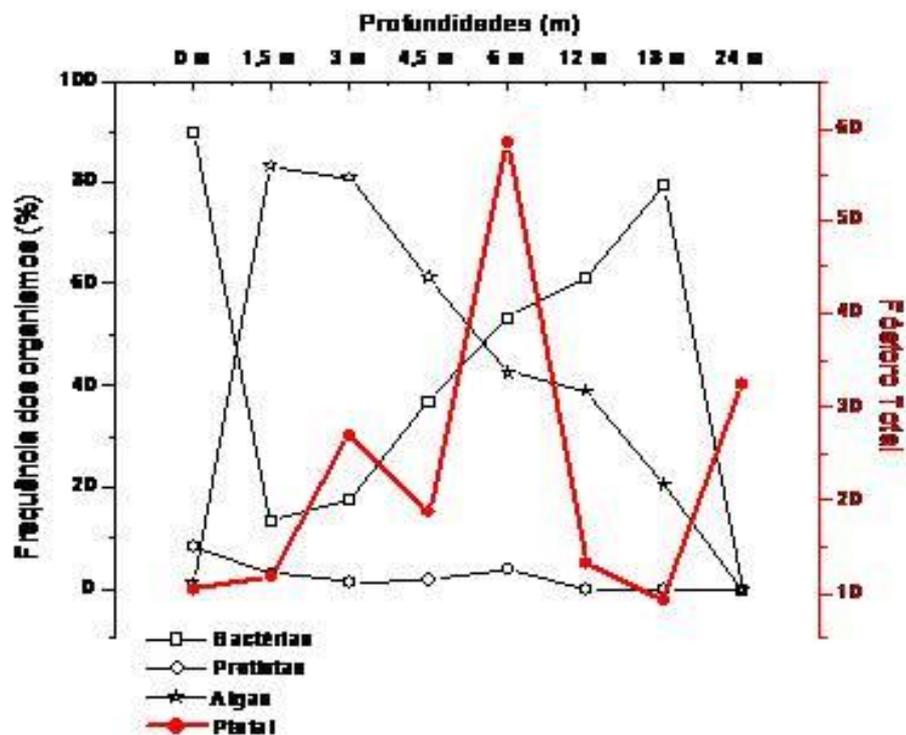


Figura 14 – Teor de fósforo total e a distribuição de grupos de bactérias, protistas e algas na coluna de água, em diferentes profundidades (estação PELD, no lago Dom Helvécio).

As figuras 14 e 15 mostram a relação muito nítida entre a frequência de bactérias, protistas e algas com o fósforo total e oxigênio dissolvido, nas diferentes profundidades.

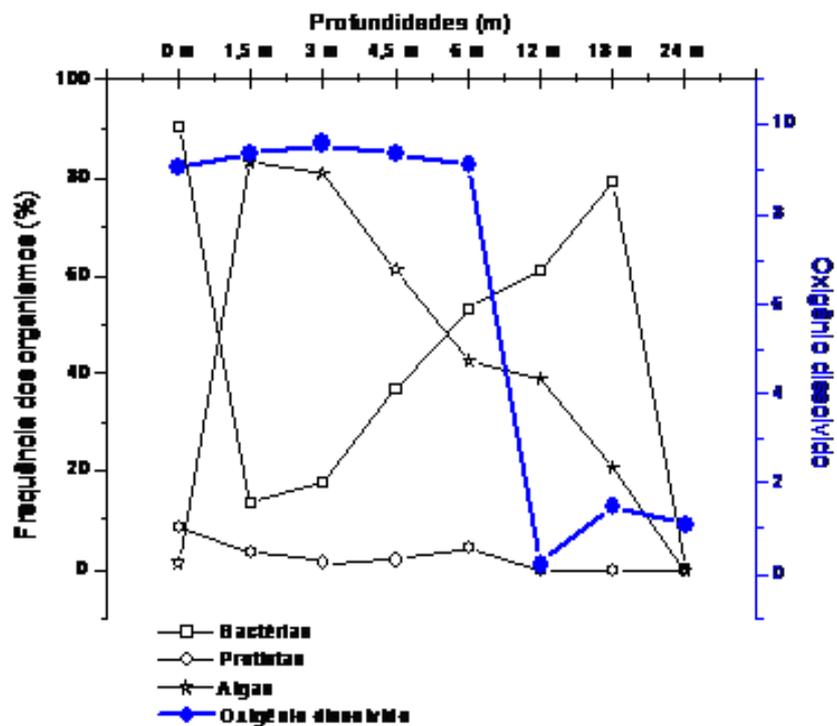


Figura 15 – Associação entre o oxigênio dissolvido em diferentes profundidades no lago Dom Helvécio (estação PELD) sobre a distribuição de grupos de bactérias, protistas e picoalgas

CONCLUSÕES PRELIMINARES

As densidades bacterianas nos diversos tipos de ambientes aquáticos normalmente oscila bastante em função do estado trófico desses ambientes. Valores inferiores a $1,7 \times 10^6$ geralmente estão relacionados a ambientes oligotróficos (Forsber & Ryding, 1980; Bird & Kalff, 1984). No lago Dom Helvécio os valores de densidade bacteriana encontrados estão dentro deste limite para lagos oligotróficos.

A grande estratificação vertical demonstrada pelos diferentes componentes da alça microbiana na lagoa D. Helvécio indica a existência de uma grande variedade de microhabitats ao longo se sua coluna de água. Essas diferenças biológicas entre as diferentes camadas de água somente podem ser mantidas por uma estabilidade em termos térmicos e químicos da coluna da água desses ambientes.

FITOPLÂNCTON

Em relação ao fitoplâncton, foram registrados 170 taxa, distribuídos em 34 famílias (Anexo, tabela 1). Em 1980 Forte-Pontes encontrou 50 espécies na lagoa Dom Helvécio (tabela 2) e em 2004 o Programa Ecológico de Longa Duração (PELD) Site 4 publicou uma lista com 216 taxa.

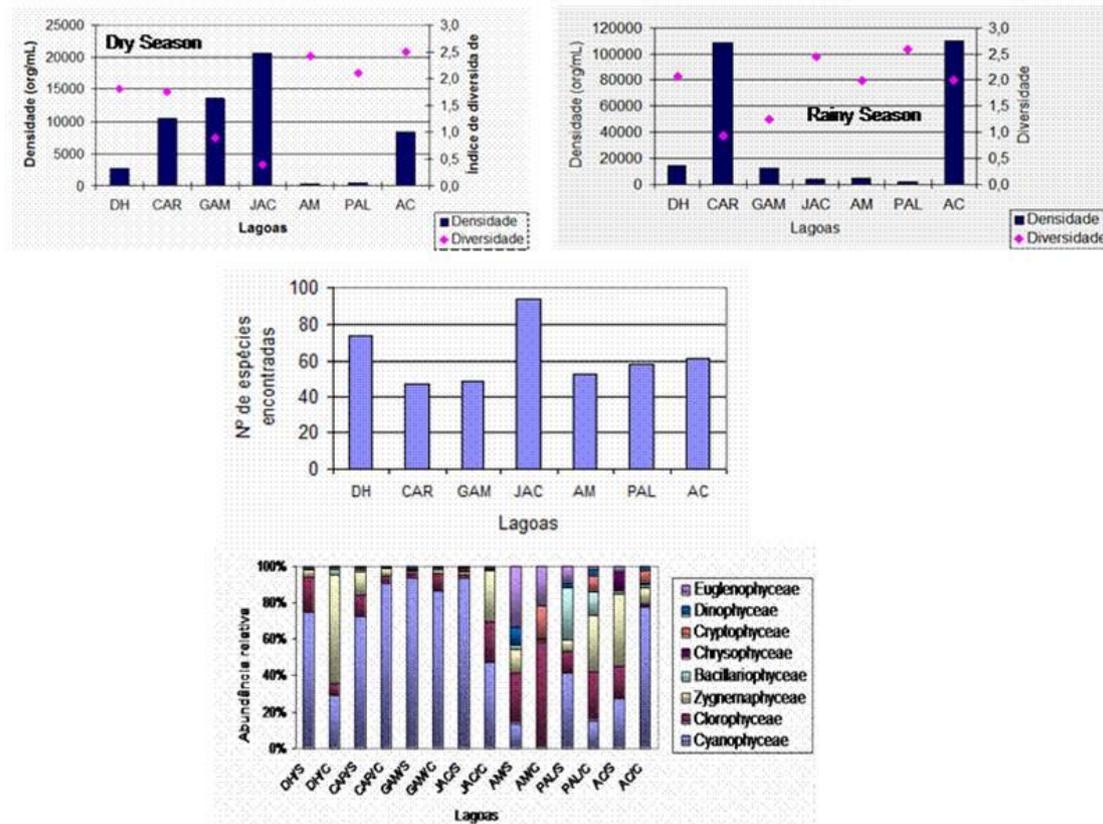


Figura - 16 Descritores da comunidade fitoplanctônica em sete lagos representativos do distrito lacustre do médio rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Topo: Densidades médias e diversidade de Shannon durante a estação seca (jul/2004) e estação chuvosa (jan/2005). Meio: riqueza de espécies do fitoplâncton em ambas as estações (seca e chuva). Painel inferior: abundâncias relativas da comunidade fitoplanctônica nos sete lagos estudados durante a estação seca (/S), dados de julho de 2004 e durante a estação chuvosa (/C) (Dados de janeiro de 2005). Legenda: DH: D. Helvécio, CAR: Carioca, GAM: Gambazinho, JAC: Jacaré, AM: Amarela, PAL: Palmeirinha, AC: Águas Claras.

Os lagos estudados diferem marcadamente entre si em termos de suas abundâncias e composição específica. (Fig. 16, 17). No entanto, uma característica comum compartilhada pela maioria dos lagos é a de que em períodos durante os quais a biomassa algal é maior, a diversidade de algas é menor. Isso pode ser observado para as lagoas da Carioca, Gambazinho e águas Claras, durante a estação chuvosa (Fig. 16). Nesse período, as densidades totais de algas nas lagoas da Carioca e das

Águas Claras foram claramente muito superiores aos outros lagos estudados. Essas duas lagoas também exibiram os valores mais elevados para a clorofila-a. (Tab. 2).

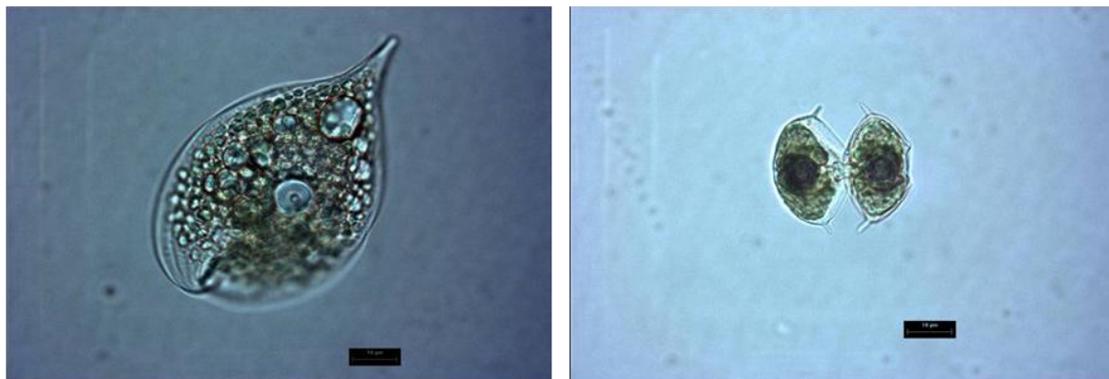


Figura 17 - *Phacus* sp. e *Staurodesmus* sp., duas algas típicas das lagoas Amarelas e do Jacaré, respectivamente. Fotos: Maíra Campos.

A lagoa da Carioca teve a menor riqueza de taxa de algas fitoplanctônicas dentre todos os lagos estudados (Fig. 16, painel mediano). O número de espécies algais nas lagoas da Carioca, Gambazinho e Amarela variou entre 43 e 47 enquanto que as lagoas D. Helvécio e Jacaré tiveram riquezas bem maiores sempre com mais de 60 diferentes taxa. Essas grandes diferenças sugerem que as comunidades são bem mais simplificadas nesse primeiro grupo de lagos. Uma característica adicional a ser destacada nesse primeiro grupo de lagos de baixa riqueza foi o fato de que na lagoa Amarela não houve uma clara dominância de nenhum grupo de algas o que faz a diversidade nesse lago ser mais elevada do que nos dois outros lagos desse grupo (Fig. 16, painel inferior).

A lagoa da Carioca destaca-se por possuir uma comunidade de baixa riqueza, elevada dominância de um grupo de organismos fitoplanctônicos, no caso as cyanophyceae além de exibir as concentrações mais elevadas de clorofila-a (Fig. 16, painel inferior e tabela 2). A dominância desse grupo de procariontes fitoplanctônicos tende a ser ainda maior durante a estação chuvosa. Outras lagoas, tais como a lagoa do Gambazinho e Jacaré (estação seca) e a lagoa de Águas Claras (estação chuvosa) também tiveram forte dominância de cyanophyceae (Fig. 8, painel inferior).

ZOOPLÂNCTON

A composição do zooplâncton nos lagos do médio rio Doce revelou uma grande simplicidade estrutural. Em termos de microcrustáceos e insetos (chaoboridae) a riqueza foi sempre menor do que 10 espécies (Tab. 4). Na grande maioria dos lagos, apenas duas ou três espécies de cladóceros e outro tanto de copépodes perfazem quase que a totalidade da comunidade de organismos de maior porte do zooplâncton.

Tabela 4 – Composição do zooplâncton (microcrustáceos e insetos) nas lagoas estudadas no distrito lacustre do médio rio Doce (amostragens de seca e chuva).

Zooplâncton	LAGOAS						
	AM	AC	PAL	JAC	CAR	DH	GAM
Grupos Taxonômicos							
Cladocera							
<i>Alona</i> sp.	X						
<i>Bosmina hagmanii</i>		X					
<i>Bosmina tubicen</i>				X		X	
<i>Bosmina</i> sp.	X						
<i>Bosminopsis deitersi</i>	X					X	
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	X					X	
<i>Ceriodaphnia sivistrii</i>				X			
Chydoridae			X				
<i>Daphnia gessneri</i>		X					
<i>Daphnia laevis</i>	X			X			
<i>Daphnia</i> sp.			X				
<i>Diaphanosoma birgei</i>		X				X	
<i>Diaphanosoma</i> sp.							
<i>Macrothrix elegans</i>	X						
<i>Simocephalus</i> sp.						X	
Ostracoda							
<i>Physocypria</i> sp.							
Copepoda							
<i>Argyrodiaptomus</i> sp.			X				
<i>Ectocyclops rubescens</i>	X						
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	X	X					
<i>Mesocyclops longisetus</i>	X						
<i>Mesocyclops</i> sp.			X				
<i>Microcyclops anceps</i>	X						
<i>Microcyclops ceibaensis</i>	X						
<i>Notodiatomus isabelae</i>			X	X		X	X
<i>Thermocyclops minutus</i>		X	X	X	X	X	X
Insecta							
<i>Chaoborus</i> sp.		X	X	X	X	X	X

Os organismos mais comumente observados foram: *Chaoborus* spp., *Thermocyclops inversus*, *Notodiaptomus isabelae*, *Bosmina hagmanii*, *B. tubicen*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Ptygura* sp., *Lecane* sp., *Brachionus calyciflorus* e *Filinia* sp (Fig. 17 B).

As densidades mais elevadas para ambas as frações do zooplâncton (mesozooplâncton e microzooplâncton) foram freqüentemente observadas durante o período chuvoso (Figura 18). Os lagos situados fora do parque Estadual do Rio Doce, tais como Águas Claras, Palmeirinha e Jacaré claramente exibiram densidades mais elevadas da fração do mesozooplâncton.



Figura 17 B – Organismos zooplanctônicos comumente encontrados nos lagos do médio rio Doce. (a) *Bosmina tubicen*, (b) *Thermocyclops inversus* e (c) *Notodiaptomus isabelae*. Fotografias: Fabrícia Miranda.

As densidades da fração menor, ou seja, do microzooplâncton, foram mais elevadas principalmente nos lagos Jacaré, Carioca e Gambazinho (Fig. 18, topo).

A composição da fração do mesozooplâncton demonstrou diferenças marcantes entre os lagos estudados (Fig. 18, em baixo). Os ostrácodos e os cladóceros

foram os organismos dominantes nos lagos situados dentro das áreas de monocultivos de *Eucalyptus*. Esses lagos situam-se obviamente fora da unidade de conservação Parque Estadual do Rio Doce - PERD. A exceção aqui foi a lagoa de Águas Claras que exibiu densidades particularmente elevadas de chaoboridae no período seco.

Dento do PERD, onde os lagos ficam situados em bacias de captação totalmente ocupadas pela mata Atlântica, houve uma mudança drástica nos padrões de dominância na comunidade do mesozooplâncton. Na lagoa da Carioca, por exemplo, as larvas de dípteros predadores do gênero *Chaoborus* passaram a dominar essa fração de organismos de maior porte do zooplâncton. Os copépodes calanóides, por outro lado, foram os organismos dominantes nas lagoas do Bispo (D. Helvécio) e do Gambazinho. (Fig.18, em baixo).

Ao contrário do que foi verificado para a fração maior, o microzooplâncton exibiu uma notável homogeneidade e uma grande simplicidade em sua estrutura em espécies em todos os lagos estudados. No presente estudo, essa comunidade foi sempre dominada por formas imaturas de copépodes ciclopóides e rotíferos (Fig. 18, em baixo, à direita). Os índices de diversidade de Shannon estimados para essas comunidades de organismos de menor porte do zooplâncton também relevou um padrão de baixa diversidade para os lagos estudados (Fig. 19, em cima).

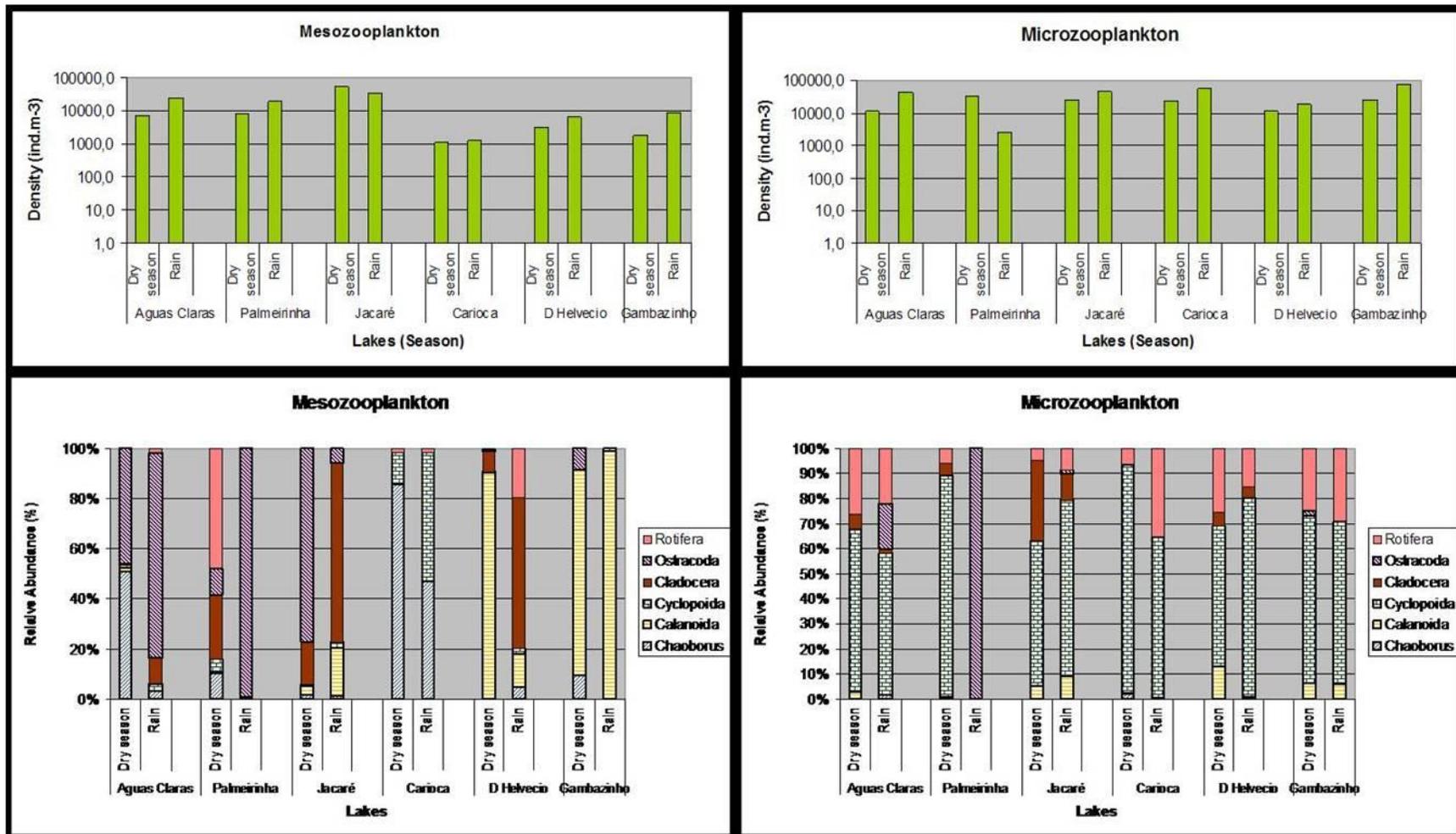


Figura 18 – A comunidade do zooplâncton em seis diferentes lagos do médio rio Doce. Painéis superiores: abundâncias de duas diferentes frações de tamanho: microzooplâncton (esquerda) e mesozooplâncton (direita). Painéis inferiores: abundâncias relativas das diferentes frações do zooplâncton. Duas diferentes estações do ano estão representadas (estação seca: julho de 2004 e estação chuvosa: janeiro de 2005).

Esse estudo demonstra que esses lagos provavelmente têm passado por grandes modificações nos anos recentes já que o padrão de elevadas densidades para um grupo relativamente pequeno de componentes do zooplâncton encontrado no presente estudo difere marcadamente de outras pesquisas realizadas nos mesmos lagos entre os anos de 1978 e 2005 (Tabela 5). A comparação com estudos anteriores sugere que houve uma grande perda de espécies dentro da comunidade do zooplâncton ao longo dos últimos 20 anos.

O lago mais estudado nesse período foi o lago D. Helvécio (Bispo). Esse lago provavelmente foi o lago mais estudado não somente pelo fato de ser um dos maiores lagos da região mas também pelo fato de ser um dos lagos de mais fácil acesso no distrito lacustre do médio rio Doce. Neste lago, algumas espécies importantes componentes do zooplâncton tais como os calanóides *Argyrodiaptomus furcatus*, *Scolodiaptomus corderoi* eram freqüentemente observadas. Outros copépodes de grande porte tais como *Mesocyclops longisetus*, *Microcyclops varicans* e o cladóceros *Bosmina coregoni* e *Moina minuta* foram também extintos.

Outro caso, talvez ainda mais interessante, é o caso do zooplâncton da lagoa Carioca, que está sofrendo uma constante perda de espécies desde 1980 (Tab. 5). Neste lago, uma situação extrema pode ser atualmente observada: o virtual desaparecimento de todos os cladóceros limnéticos (Fig. 18)

O estudo da ecologia do zooplâncton na lagoa da Carioca pode servir de base para uma compreensão dos principais mecanismos que estão modificando e causando um grande deplecionamento de espécies em toda a comunidade planctônica dos lagos do médio rio Doce. Esse estudo passa, em primeira linha, pelo entendimento da ecologia de um organismo chave nessa comunidade. *Chaoborus* é provavelmente uma espécie-chave na comunidade zooplanctônica dos lagos do rio Doce desde que suas populações exibem sinais de que elas são capazes de regular toda a comunidade planctônica tais como a guilda dos cladóceros filtradores limnéticos. Uma espécie pode ser considerada como sendo uma espécie-chave quando ela é capaz de controlar pelo menos a metade dos membros de uma dada assembléia de espécies, tais como aquelas formadas pelos cladóceros filtradores de um lago (Mills et al., 1993). Os chaoboridae são elementos comuns na fração do mesozooplâncton da maioria dos lagos do rio Doce e, em alguns casos, são mesmo os elementos dominantes dessa fração como foi observado nos lagos da Carioca e na lagoa de Águas Claras. Nesses casos, os cladóceros limnéticos tais como *Bosmina* ou *Ceriodaphnia* estão

praticamente ausentes do microzooplâncton que fica somente representado por formas imaturas de copépodes ciclopóides e por rotíferos euritópicos. (Fig. 18).

Provavelmente existe uma relação inversa entre as densidades de *Chaoborus* e o número de taxa de cladóceros em um dado lago (Fig. 19 em baixo). Essa regressão apenas reforça as indicações de uma considerável base bibliográfica que demonstra claramente que os estágios larvais de chaoboridae (especialmente os estágios III e IV) são vorazes predadores sendo mesmo capazes de estruturar (via top down) toda a comunidade do zooplâncton (Pastorock, 1980, Swift & Forward 1981, Nyberg, 1984, Luecke & Litt, 1987, Lair, 1990, Yan et al.1991).

Tabela 5 - Riqueza de espécies do zooplâncton em alguns lagos do sistema lacustre do médio rio Doce. Referências: 1- 4 = Tundisi et al. (1997); 5 = Brandão et al. (2002); 6 = Brito et al.(2002); 7 = Brito (2003); 8 = Moreto (2001); 9 = Santos (1980); 10 = Okano (1980); 11 = Matsumura & Tundisi (1980).

Lakes	Year Lit. Source	S Cladocera	S Copepoda
Águas Claras	1985 ²	2	2
	2001 ⁸	11	3
	2002 ⁶	1	1
	2004-05	3	2
Amarela	1980 ¹¹	3	2
	2001 ⁸	10	4
	2004-05	5	5
Carioca	1980 ¹¹	4	2
	1980 ⁹	11	1
	1980 ⁹	12	0
	2001 ⁸	6	3
	2002 ⁵	9	3
2004-05	0	1	
Dom Helvécio	1980 ^{9&10}	8	7
	1980 ¹¹	7	6
	1983 ¹	5	5
	1985 ³	5	5
	1987 ⁴	3	5
	2002 ⁵	7	4
	2003 ⁷	9	3
	2004-05	5	2
Gambazinho	2002 ⁵	5	3
	2004-05	0	2
Jacaré	1985 ²	2	3
	2002 ⁶	0	1
	2004-05	3	2
Palmeirinha	1985 ²	2	2
	2002 ⁶	0	1
	2004-05	3	4

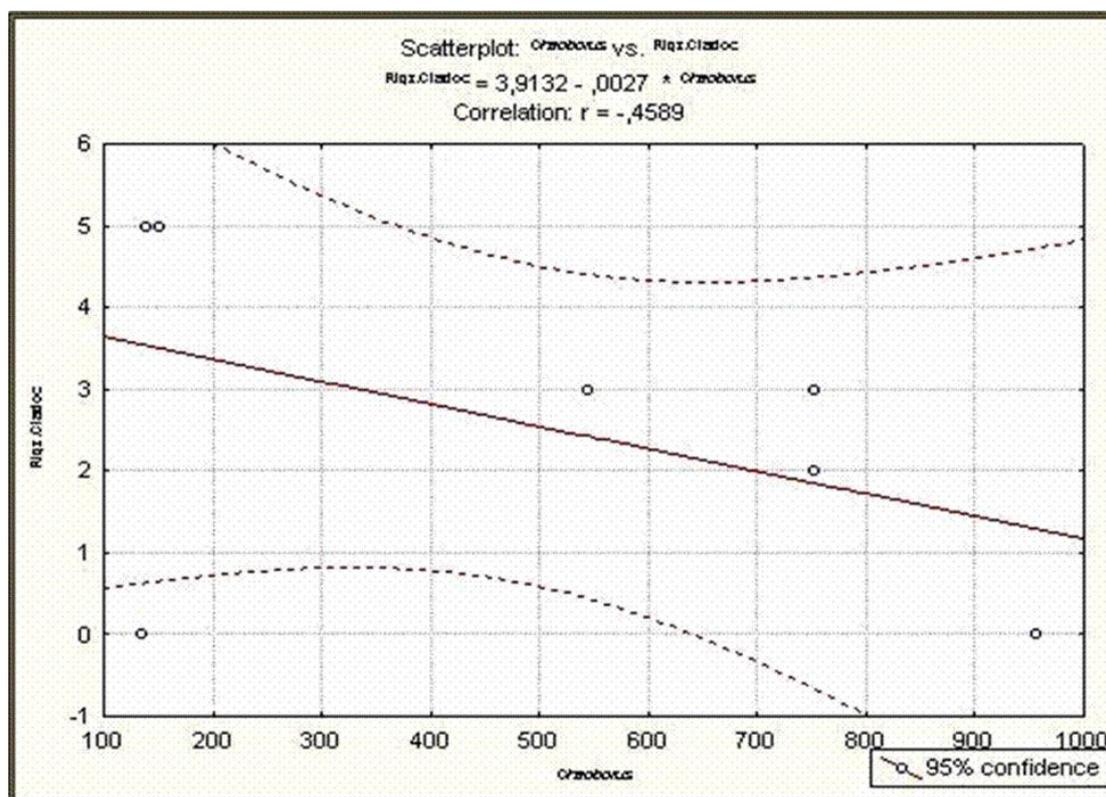
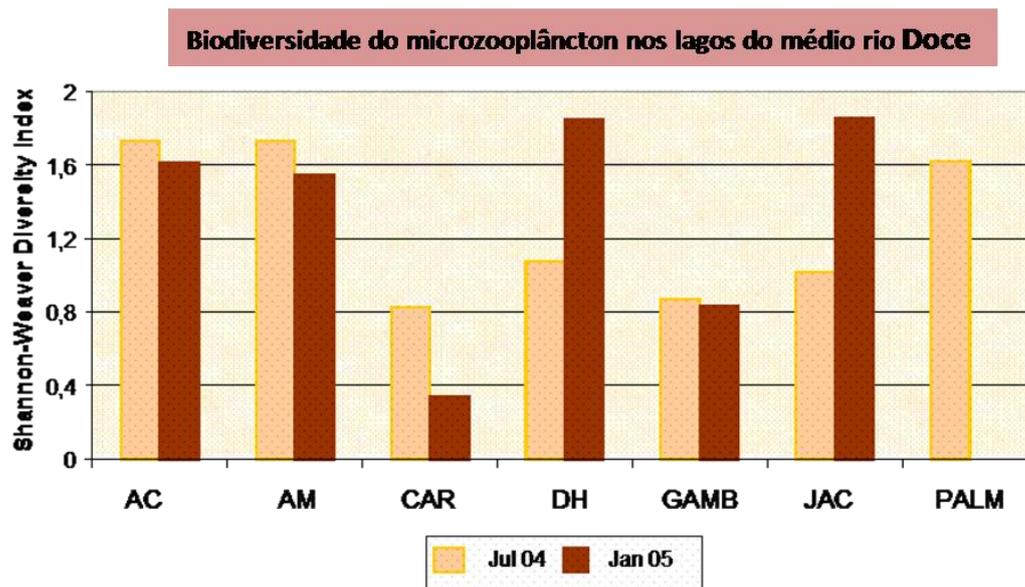


Figura 19 – Painel superior: índices de diversidade de Shannon do microzooplâncton em lagos do rio Doce lakes em duas estações (estações seca e chuvosa). Em baixo: gráfico de dispersão (scatter plot) e regressão linear entre as densidades de *Chaoborus* (x-axis) e os estágios larvais de cladóceros (y-axis) na estação seca de 2005. Legenda: AC: Águas Claras, AM: Amarela, CAR: Carioca, DH: D. Helvécio, GAMB: Gambazinho, JAC: Jacaré, PAL: Palmeirinha.

Os estágios larvais finais (III e IV) dos chaoboridae são altamente eficientes em predação de cladóceros de pequeno porte tais como os estágios juvenis de *Daphnia* e os cladóceros adultos de *Bosmina* e *Ceriodaphnia*. A predação intensa de *Chaoborus* está causando uma redução severa do estoque de espécies do microzooplâncton na grande maioria dos lagos no médio rio Doce. Então, nós estamos sugerindo que o aumento nas densidades do díptero mesoplânctônico *Chaoborus* nada mais seja do que o resultado do fenômeno do “relaxamento ecológico”, ou seja, uma gradual liberação da pressão de predação exercida por peixes sobre os chaoboridae.

E por que a pressão de predadores vertebrados foi diminuída nos lagos do médio rio Doce? Mais adiante, iremos comentar a literatura já existente bem como reforçar com nossos dados o fato de que a introdução de duas espécies de peixes piscívoros, ou seja, a Piranha e o Tucunaré levaram a uma extinção em massa de várias espécies nativas de peixes que provavelmente eram capazes de manter as densidades de chaoboridae sob controle. Essas extinções provavelmente colocaram em prática uma cadeia de eventos que levaram a um conjunto final de resultados exatamente contrários aos que são previstos pela teoria da cascata trófica (Carpenter et al. 1988).

O fenômeno do “relaxamento ecológico” que estaria afetando as larvas de chaoboridae pode ser indiretamente acessado considerando as diferenças comportamentais exibidas por esses organismos em diferentes ambientes com diferentes densidades e composições específicas de peixes. O comportamento da migração vertical diurna é largamente aceito na literatura como sendo um dos principais mecanismos que o zooplâncton adota para evadir-se de predadores em potencial especialmente aqueles predadores visualmente orientados como são os peixes (Gliwicz, 1986). Normalmente, o organismo zooplânctônico passa todo o dia no fundo, sob condições de obscuridade na tentativa de não ser visto pelos predadores presentes na coluna de água. Ao anoitecer, eles migram em direção à superfície do lago no momento em que em geral aumentam as suas taxas de filtração uma vez que a oferta de alimentos (algas) é maior nessas regiões. Esse ciclo de movimentos verticais na coluna de água é um dos fenômenos mais universais e mais estudados na ecologia do zooplâncton seja em lagos como também nos oceanos. No entanto, existem casos (raros) nos quais a migração vertical deixa de existir e um deles é quando a pressão de predadores é baixa. Portanto, podemos inferir que se não existe a migração diurna provavelmente a pressão de predação sobre o zooplâncton

deve ser muito baixa ou mesmo inexistir. Na figura, 20, trazemos dois exemplos demonstrando a inexistência de migração vertical em componentes importantes do zooplâncton da lagoa da Carioca: *Chaoborus* spp. e *Thermocyclops inversus*. Normalmente, *Chaoborus* exibe um nítido padrão de migração vertical diurna em ambientes onde a predação por peixes é intensa (Bezerra-Neto e Pinto-Coelho, 2002).

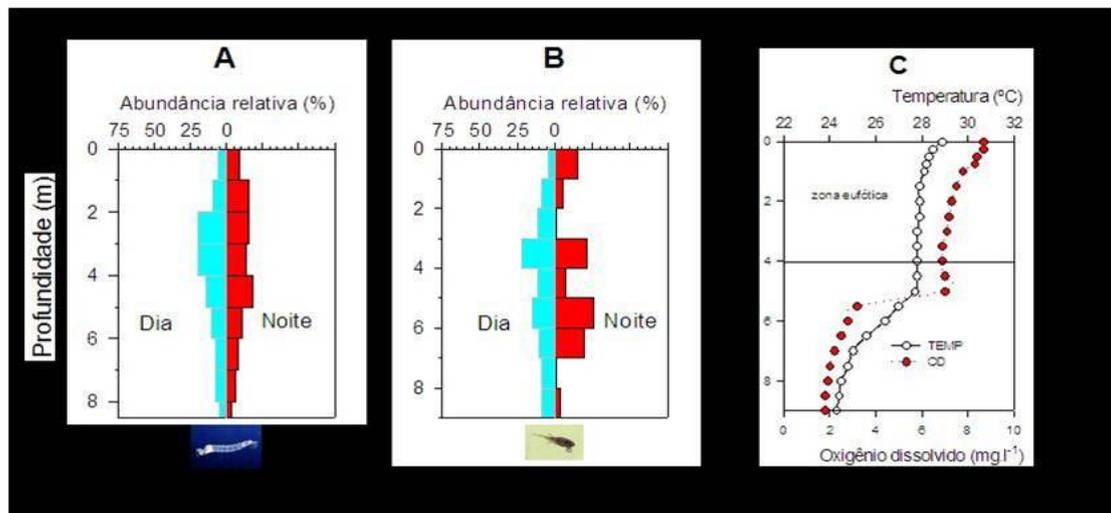


Figura 20 – Ausência de migração vertical de chaoboridae (A) e do copépode *Thermocyclops inversus* (B) na lagoa da Carioca, distrito lacustre do rio Doce, Minas Gerais, Brasil (dados na tese de doutoramento do MSc. José Fernandes Bezerra Neto). (C) Dados de temperatura da água e de oxigênio dissolvido mostrando uma marcante estratificação térmica e química do ambiente.

O “relaxamento ecológico” é um fenômeno bastante conhecido na literatura (Cox & Ricklefs, 1977). Trata-se uma evidência indireta da força de certas interações bióticas existentes dentro de certa comunidade. Ele ocorre quando existe um aumento da densidade de uma dada espécie como resultado do aumento do seu nicho ecológico. Isso normalmente ocorre em decorrência do afrouxamento das pressões de predação ou de competição previamente existentes (Losos & Queiroz, 1997, Terborg et al., 2001, Busch et al., 2005).

PEIXES

A literatura existente demonstra que a comunidade de peixes do distrito lacustre do médio rio Doce nunca foi especialmente rica em espécies. Segundo Godinho & Vieira (1998) os lagos da região possuem uma riqueza total de apenas 25 espécies. No início dos anos oitenta, quatro lagos considerados representativos da região tais como as lagoas D. Helvécio, Jacaré, Carioca e Amarela tinham um número total de espécies de peixes que variava entre 6 – 11 (Tab. 6). Essa baixa diversidade pode ser explicada considerando aspectos ligados a origem dos lagos, seu isolamento prolongado em relação aos outros recursos hídricos da região (Meis & Tundisi, 1979, Tundisi & De Meis, 1985). Entretanto, o número de espécies de peixes nessas mesmas lagoas está reduzido a 3-6 espécies. A maioria dos autores concordam que essa redução do número de espécies de peixes é consequência direta da introdução de duas espécies de piscívoros: *Cichla monoculus*, o tucunaré e *Pygocentrus nattereri*, a piranha vermelha da Amazônia (Godinho e Formagio, 1992, Godinho et al. 1994, Zunga & Verani, 1991, Latini & Petrere. 2004) (Fig. 21).



Figura 21 - *Cichla monoculus*, o tucunaré e *Pygocentrus nattereri*, a piranha vermelha da Amazônia. Fotografias de Tiago G. Mota.

Como esperado, e de acordo com estudos prévios (opt. cit.), não foram encontradas espécies exóticas de peixes apenas nas lagoas Gambazinho e a lagoa (Fig. 22, topo). A biomassa da comunidade de peixes (CPUE b) nas lagoas estudadas variou entre 3,7 to 8,2 kg, nas lagoas Malba e Carioca, respectivamente (Fig. 12, meio). Os valores mais elevados de biomassa (CPUEb \geq 3.9 kg) de uma das principais espécies de exóticos, a piranha, foram encontrados nas lagoas de Águas Claras, Carioca e D. Helvécio (Fig. 22, meio). O Tucunaré, *Cichla monoculus*, é sabidamente uma espécie que consegue evadir-se das redes de espera e, portanto, os

valores de captura por unidade de esforço baseados em capturas com redes de espera provavelmente estão subestimados (Godinho e Formagio, 1992, Santos, 2000). A comparação das abundâncias relativas das comunidades de peixes (CPUE n) entre todos os lagos estudados também revelou a grande importância das espécies exóticas na grande maioria dos lagos estudados (Fig. 22, abaixo). As espécies nativas que apresentaram abundâncias relativamente mais elevadas foram: *Hoplias malabaricus*, *Oligosarcus solitarius* and *Hoplosternum litoralle*.

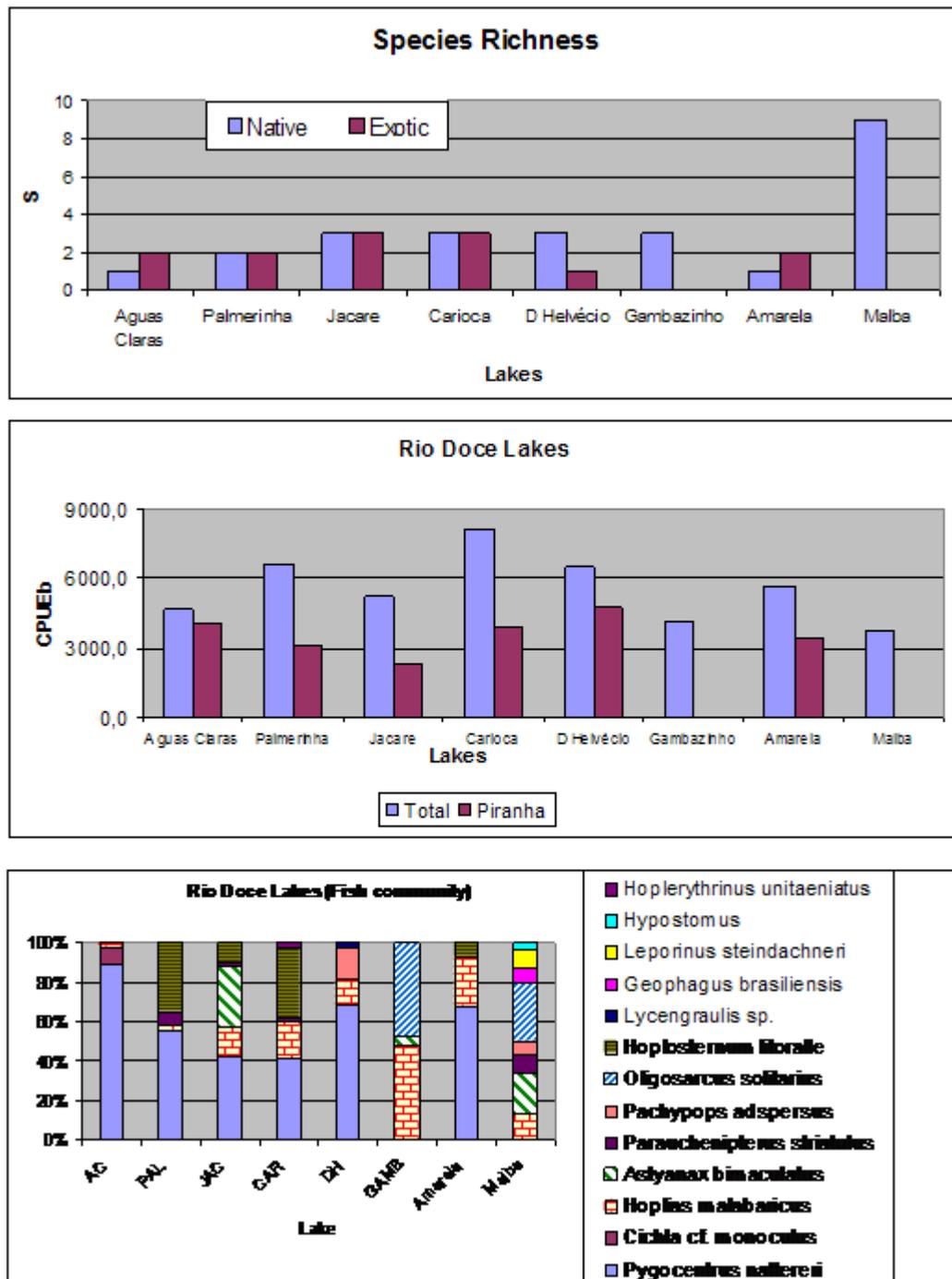


Figura 22 - Comunidades de peixes em sete lagos do distrito lacustre do médio rio Doce. Em cima: número de espécies nativas e exóticas. Meio: biomassa – CPUE b (peso úmido, em gramas). Em baixo: abundância relativa em números (CPUE- n)

Tabela 6 – Perda de espécies de peixes em quatro lagos no distrito lacustre do médio rio Doce: lagoas D. Helvécio (Bispo), Jacaré, Carioca e Amarela.

Lista de especies de peixes em quatro lagos do distrito lacustre do médio rio Doce, MG, Brasil																				
	Lagos																			
	D. Helvécio					Jacaré					Carioca					Amarela				
	83 ₁	85 ₁	87 ₁	92 ₂	05 ₃	83 ₁	85 ₁	87 ₁	92 ₂	05 ₃	83 ₁	85 ₁	87 ₁	92 ₂	05 ₃	83 ₁	85 ₁	87 ₁	92 ₂	05 ₃
Nativa																				
Characiformes																				
<i>Astyanax bimaculatus</i>	X	X	X	X		X	X			X	X	X		X		X	X	X		
<i>Astyanax fasciatus</i>											X	X								
<i>Astyanax</i> sp. A	X																			
<i>Astyanax</i> sp. B	X																			
<i>Moenkhausia doceana</i>	X										X	X								
<i>Brycon</i> cf. <i>devillei</i>	X	X	X	X							X	X	X	X						
<i>Oligosarcus solitarius</i>	X											X				X	X	X		
<i>Cyphocarax gilbert</i>	X										X	X				X				
<i>Leporinus steindachneri</i>	X	X	X	X					X		X	X	X	X				X		
<i>Hoplias malabaricus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Hoplerethrinus unitaeniatus</i>											X			X	X					
<i>Prochilodus vimboides</i>		X				X	X										X	X		
Siluriformes																				
<i>Parauchenipterus striatulus</i>		X	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		
<i>Rhamdia</i> sp.		X		X		X	X	X	X		X	X	X	X		X		X		
<i>Hypostomus</i> sp.		X																		
<i>Loricariichthys spixii</i>		X				X														
<i>Loricariidae</i> sp.													X							
Perciformes																				
<i>Cichlasoma</i> sp.													X							
<i>Cichlasoma facetum</i>						X														
<i>Crenicichla</i> cf. <i>lacustris</i>						X														
<i>Geophagus brasiliensis</i>	X	X	X			X	X		X		X	X								
<i>Pachypops adspersus</i>	X	X	X	X	X															
Clupeiformes																				
<i>Lycengraulis</i> sp.		X	X	X	X															
Exóticas																				
Characiformes																				
<i>Pygocentrus nattereri</i>		X	X	X	X	X	X			X				X	X		X	X		X
Perciformes																				
<i>Cichla</i> cf. <i>monoculus</i>		X	X	X		X		X	X			X	X	X	X					
<i>Astronotus ocellatus</i>				X					X	X								X		
<i>Hoplosternum litoralle</i>										X					X					X
Total	11	14	10	11	4	11	7	4	7	6	10	11	7	9	6	6	6	9		3

Esse efeito pode ser muito bem observado nas lagoas da Carioca e das Águas Claras. Em ambos os casos, podem-se observar elevadas densidades de peixes exóticos aliadas às densidades igualmente elevadas de chaoboridae. Além disso, os maiores valores de clorofila-a também foram encontrados nessas lagoas assim como uma dominância clara de cyanophyceae. O aumento nas densidades de chaoboridae provavelmente está associado à redução de cladóceros limnéticos filtradores e, em alguns casos, com o desaparecimento total desses organismos em algumas épocas do ciclo sazonal ou mesmo em caráter permanente tal como foi observado na lagoa da Carioca. Nessas circunstâncias, o microzooplâncton passa a ser dominado por um grupo de rotíferos normalmente encontrados numa grande variedade de ambientes e por formas imaturas de copépodes ciclopóides. O resultado final dessa grande rarefação não somente de espécies, mas também de guildas tróficas inteiras (como no caso dos cladóceros filtradores limnéticos) é um gradual acúmulo de biomassa fitoplanctônica, especialmente de cyanophyceae.

As introduções de *Cichla ocellaris* e *Pygocentrus nattererii* infelizmente não estão restritas somente a bacia do rio Doce. Muitos reservatórios e outros sistemas lacustres do sudeste brasileiro também estão sofrendo com tais introduções (Santos et al. 1994, Santos, 2000). Muitos reservatórios situados na bacia do alto Paraná tais como os reservatórios localizados nos rios Grande, Paranaíba, Tietê e Paranapanema estão igualmente com infestações de *Cichla monoculus* (Santos, 2000). Essa espécie de peixe está igualmente presente nos reservatórios localizados ao longo de outros rios importantes tais como o rio São Francisco (Sato & Godinho, 1985), além de vários outros rios localizados na bacia Atlântica tais como nas bacias do rio Paraíba do Sul. Desse modo, os efeitos dessas introduções podem estar ocorrendo numa escala geográfica muito mais ampla do que a bacia do rio Doce. É interessante constatar que existe uma tendência geral de aumento dos índices de eutrofização em grandes reservatórios no sudeste brasileiro e, desse modo, é importante ter em conta e estudar de modo adequado todos os fatores ambientais que possam estar contribuindo para esse indesejado incremento de índices de trofia (Pinto-Coelho, 2005, Pinto-Coelho et al. 2005).

ZOOBÊNTOS

Foram identificadas 36 famílias de insetos dentro das ordens Heteroptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Diptera, Megaloptera, Trichoptera, Odonata e Lepidoptera. Além de Insecta, o filo Annelida foi registrado com alta frequência nos pontos de coleta, sendo representado por duas classes. Hirudina e Oligochaeta. O filo Mollusca, com pelo menos 7 espécies presentes, foi um dos mais representativos da bentofauna (Figs, 13 e 14).

O planorbídeo *Biomphalaria* sp., hospedeiro intermediário do agente patológico *Schistosoma mansoni*, teve sua presença registrada nas lagoas Águas Claras (jul/04 e jan/05), Jacaré (jan/05) e D. Helvécio (jan/05 e agosto/05) (Fig. 23). A presença de tal molusco em águas que são reservadas ao lazer e à recreação de contato primário, como na lagoa Dom Helvécio e Jacaré, traz consigo uma preocupação de natureza médico-sanitária em relação às populações humanas que utilizam o PERD e seu entorno.

Em alguns pontos, nota-se também a presença em altas densidades do caramujo exótico *Melanooides tuberculatus*, introduzido recentemente na região (DE MARCO, 1999). Esta espécie foi extremamente abundante nas campanhas de julho/04, principalmente nas lagoas Águas Claras e Jacaré, e em janeiro/05 nas lagoas Águas Claras, Palmeirinha e D. Helvécio (Fig. 23).

Nos ambientes lênticos, os oligoquetos foram de ocorrência comum, embora somente na lagoa D. Helvécio, em jul/04, este grupo tenha atingido densidades expressivas. Representantes da classe Hirudinea, sanguessugas parasitas de peixes, moluscos e anfíbios, geralmente são encontrados em águas rasas, com pouca ou nenhuma corrente e preferencialmente com enriquecimento orgânico (Fig. 23)

Os crustáceos da ordem Decapoda, camarões de água doce, foram encontrados exclusivamente nos ambientes lênticos, próximos a grandes bancos de macrófitas submersas, onde encontram refúgio contra predadores e matéria orgânica em decomposição da qual se alimentam. A lagoa de Águas Claras destacou-se pela grande abundância desses organismos (Fig. 23).

O grupo de maior riqueza e maior importância numérica foi o dos insetos. Foram registradas nove ordens diferentes, com um total de 36 famílias identificadas. A ordem Díptera destaca-se pela grande riqueza de famílias, entre as quais Chironomidae chama a atenção pela ubiquidade já que está presente na maioria dos ambientes, possui alta abundância relativa e é a família dominante da comunidade

zoobentônica em grande parte das amostras. A família Chironomidae (Díptera) foi a mais freqüente, estando suas larvas presentes em mais de 93% das amostras.

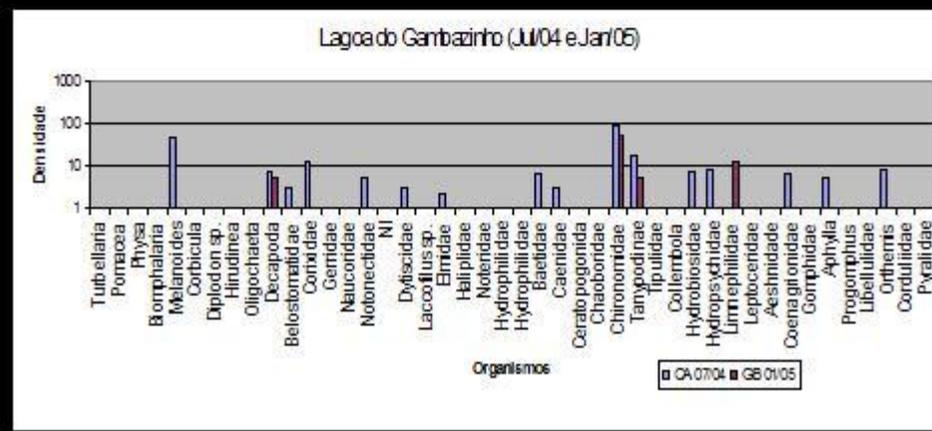
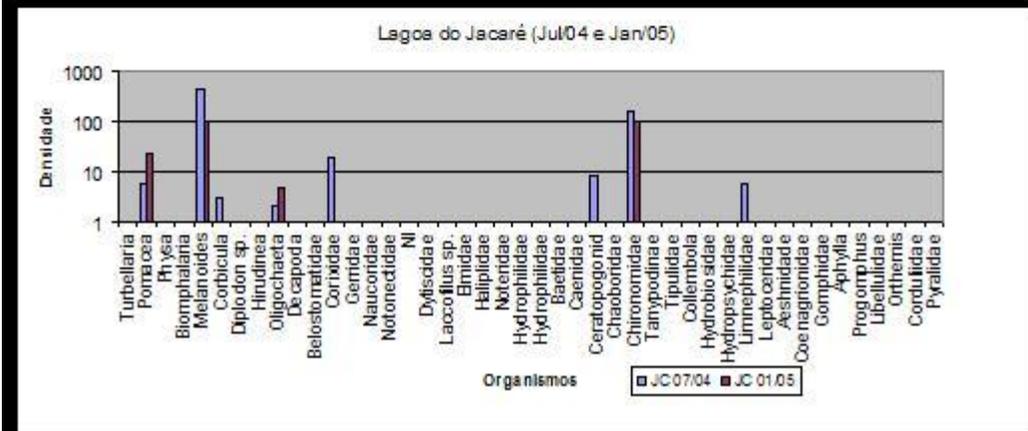
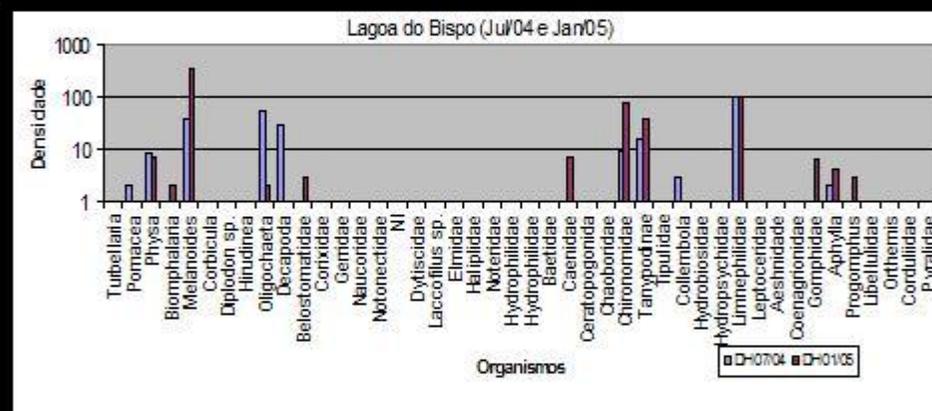
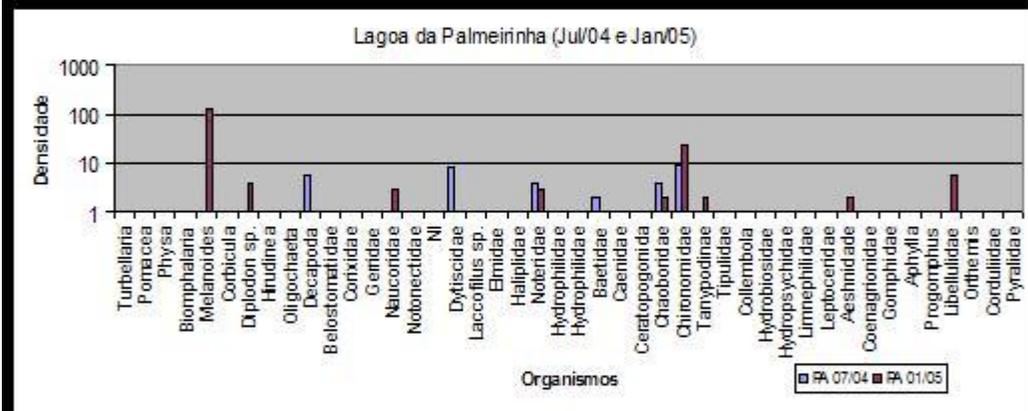
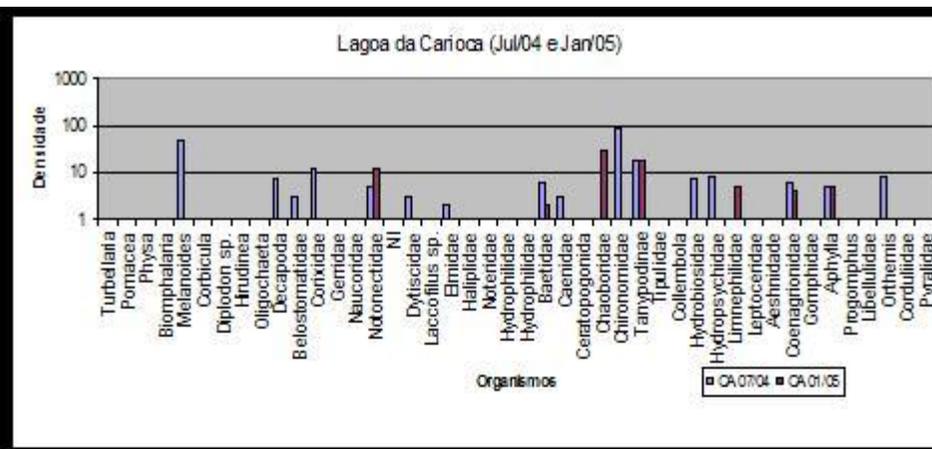
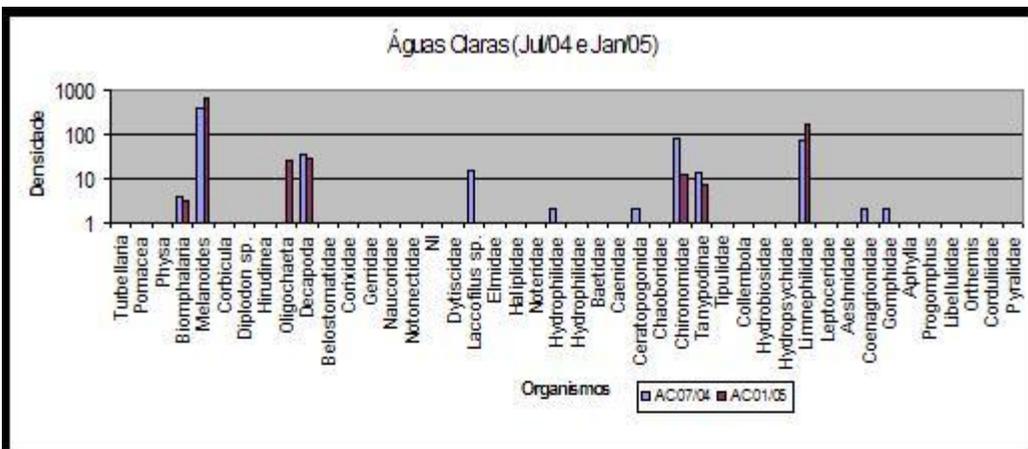


Figura 23 - Abundâncias de organismos bentônicos nos lagos do distrito lacustre do médio rio Doce, em duas épocas distintas do ciclo sazonal (estação seca = julho de 2004 e estação chuvosa = janeiro de 2005).

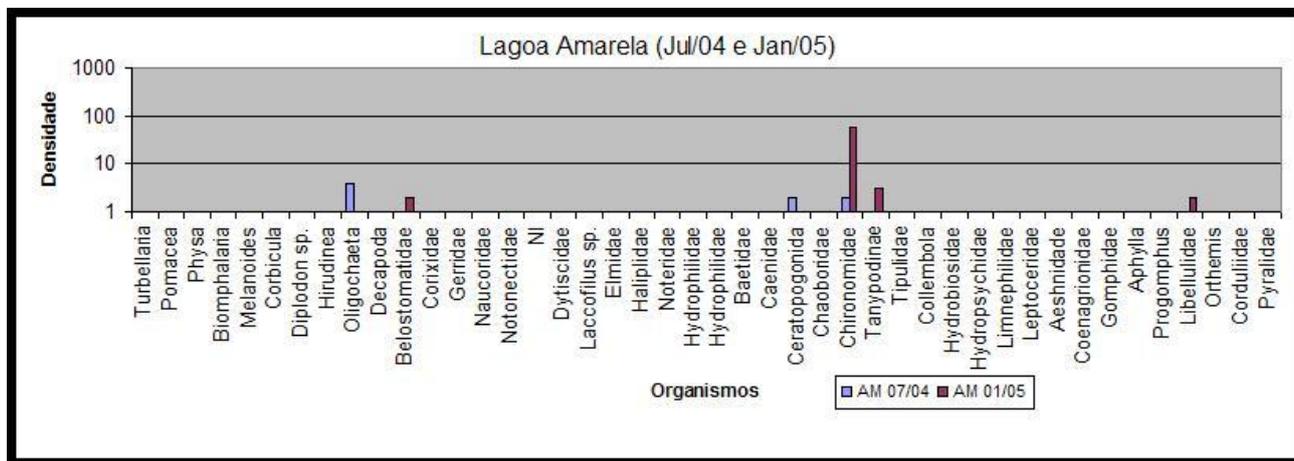


Figura 24 - Abundâncias dos organismos zoobentônicos em duas épocas distintas do ciclo sazonal na lagoa Amarela, distrito lacustre do médio Rio Doce (estação seca = julho de 2004 e estação chuvosa = janeiro de 2005).

A família Chironomidae (Díptera) foi também a mais abundante dos insetos, principalmente nos lagos em julho/04 e janeiro/05.

As ninfas da ordem Odonata foram sempre encontradas principalmente nos lagos estudados. Em geral, os odonatas são considerados elos importantes nas cadeias alimentares aquáticas, servindo como presas a peixes e outros vertebrados aquáticos e atuando como predadores de larvas de dípteros ou outros invertebrados de menor porte (Merrit & Cummins, 1984). As famílias Gomphidae e Libellulidae foram encontradas em todas as campanhas nos dois tipos de ambiente.

Para os ambientes lânticos do PERD e seu entorno, esperava-se que as lagoas inseridas dentro do parque mostrassem uma comunidade mais rica e bem estruturada, ou seja, sem monodominância e com distribuição equitativa dos indivíduos pelos vários taxa presentes. De fato, em julho/04, as três lagoas dentro do PERD (Gambazinho, D. Helvécio e Carioca) juntamente com a lagoa Águas Claras destacaram-se pelo alto número de taxa, variando entre 13 e 17 taxa (Fig. 23), enquanto nas demais a riqueza variou entre 4 e 10 taxa. No entanto em janeiro/05,

apenas o lagoa D. Helvécio manteve este nível de riqueza, nas demais ocorreu uma grande diminuição no número de espécies presentes, exceto nas lagoas Palmeirinha (Fig. 23) e Amarela (Fig. 24) que apresentaram um aumento neste parâmetro. Na campanha seguinte, agosto/05 verificou-se que houve uma recuperação parcial nos valores deste parâmetro nas lagoas dentro do PERD, assim como na lagoa Jacaré; os outros três ambientes sofreram novamente reduções na sua riqueza. A lagoa Amarela, a mais eutrofizada do sistema, mostrou sistematicamente a mais baixa riqueza de organismos em todas as campanhas, apresentando entre 3 e 7 taxa.

Também nos sistemas lênticos, o número de indivíduos mostrou uma grande amplitude de variação, tanto de um ambiente para outro, na mesma campanha, quanto no mesmo local de uma campanha para outra (Fig. 25). A lagoa Águas Claras, por exemplo, chegou a apresentar 936 indivíduos na campanha de janeiro/05, sendo 680 caramujos *Melanoides tuberculatus* e 170 ninfas de Limnophilidae (Trichoptera) para logo em seguida sofrer uma redução significativa na sua abundância, mostrando em agosto/05 apenas 32 indivíduos.

A lagoa Amarela foi a exibiu o menor número de indivíduos em todos os momentos do estudo, variando a abundância entre 9 (julho/04) e 66 (jan/05) indivíduos. Tal escassez de indivíduos pode ser atribuída em parte à dificuldade de se realizar arrastos no substrato desta lagoa, já que o mesmo é coberto por um tapete de macrófitas bastante espesso (Figs. 25).

Embora as diferenças em termos de riqueza não sejam significativas, as lagoas dentro do PERD apresentaram uma tendência para valores mais elevados de riqueza, especialmente no período da seca. A Fig. 25 mostra que as lagoas dentro do PERD apresentaram uma tendência para uma maior diversidade de certos grupos de insetos com por exemplo para os Odonata. Organismos exóticos tais como o molusco *M. tuberculatus* teve maiores densidades na lagoas situadas fora do PERD.

Os dois parâmetros da comunidade (riqueza e abundância) foram analisados em uma série temporal e a estabilidade de cada um deles discutida em termos de variações estatisticamente significativas. A Fig. 25 mostra a média e o desvio padrão de cada parâmetro em cada uma das três campanhas amostrais. Em termos estatísticos tem-se que, quando o valor médio da variável de um determinado período está dentro do intervalo do desvio padrão de outro período, isto implica em que não há diferenças estatisticamente significativas entre os dois períodos para aquela variável. No gráfico,

são atribuídas letras minúsculas iguais para aqueles períodos que não se mostraram significativamente diferentes entre si.

Era esperado que, devido às flutuações ambientais sazonais, as campanhas dos períodos de seca (julho/04 e agosto/05) não mostrassem diferenças entre si, mas fossem ambas diferentes do período de chuvas (janeiro/05).

Para as lagoas do trecho médio da bacia do rio Doce não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre as campanhas, nem para a riqueza, nem para a abundância de indivíduos (Fig. 25). A grande amplitude de variação destes parâmetros entre um ambiente e outro foi responsável pelo grande desvio padrão encontrado, o que implica também numa alta variância.

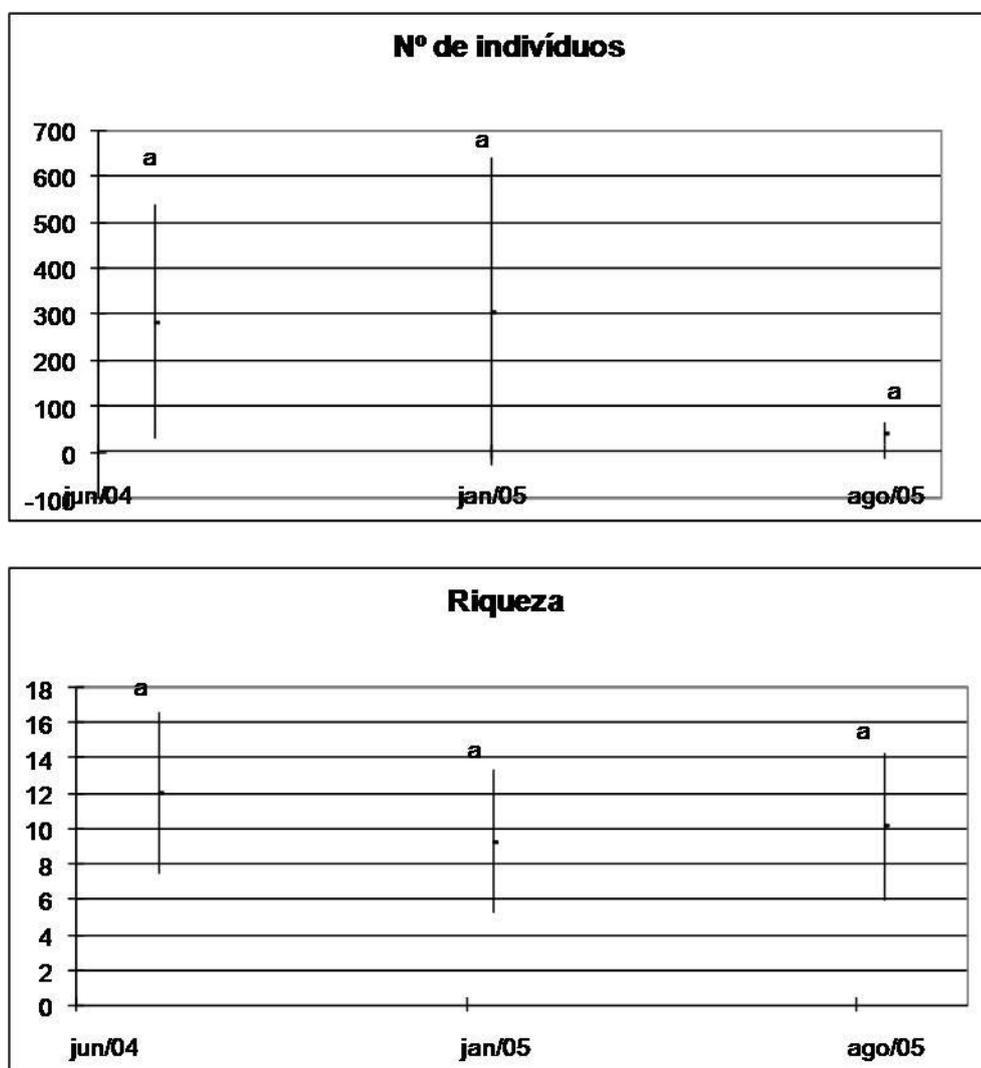


Figura 25 - Média e desvio padrão dos parâmetros (abundância e riqueza) na comunidade zoobentônica das lagoas do trecho médio da bacia do rio Doce.

SEDIMENTOS

As (intensas) mudanças recentes observadas nos lagos do médio rio Doce, principalmente aquelas associadas a perda de espécies podem ser observadas através de um outro enfoque. Amostras de sedimentos, tomadas na lagoa da Carioca, demonstraram que as densidades dos subfósseis de Chironomidae aumentaram enquanto que a riqueza de taxa diminuiu de modos marcantes (Fig. 26). O número de carapaças cefálicas mais do que duplicou nos estratos mais recentes passando de -625 to 925 cápsulas.grama⁻¹ (peso fresco) no extrato mais recente. Embora não tenham sido feitas datações nos diferentes estratos, ficou claro que houve uma considerável mudança nas condições ecológicas na lagoa da Carioca em passado recente (Fig. 27 A).

A família chironomidae é subdividida em duas subfamílias: chironominae e tanypodinae. Houve uma nítida prevalência da subfamília chironominae nos estratos mais recentes, representada pelos gêneros coletores *Chironomus*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus* e *Stenochironomus* que são tipicamente habitantes de águas eutróficas (Merritt & Cummins, 1996, Il'yashuk & Il'yashuk, 2004). Já nos sedimentos mais antigos e profundos, a dominância foi de gêneros da família tanypodinae (Fig. 27 B). Esse padrão de distribuição de carapaças de chironomidae nos sedimentos da lagoa da Carioca confirma as nossas suspeitas de mudanças recentes em direção à condições mais eutróficas na lagoa da Carioca e que essa mudança ocorreu abruptamente.

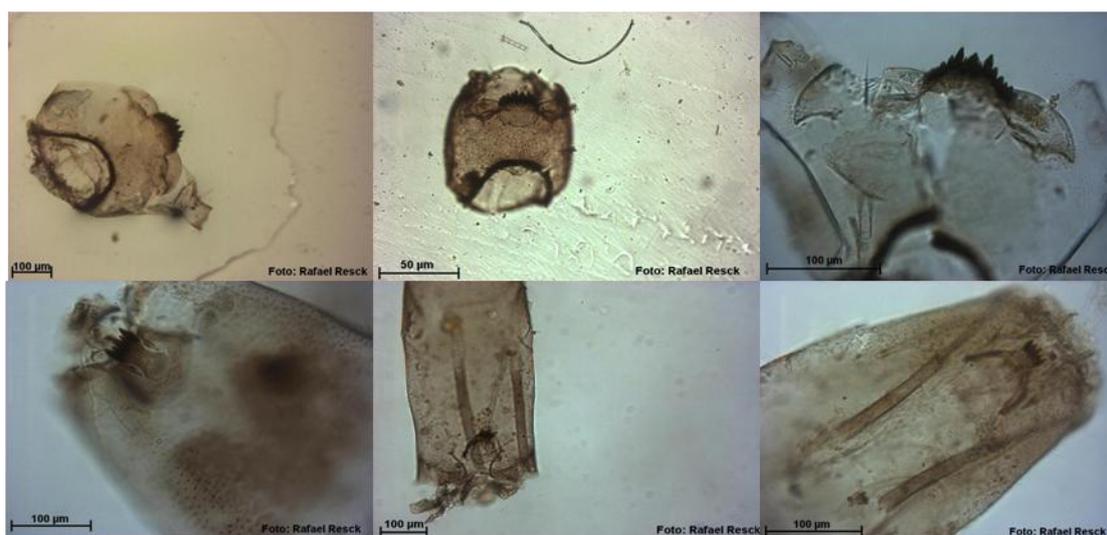
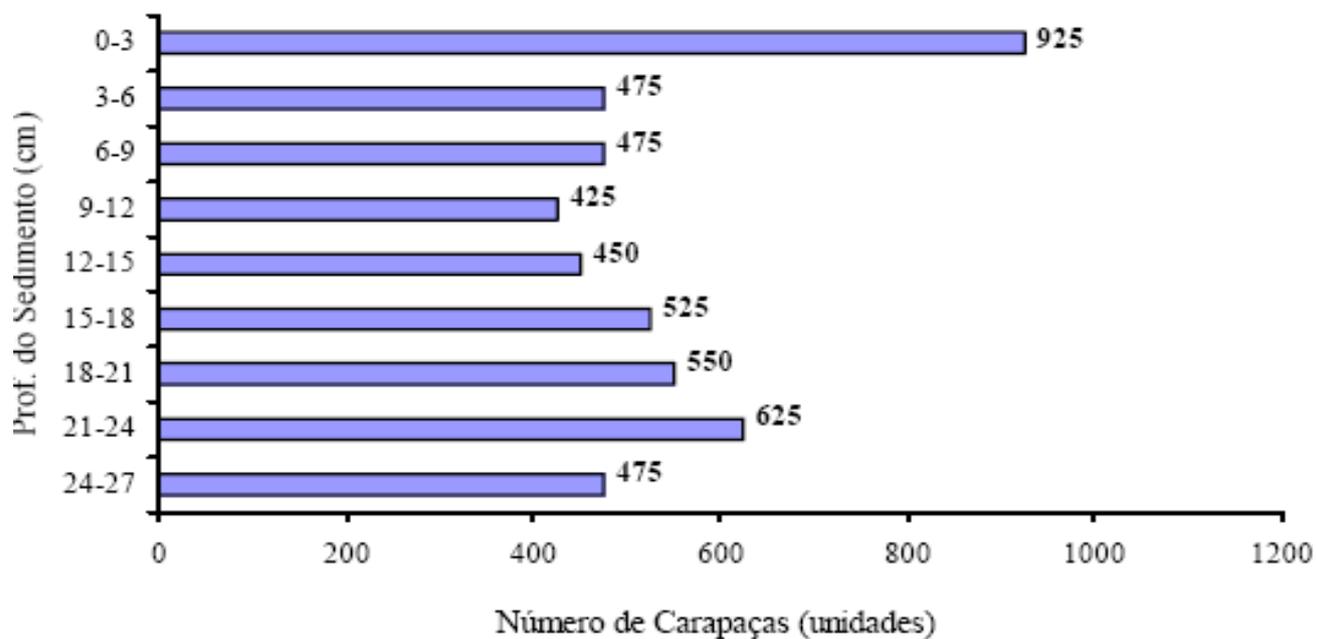


Figura 26 - Carapaças cefálicas de chironomidae encontradas nos sedimentos da lagoa da Carioca. Mudanças drásticas no número e nas espécies ao longo dos estratos sugerem uma grande mudança ecológica em passado recente.

A)



B)

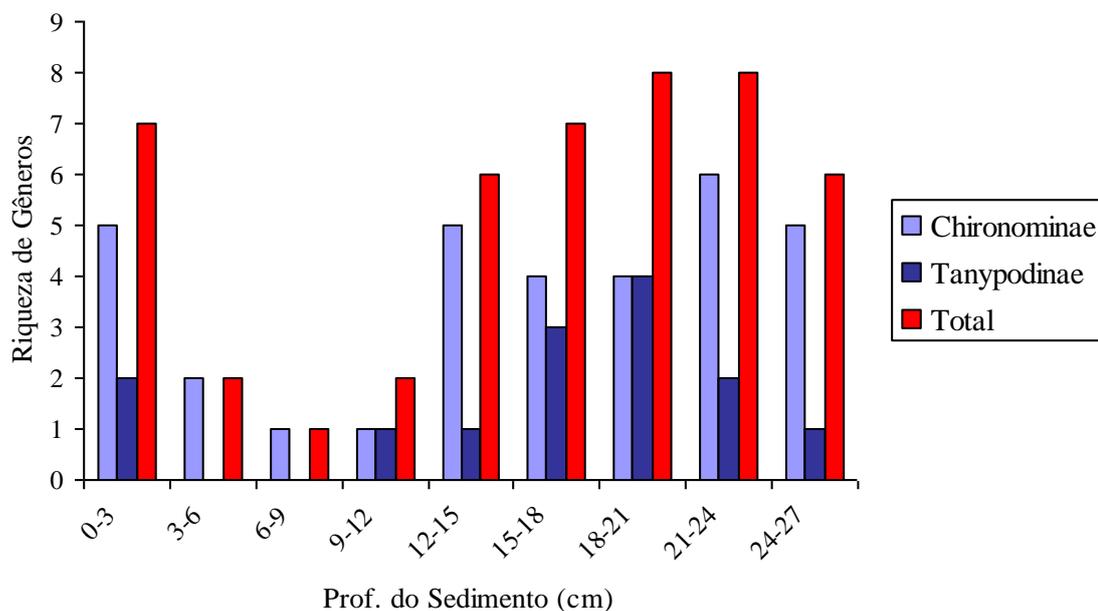


Figura 27 – A) Número de carapaças cefálicas de chironomidae por grama de peso úmido. 1,0 ml de peso úmido do sedimento equivale aproximadamente a 0,04 gramas de peso seco livre de substâncias orgânicas. B) Número de gêneros de duas subfamílias dípteros chironomidae nos sedimentos da lagoa da Carioca.

MACRÓFITAS

Foram coletadas ao todo 65 espécies de macrófitas aquáticas nas 8 lagoas estudadas (Tabela 7) (Fig. 28). Em vermelho estão as espécies coletadas em setembro e adicionadas a lista. As lagoas amostradas em março com o maior número de espécies foram Amarela (19), Malba (19), Jacaré (17), Carioca (15), Águas Claras (14), Dom Helvécio (13), Palmeirinha (13) e Gambazinho (7). Em setembro, as lagoas que apresentaram o maior número de espécies foram Amarela (14), Malba (11), Carioca (11), Dom Helvécio (10), Gambazinho (9), Palmeirinha (7), Águas Claras (6) e Jacaré (3).

A tabela 8 mostra a riqueza total de espécies de macrófitas aquáticas coletadas neste trabalho (coleta sistemática) e a riqueza encontrada por Rocha et al (2004) para o PELD-site 4, e do recente levantamento efetuado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Com exceção da lagoa Amarela. A riqueza encontrada no presente estudo foi menor à encontrada por Costa et al (2004) cuja coleta não foi sistemática e empregou um esforço amostral maior e diferenciado para os ambientes.

A maior riqueza encontrada na lagoa Amarela deve estar relacionada à variabilidade temporal da nossa amostragem, contemplando períodos bem distintos do regime hídrico e aumentando a probabilidade de encontrar espécies que florescem em épocas diferentes. As espécies mais frequentes foram *Eleocharis interstincta* (50,8%), *Utricularia* sp. (41,3%), *Nymphaea* sp. (28,0%), *Salvinia* spp. (23,1.2%) e *Chara* sp. (12.1%) (Figura 29). As demais espécies ocorreram em menos de 10% dos quadrados amostrados (Figura 29).

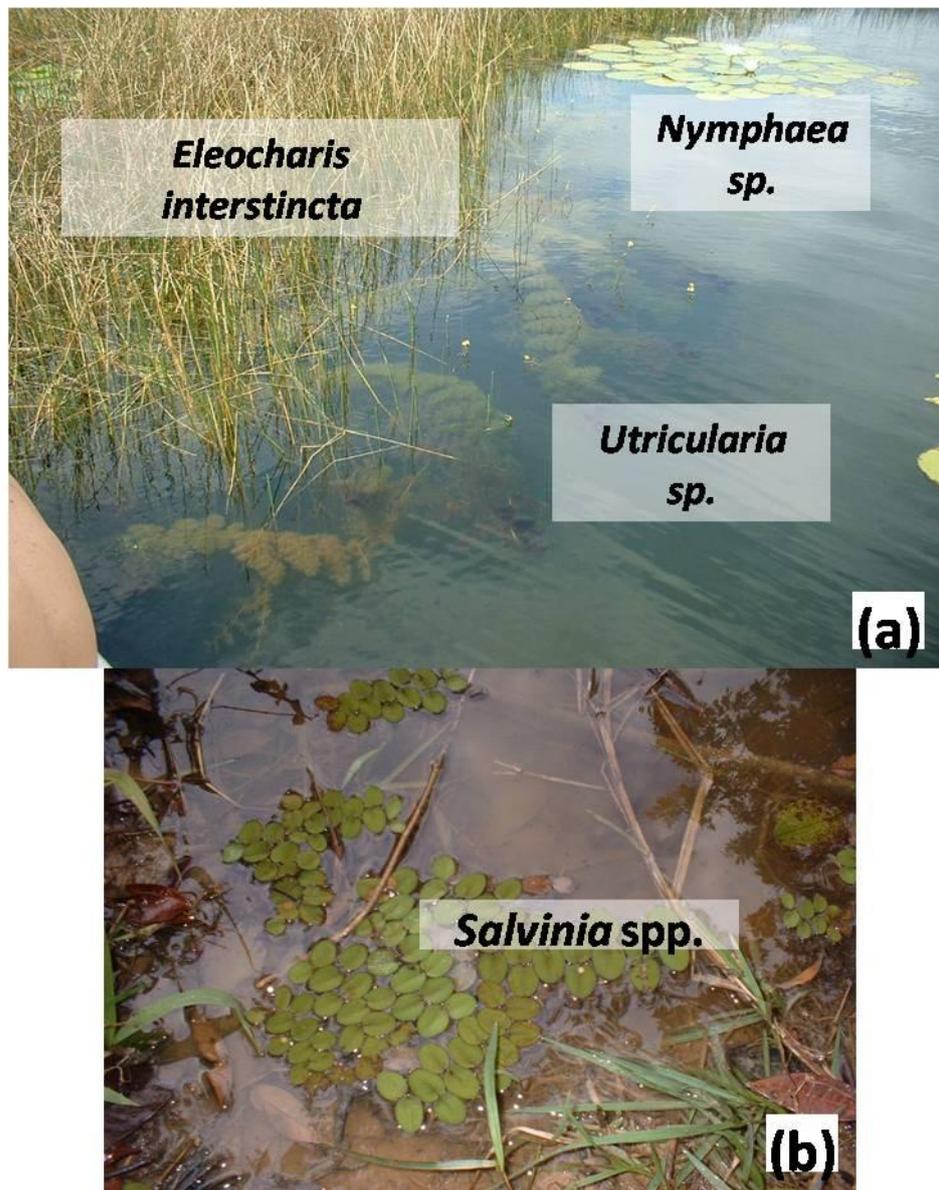


Figura 28 - Fotografia ilustrando as quatro espécies com a maior frequência de ocorrência, *Eleocharis interstincta* (emergente), *Utricularia sp.* (submersa), *Nymphaea sp.* (enraizada com folhas flutuantes (a) e *Salvinia spp.* (flutuantes livre) (b). Foto: Ricardo Motta Pinto-Coelho.

Tabela 7 - Lista de espécies de macrófitas aquáticas coletadas nas lagoas do Parque Estadual do Rio Doce (março e setembro de 2005) e áreas de entorno.

FAMÍLIA	LAGOAS							
	Carioca	Gambazinho	D. Helvécio	Jacaré	Águas Claras	Palmeirinha	Amarela	Malba
Alismataceae			<i>Sagitaria sp.</i>		<i>Echinodorus bolivianus</i>	<i>Echinodorus bolivianus</i>	<i>Sagitaria sp.</i>	
Asteraceae	<i>Asteraceae sp2</i>	<i>Asteraceae sp2</i>		<i>Asteraceae sp1</i>				
Cabombaceae						<i>Cabomba sp.</i>	<i>Cabomba sp.</i>	<i>Cabomba sp.</i>
Characeae	<i>Nitella sp.</i>		<i>Chara sp.</i>	<i>Chara sp.</i>	<i>Chara sp.</i>	<i>Chara sp.</i>		<i>Chara sp.</i>
Commelinaceae					<i>Comelina sp.</i>	<i>Comelina sp.</i>		
Cyperaceae	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Cyperus haspan</i>	<i>Eleocharis maculosa</i>	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Cyperus haspan</i>	<i>Cyperus haspan</i>
								<i>Fiurena umbellate</i>
	<i>Scirpus sp3</i>	<i>Scleria mitis</i>	<i>Rhynchospora cf tenuis</i>	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Eleocharis interstincta</i>	<i>Fiurena umbellata</i>	<i>Eleocharis maculosa</i>	<i>Eleocharis maculosa</i>
				<i>Eleocharis maculosa</i>	<i>Fiurena umbellata</i>		<i>Scirpus sp</i>	<i>Rhynchospora cf tenuis</i>
				<i>Fiurena umbellata</i>			<i>Scirpus sp1</i>	<i>Scirpus sp4</i>
				<i>Typha domingensis</i>			<i>Scirpus sp2</i>	<i>Typha domingensis</i>
						<i>Typha domingensis</i>	<i>Cyperaceae sp2</i>	
Euphorbiaceae			<i>Caperonia sp</i>	<i>Caperonia sp.</i>				
Fabaceae	<i>Dioclea sp.</i>		<i>Aeschynomene fluminensis</i>					
Hydrophyllaceae	<i>Hydrolea spinosa</i>	<i>cf</i>						

Tabela 7 (continuação)								
FAMÍLIA								
LAGOAS								
	Carioca	Gambazinho	D. Helvécio	Jacaré	Águas Claras	Palmeirinha	Amarela	Malba
Lamiaceae	<i>Hyptis microphyla</i>			<i>Hyptis leptostachys</i>				<i>Hyptis sp.</i>
Lemnaceae							<i>Wolfiela sp.</i>	
Lentibulariaceae		<i>Utricularia sp.</i>	<i>Utricularia sp.</i>		<i>Utricularia sp.</i>	<i>Utricularia sp.</i>	<i>Utricularia sp.</i>	<i>Utricularia sp.</i>
Malvaceae							<i>Abutilon peltatum</i> cf <i>Hibiscus sp.</i>	cf <i>Abutilon peltatum</i> cf
Myacaceae	<i>Mayaca fluviatilis</i> cf					<i>Mayaca fluviatilis</i> cf		
Menyanthaceae	<i>Nymphoides humboldtianum</i>		<i>Nymphoides humboldtianum</i>					
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea sp.</i>	<i>Nymphaea sp.</i>		<i>Nymphaea sp.</i>	<i>Nymphaea sp.</i>	<i>Nymphaea sp.</i>	<i>Nymphaea sp.</i>	
Onagraceae	<i>Ludwigia erecta</i> cf	<i>Ludwigia sedoides</i> cf	<i>Ludwigia erecta</i> cf	<i>Ludwigia jussiaenoides</i> cf	<i>Ludwigia sedoides</i> cf		<i>Ludwigia sp1</i>	<i>Ludwigia sp1</i>
							<i>Ludwigia erecta</i> cf	
							<i>Ludwigia jussiaenoides</i> cf	
	<i>Ludwigia sp2</i>				<i>Ludwigia jussiaenoides</i>			<i>Ludwigia sp2</i>
Piperaceae						<i>Piper sp.</i>		
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	<i>Andropogon bicornis</i>	<i>Poaceae sp4</i>	<i>Poaceae sp4</i>	<i>Hymenachne cf amplexicaulis</i>	<i>Hymenachne cf amplexicaulis</i>	<i>Poaceae sp1</i>	<i>Poaceae sp1</i>
	<i>Poaceae sp1</i>	<i>Poaceae sp1</i>			<i>Poaceae sp3</i>	<i>Poaceae sp6</i>		
	<i>Poaceae sp2</i>				<i>Poaceae sp6</i>	<i>Poaceae sp7</i>		
	<i>Poaceae sp5</i>							

Polygonaceae		<i>Polygonum acuminatum</i>	<i>Polygonum acuminatum</i>	<i>Polygonum acuminatum</i>				
Tabela 7 (continuação)								
Pontederiaceae			<i>Pontederia sp.</i>					<i>Eichhornia azurea</i>
Pteridaceae							<i>Acrostichum danaeifolium</i>	
FAMÍLIA	LAGOAS							
	Carioca	Gambazinho	D. Helvécio	Jacaré	Águas Claras	Palmeirinha	Amarela	Malba
Riciaceae							<i>Ricciocarpus sp.</i>	<i>Ricciocarpus sp.</i>
Rubiaceae								<i>Borreria capitata</i> cf
Salviniaceae		<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>	<i>Salvinia sp.</i>
Scrophulariaceae	<i>Bacopa salzmanii</i>					<i>Scoparia dulces</i>	<i>Scrophulariaceae sp1</i>	
Thelypteridaceae				<i>Thelypteris interrupta</i>			<i>Thelypteris interrupta</i>	<i>Thelypteris interrupta</i>
Urticaceae				<i>Bohemeria sp.</i>				<i>Bohemeria sp.</i>
Vitaceae				<i>Cissus sp.</i>	<i>Cissus sp.</i>			
Xiridaceae							<i>Xiris sp.</i>	

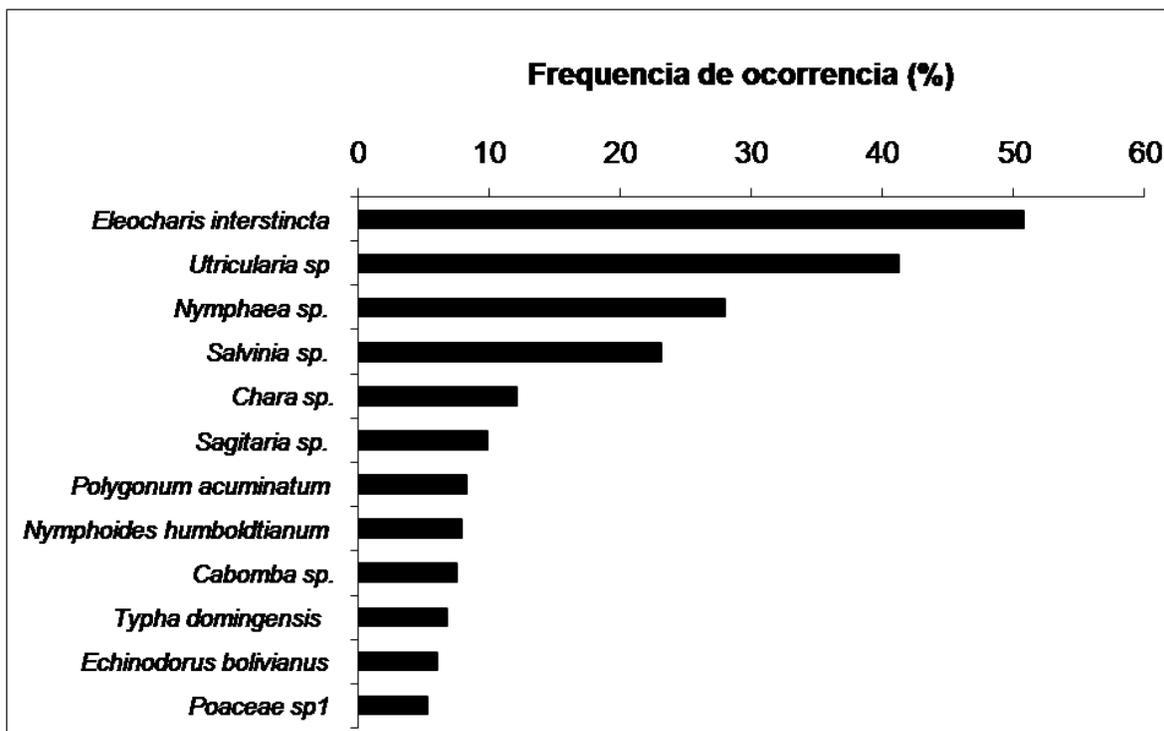


Figura 29 - Frequência de ocorrência das espécies nas lagoas amostradas. As demais espécies ocorreram em menos que 5% das amostras e por este motivo não estão listadas.

Tabela 8 - Riqueza de espécies de macrófitas aquáticas em cada lagoa amostrada (S_{obs}). Para efeito de comparação, estão listados dados de Rocha et al (2003) para o PELD-site 4, e do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

lagoas	S_{obs}	PELD	MMA
Águas Claras	15	20	12
Amarela	24	19	8
Carioca	17	28	11
Dom Helvécio	13	34	19
Gambazinho	10	11	
Jacaré	17	29	13
Malba	21		
Palmeirinha	14		

SIMILARIDADE DAS LAGOAS

A figura 30 mostra a similaridade entre as lagoas de acordo com a composição de espécies. As lagoas que apresentaram a maior similaridade foram Águas Claras e Palmeirinha, lagoas muito próximas entre si localizadas dentro da área do plantio de *Eucalyptus* spp. Essas lagoas apresentaram as seguintes espécies exclusivas: *Comelina* sp., *Echinodorus bolivianus*, *Hymenachne cf amplexicaulis* e Poaceae sp6. As lagoas Malba e Amarela (também localizadas dentro da área do plantio de *Eucalyptus* spp), apresentaram uma similaridade de 78%, partilhando *Riccioparpus* sp. e *Abutilon cf peltatum*. Dentro da área do PERD. As lagoas Gambazinho e Dom Helvécio apresentaram uma similaridade de aproximadamente 60%. A lagoa Carioca forma uma unidade muito distinta das demais lagoas, apresentando as seguintes espécies exclusivas: Asteraceae sp2, *Dioclea* sp., *Elodea* sp., *Hyptis microphyla*, *Nitella* sp., Poaceae sp2, Poaceae sp5, *Scirpus* sp3., e foi a única lagoa com a ausência de *Salvinia* spp.

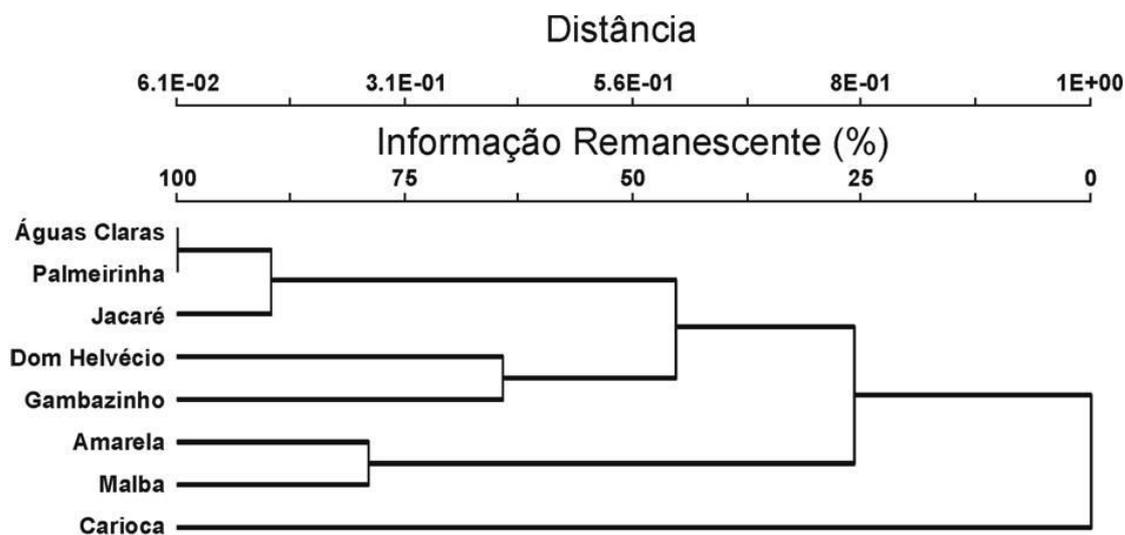


Figura 30 - Dendrograma de similaridade entre as lagoas estudadas utilizando o índice de Bray-Curtis.

PADRÕES DE ZONAÇÃO

A figura 31 mostra a relação entre a distância da margem e o número de espécies de macrófitas aquáticas. Claramente nota-se que as margens das lagoas são ecótonos, i.e. locais de transição entre ecossistemas e que neste caso delimita a transição entre o ecossistema terrestre e o ecossistema lacustre.

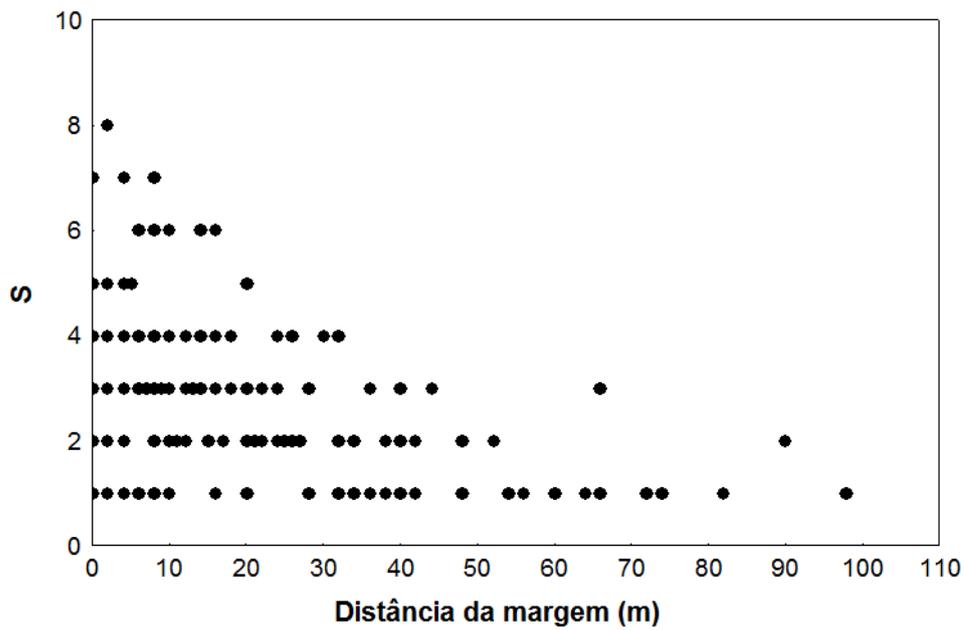


Figura 31 - Relação entre a distância da margem e o número de espécies, mostrando que as margens das lagoas são ecótonos.

PADRÕES DE DIVERSIDADE

Comparando o índice Beta-1 entre as amostras coletadas nos transectos e a amostras totais (quadrados) no período de chuvas (março) (Fig. 32a), observa-se uma maior diversidade nos transectos, com exceção da lagoa Palmeirinha. Este padrão se inverte em setembro (Fig. 32b), época seca onde se espera uma maior fragmentação de habitats devido à redução do nível da água (Santos & Thomaz, *no prelo*).

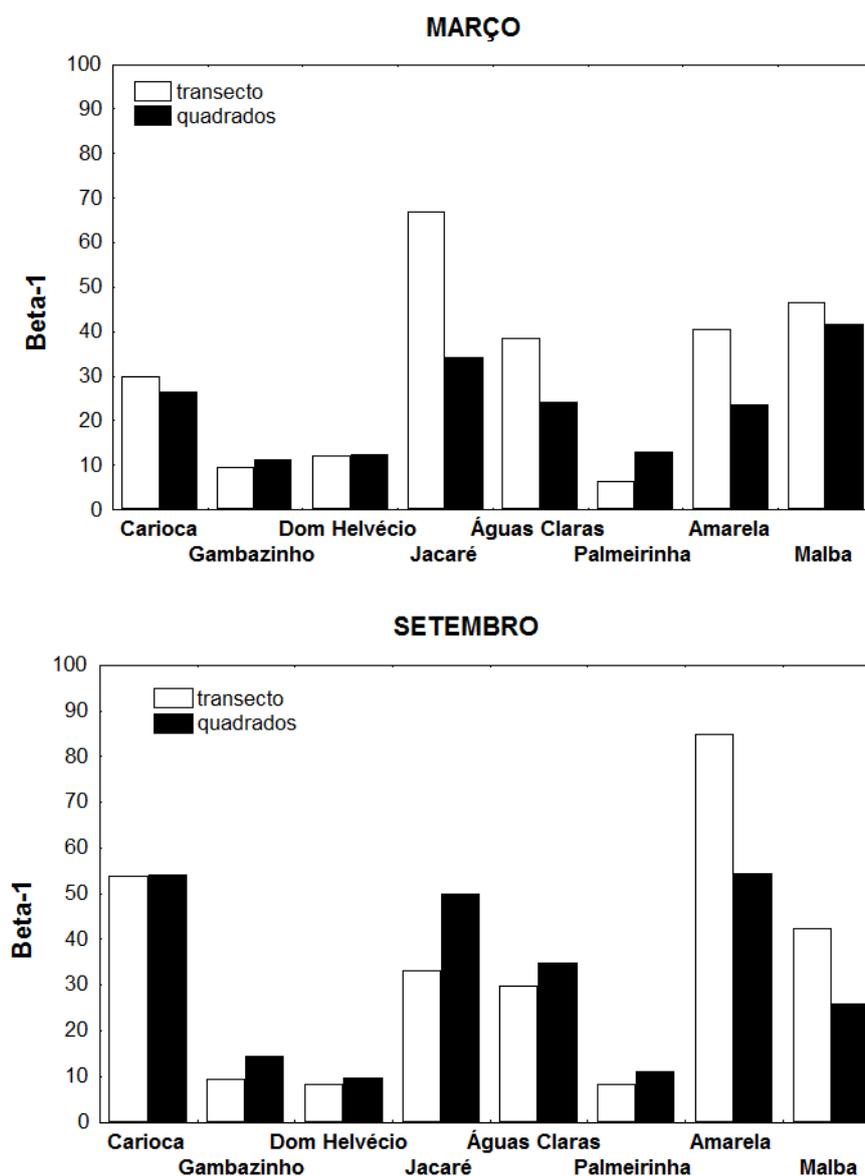


Figura 32 - Relação entre o índice de diversidade Beta-1 calculado para as amostras dos transectos e o índice calculado para as lagoas como um todo (quadrados) nas duas épocas de coleta.

VARIAÇÃO TEMPORAL DA DIVERSIDADE

A figura 33 mostra a ordenação das lagoas pela Análise de Componentes Principais (ACP), que leva em conta a composição florística das lagoas e como a composição variou em função do tempo, i.e., como a composição florística das lagoas variou em de acordo com a época de chuvas (março) e seca (setembro). As setas indicam a direção da mudança florística e o comprimento é equivalente à magnitude das mudanças. Nas extremidades do plano fatorial estão localizadas as espécies raras e no centro, as espécies mais abundantes.

Claramente observa-se o efeito da seca reduzindo a diversidade de espécies nas lagoas, com os vetores orientados para o centro do plano fatorial. As maiores mudanças na composição florística ocorreram na lagoa Carioca, Amarela e Malba. Dom Helvécio, Águas Claras, Palmeirinha e Jacaré apresentam alterações da mesma magnitude. A lagoa Gambazinho manteve praticamente a mesma composição florística entre os períodos de chuva e seca.

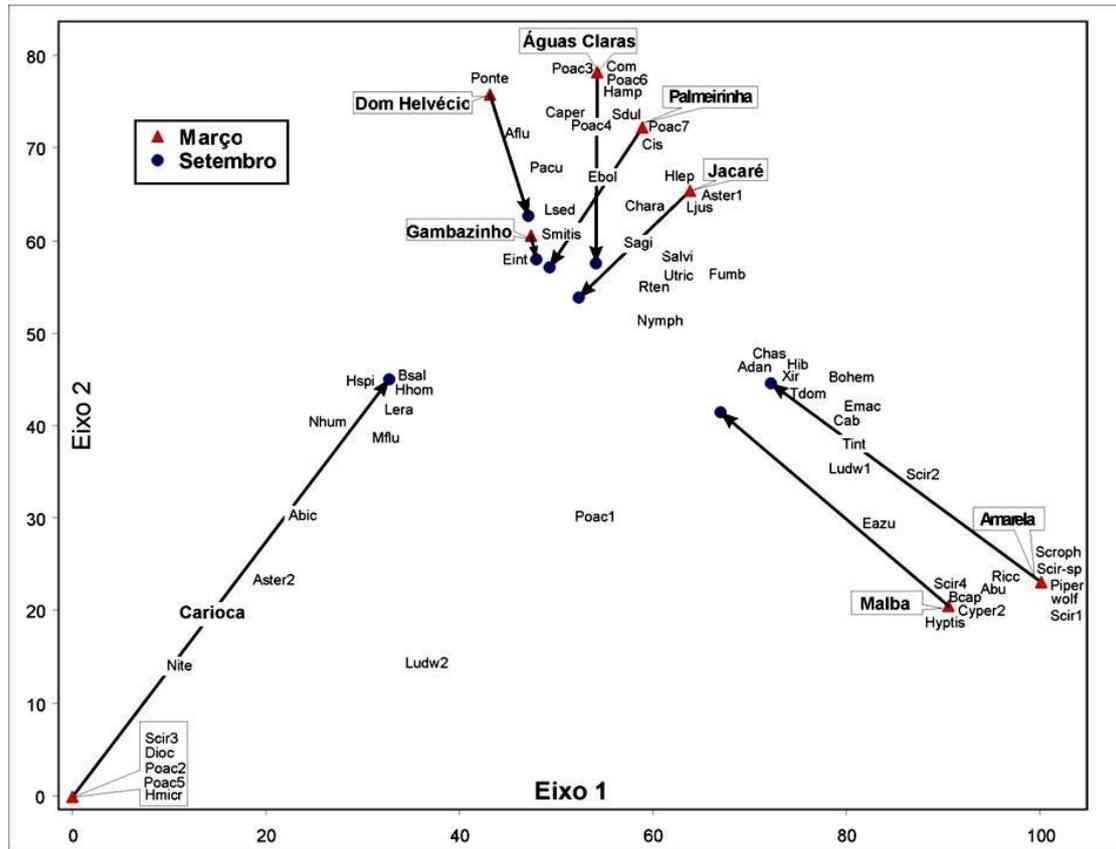


Figura 33 - Análise de Componentes Principais Padronizada (PCA) ordenando as lagoas de acordo com a composição florística em cada período amostral. O eixo 1 explicou 18,3% da variância total e o eixo 2, 15,1%. Escores das espécies calculado pelo método das médias ponderadas (weighted averaging): Abic (*Andropogon bicornis*); Abu (*Abutilon cf peltatum*); Adan (*Acrostichum danaeifolium*); Aflu (*Aeschynomene fluminensis*); Aster1 (*Asteraceae sp1*); Aster2 (*Asteraceae sp2*); Bcap (*Borreria cf capitata*); Bohem (*Bohemeria sp.*); Bsal (*Bacopa salzmanii*); Cab (*Cabomba sp.*); Caper (*Caperonia sp.*); Chara (*Chara sp.*); Chas (*Cyperus haspan*); Cis (*Cissus sp.*); Com (*Comelina sp.*); Cyper2 (*Cyperaceae sp2*); Dioc (*Dioclea sp.*); Eazu (*Eichhornia azurea*); Ebol (*Echinodorus bolivianus*); Eint (*Eleocharis interstincta*); Emac (*Eleocharis maculosa*); Fumb (*Fiurena umbellata*); Hamp (*Hymenachne cf amplexicaulis*); Hhom (*Hyptis cf homalophyla*); Hib (*Hibiscus sp.*); Hlep (*Hyptis leptostachys*); Hmicr (*Hyptis microphyla*); Hspi (*Hydrolea cf spinosa*); Hyptis (*Hyptis sp.*); Lera (*Ludwigia cf erecta*); Ljus (*Ludwigia cf jussaenoides*); Lsed (*Ludwigia cf sedoides*); Ludw1 (*Ludwigia sp1*); Ludw2 (*Ludwigia sp2*); Mflu (*Mayaca cf fluviatilis*); Nhum (*Nymphoides humboldtianum*); Nite (*Nitella sp.*); Nymph (*Nymphaea sp.*); Pacu (*Polygonum acuminatum*); Piper (*Piper sp.*); Poac1 (*Poaceae sp1*); Poac2 (*Poaceae sp2*); Poac3 (*Poaceae sp3*); Poac4 (*Poaceae sp4*); Poac5 (*Poaceae sp5*); Poac6 (*Poaceae sp6*); Poac7 (*Poaceae sp7*); Ponte (*Pontederia sp.*); Ricc (*Ricciocarpos sp.*); Rten (*Rhymchospora cf tenuis*); Sagi (*Sagitaria sp.*); Salvi (*Salvinia sp.*); Scir1 (*Scirpus sp1*); Scir2 (*Scirpus sp2*); Scir3 (*Scirpus sp3*); Scir4 (*Scirpus sp4*); Scir-sp (*Scirpus sp*); Scroph (*Scrophulariaceae sp1*); Sdul (*Scoparia dulces*); Smitis (*Scleria mitis*); Tdom (*Typha domingensis*); Tint (*Thelypteris interrupta*); Utric (*Utricularia sp*); wolf (*Wolffiella sp.*); Xir (*Xiris sp.*).

AMBIENTES LÓTICOS

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICOS

Os rios do trecho médio do rio Doce (Fig 34) podem ser divididos em duas categorias considerando a sua qualidade de águas (Tab. 9): (a) um primeiro grupo com uma melhor qualidade de água que seria composto pelos rios Caraça, Barão de Cocais, Santa Bárbara e Severo. Este grupo é composto por rios com níveis de sólidos em suspensão quase sempre abaixo de $10,0 \text{ mg.l}^{-1}$, concentrações de amônia quase sempre abaixo de $100,0 \text{ ug.l}^{-1}$ e as de fósforo total quase sempre abaixo de $70,0 \text{ ug.l}^{-1}$, não considerando os extremos de variação sazonal a que estão sujeitos; (b) um segundo grupo, formado pelos rios do Peixe, Ipanema, Doce e Piracicaba onde os teores de sólidos geralmente estão acima de $10,0 \text{ mg.l}^{-1}$, o somatório das espécies de nitrogênio inorgânico sempre supera a casa dos $100,0 \text{ ug.l}^{-1}$ e o fósforo total quase sempre acima de $70,0 \text{ ug.l}^{-1}$. Nesse segundo grupo também se destacam os elevados valores de coliformes que geralmente estão acima dos 10.000 NMP de células bacterianas.



Figura 34- Aspectos de alguns dos rios amostrados na região do médio rio Doce.

Tabela 9 - Variações sazonais (estação seca e chuvosa) na qualidade de água em oito diferentes rios na bacia do rio Doce (trecho médio): sólidos totais, nutrientes (série nitrogenada), fósforo total, clorofila-a a coliformes totais e fecais.

Rios - Grupo I

PARAMETRO/PERÍODO	RIO CARAÇA		RIO BARÃO DE COCAIS		RIO SANTA BÁRBARA		RIO SEVERO	
	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005
NITRITO	0,0	0,3	8,1	17,7	1,4	2,0	0,0	4,7
NITRATO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AMÔNIA	0,0	0,0	37,8	446,1	14,1	31,5	0,0	0,0
FÓSFORO TOTAL	23,7	0,0	63,4	44,6	35,2	2,5	43,9	20,5
SÓLIDOS TOTAIS	0,7	0,8	4,2	5,7	1,3	7,3	7,1	6,0
CLOROFILA	0,2	0,0	0,4	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
COLIFORMES FECAIS	900,0	< 200	1700,0	1700,0	17000,0	400,0	1700,0	2600,0
COLIFORMES TOTAIS	900,0	< 200	1700,0	3300,0	35000,0	700,0	1700,0	5000,0

Rios - Grupo II

PARAMETRO/PERÍODO	RIO DO PEIXE		RIO IPANEMA		RIO DOCE		RIO PIRACICABA	
	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005	CHUVA/2005	SECA/2005
NITRITO	45,8	26,3	96,2	118,6	2,5	2,5	6,5	7,4
NITRATO	346,9	0,0	338,3	0,0	83,9	0,0	470,7	0,0
AMÔNIA	65,2	188,6	199,2	803,2	8,8	44,4	144,3	161,3
FÓSFORO TOTAL	434,3	53,6	222,7	104,7	193,8	79,2	894,7	25,0
SÓLIDOS TOTAIS	16,0	7,4	29,8	10,5	103,4	51,8	44,6	3,1
CLOROFILA	1,0	0,6	0,0	0,4	1,2	0,0	0,3	0,5
COLIFORMES FECAIS	3000,0	1700,0	< 200.000	3300,0	22000,0	9000,0	90000,0	8000,0
COLIFORMES TOTAIS	3000,0	1700,0	< 200.000	8000,0	22000,0	2800,0	160000,0	1700,0

ZOOBÊNTOS (AMB. LÓTICOS)

Foram registrados ao todo 73.195 nos ambientes lóticos. Os grandes grupos taxonômicos mais comuns em todos os ambientes foram Mollusca, Annelida e Insecta, embora também tenham sido ocasionalmente registrados vermes platelmintos (Classe Turbellaria, Tricladida), crustáceos (Decapoda, Atyidae) e alguns aracnídeos, devendo entretanto considerar estes últimos como registros acidentais, uma vez que as aranhas não são aquáticas mas habitam a vegetação marginal dos corpos d'água.

Entre os moluscos, encontrou-se representantes das classes Gastropoda e Bivalvia (Fig. 35 e 36). Destaca-se, no caso dos Gastropoda, a presença do gênero *Physa*, tido como bioindicador de qualidade de água por ser extremamente tolerante às alterações do meio e suportar condições de degradação ambiental. Este foi o organismo dominante no ribeirão Barão de Cocais em agosto/05, também presente com alta abundância relativa em julho/04.

Foram registradas duas Classes pertencentes ao filo Annelida: Oligochaeta e Hirudínea. Os oligoquetos, pequenas minhocas aquáticas, foram bastante freqüentes nos dois tipos de ambiente, sendo encontrados em praticamente todos os pontos de coleta. No caso dos rios estes organismos, considerados indicadores de águas poluídas por enriquecimento orgânico, foram especialmente abundantes nos locais considerados de pior qualidade de água como nos ribeirões Barão de Cocais e Ipanema. Representantes da classe Hirudinea, sanguessugas parasitas de peixes, moluscos e anfíbios, geralmente são encontrados em águas rasas, com pouca ou nenhuma corrente e preferencialmente com enriquecimento orgânico; entretanto neste estudo foi registrada a maior densidade de hirudínea no ribeirão Barão de Cocais seguido pelo ribeirão Ipanema, em agosto/05.

O grupo de maior riqueza e maior importância numérica foi o dos insetos (Fig. 35). Foram registradas nove ordens diferentes, com um total de 36 famílias identificadas. A ordem Díptera destaca-se pela grande riqueza de famílias, entre as quais Chironomidae chama a atenção pela ubiqüidade já que está presente na maioria dos ambientes. Em agosto/05, esses organismos alcançaram números surpreendentes, principalmente no rio do Peixe, Piracicaba e Doce, onde foram registrados respectivamente, 15.000, 25.800 e 30.900 indivíduos (Figs. 35 e 36).

As ninfas da ordem Odonata são encontradas principalmente em lagos permanentes, ou na região de remanso dos rios. As famílias Gomphidae e Libellulidae

foram encontradas em todas as campanhas nos dois tipos de ambiente, inclusive nos ambientes considerados de má qualidade de água, como o ribeirão Barão de Cocais e córrego Ipanema, contrariando o esperado, uma vez que estes organismos são tidos como sensíveis à perda de qualidade de seu habitat.

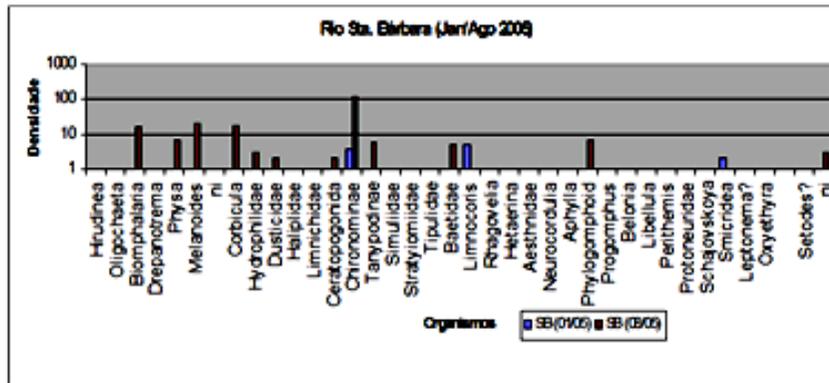
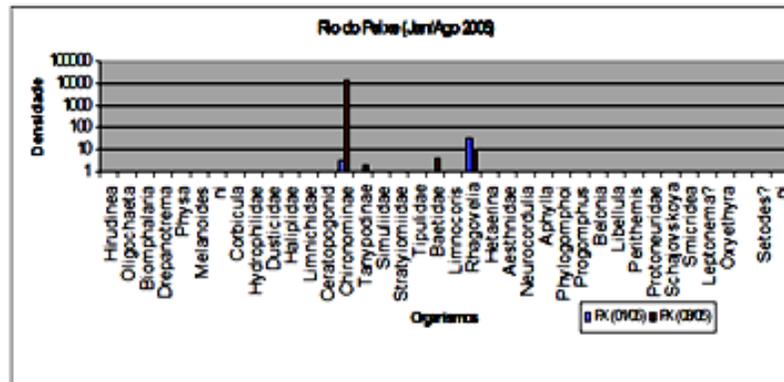
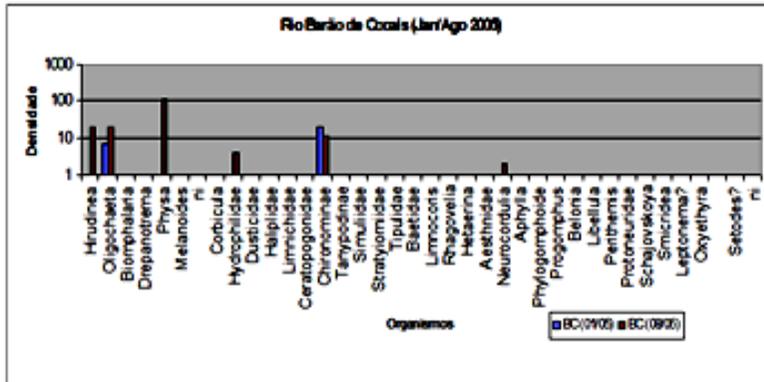
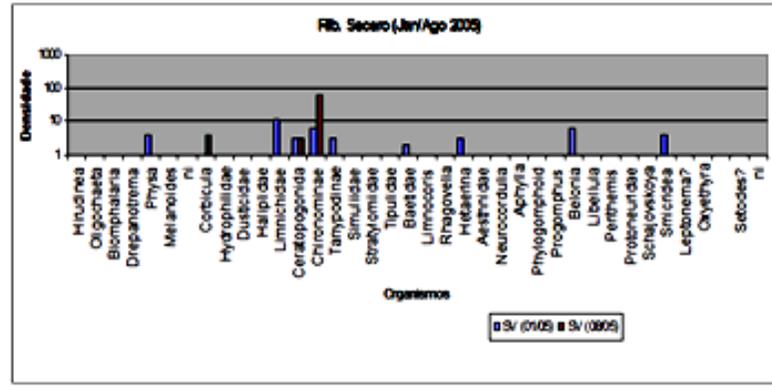
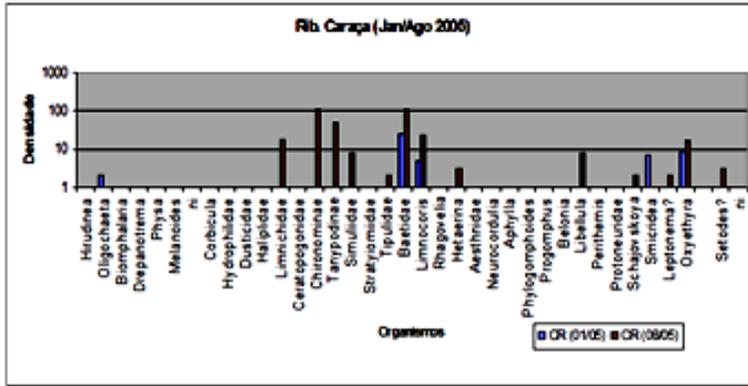
Os insetos da ordem Trichoptera são considerados como pertencentes a um dos grupos que alcançou maior diversidade ecológica no meio aquático. Eles ocorrem em praticamente todos os tipos de ambientes de água doce, desde cabeceiras de rios até rios de grande ordem, desde lagos e poços temporários até pântanos e áreas brejosas. Nos sistemas lóticos do trecho médio da bacia do rio Doce, esta ordem foi particularmente importante em termos de riqueza e abundância, no ribeirão Caraça, dentro de uma área de proteção ambiental. Não foi encontrado nenhum espécime deste grupo no ribeirão Barão de Cocais nem no córrego Ipanema.

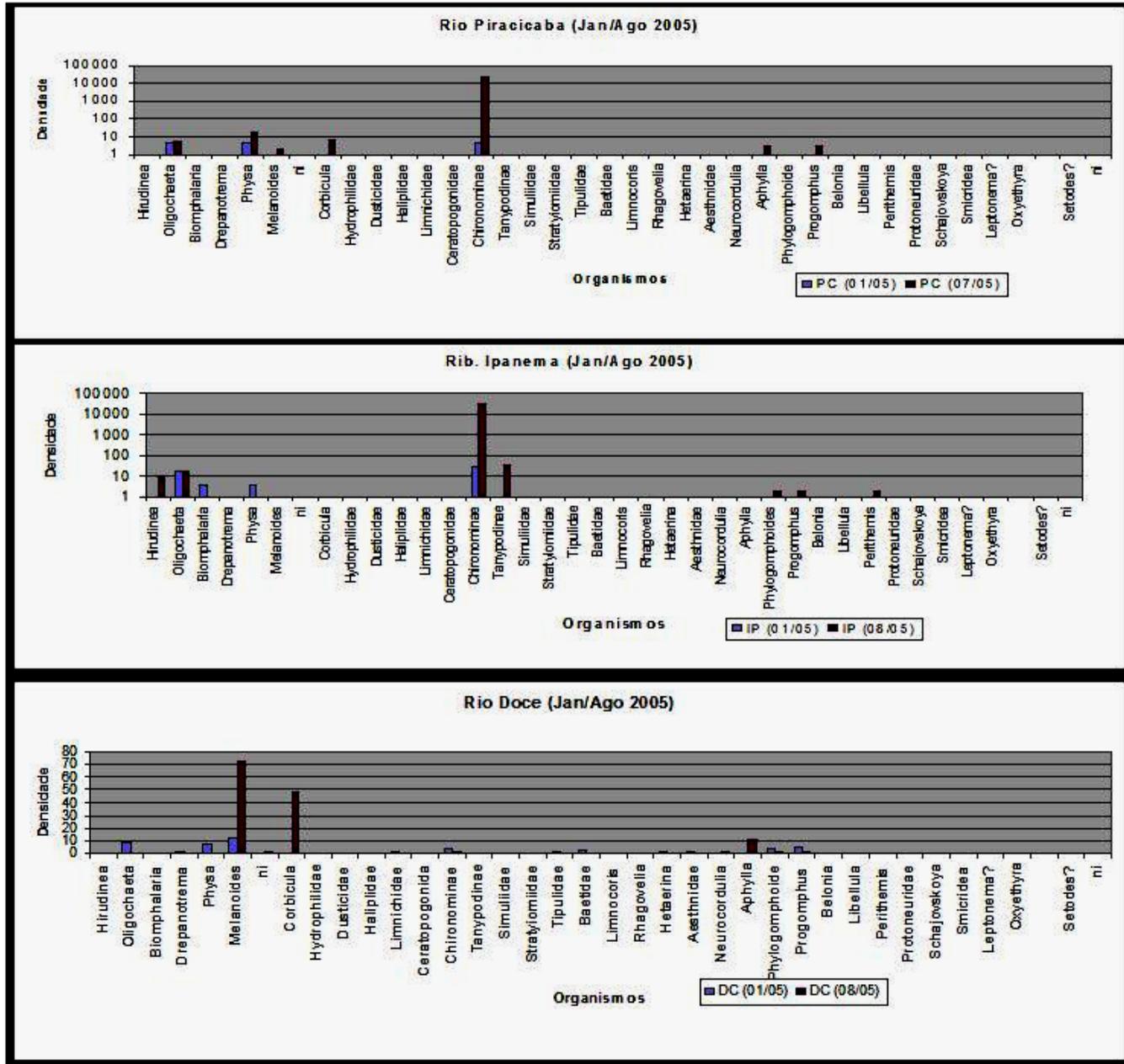
Em relação aos atributos da comunidade, não se encontrou um padrão claro de diminuição da riqueza e da abundância no período de chuvas em comparação com a estação seca, como seria de esperar. Nos rios, a maior riqueza, 17 taxa, foi registrada em agosto/05 no ribeirão Caraça e rio Santa Bárbara que apresentaram em geral ambientes menos deteriorados (Fig. 35). Já os locais que sofrem maior perturbação por atividades antrópicas, tais como o ribeirão Barão de Cocais e o córrego Ipanema apresentaram os menores valores de riqueza, apenas 2 taxa, no ribeirão Barão de Cocais em janeiro/05 e no córrego Ipanema em julho/04 (Figs. 35 e 36). Ainda que não tenha sido verificado um padrão sazonal é notável que o gradiente de poluição dos ambientes lóticos é acompanhado por mudanças na estrutura e composição da comunidade.

O número de indivíduos presentes nas amostras foi o parâmetro que mostrou a maior amplitude de variação nos sistemas lóticos (Fig. 37). Enquanto nas duas primeiras campanhas a abundância variou entre 7 e 58 indivíduos (rio Piracicaba em julho/04 e córrego Ipanema em janeiro/05, respectivamente); na última, em agosto/05, estes números variaram entre 72 (ribeirão Severo) e 30.968 indivíduos (córrego Ipanema). As altas densidades alcançadas nesta campanha são devidas, sobretudo, à grande quantidade de larvas de Chironomidae (Diptera).

Figura 35 - Organismos zoobentônicos nos rios menos impactados (Rib. Caraça, Rio Barão de Cocais, Rio Santa Bárbara, Rio Severo e Rio do Peixe) no trecho da bacia do médio rio Doce em duas épocas distintas do ciclo sazonal.

Figura 36 - Organismos zoobentônicos nos rios mais impactados (Rib. Piracicaba, Rib. Ipanema e Rio Doce) no trecho da bacia do médio rio Doce em duas épocas distintas do ciclo sazonal.





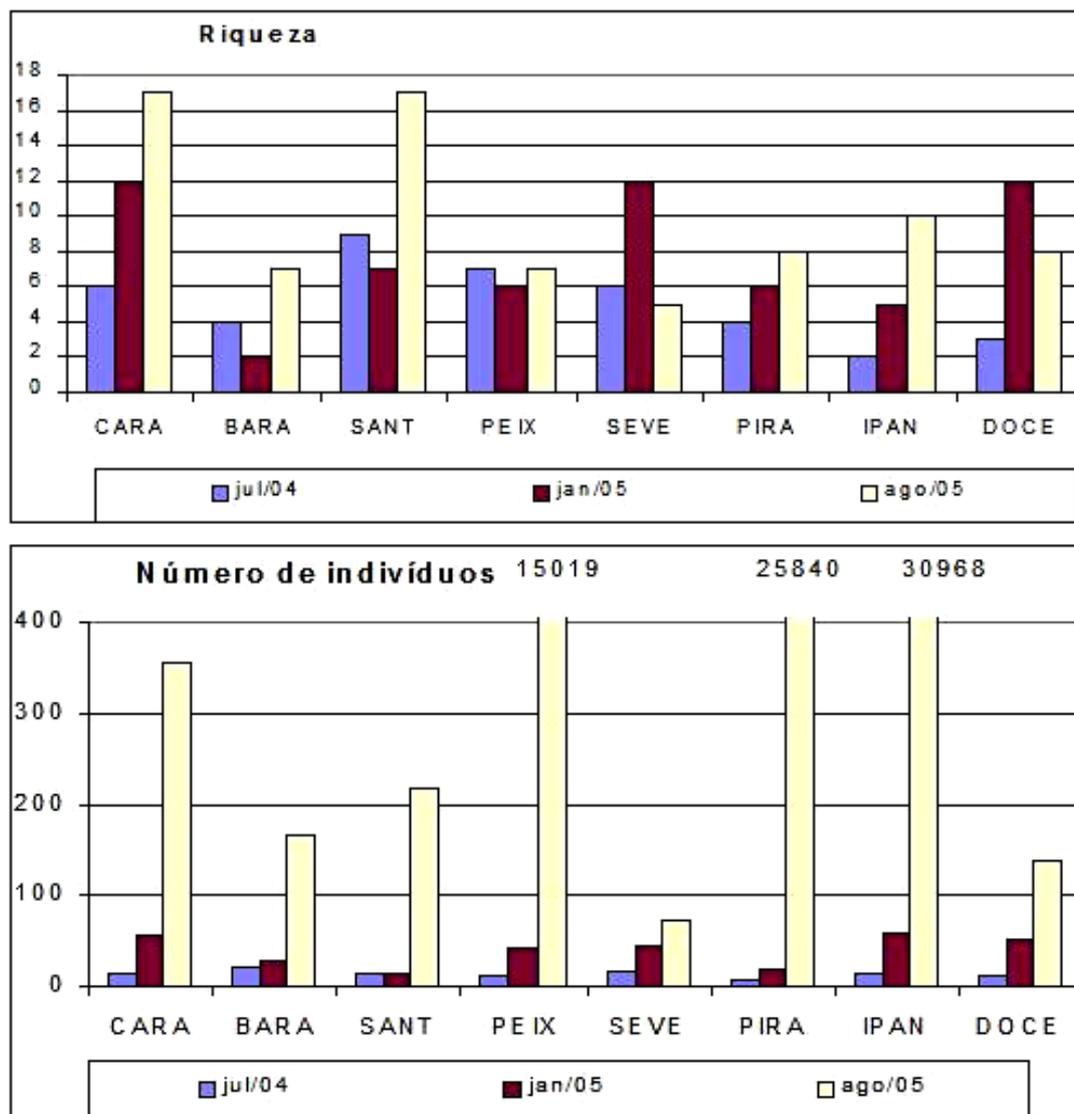


Figura 37- Riqueza de taxa e número de indivíduos nos pontos de coleta dos rios do trecho médio da bacia do rio Doce.

IMPACTOS ECOLÓGICOS DAS ESPÉCIES EXÓTICAS

Os efeitos mais notáveis da introdução de espécies exóticas de peixes na comunidade planctônica e no funcionamento dos ecossistemas lacustres do rio Doce estão sumarizados nas Fig. 38 e 39.

Existe uma marcante diferença na presença de guildas tróficas na comunidade do micro e mesozooplâncton em lagoas com ou sem a presença de peixes exóticos. Quando as lagoas possuem elevadas densidades de peixes exóticos tais como as lagoas da Carioca ou Águas Claras, existe uma forte dominância da guilda de predadores invertebrados na comunidade do mesozooplâncton (Fig. 38). Essas diferenças sugerem que os impactos das introduções de espécies exóticas de peixes vão muito além do seu nível trófico.

A introdução de peixes exóticos piscívoros causou, além de uma série de extinções de espécies nativas da ictiofauna (vide acima), causou também o “relaxamento ecológico” na pressão de predação por vertebrados na comunidade o que levou a um substancial aumento nas abundâncias dos predadores invertebrados, os chaoboridae (Fig. 39).

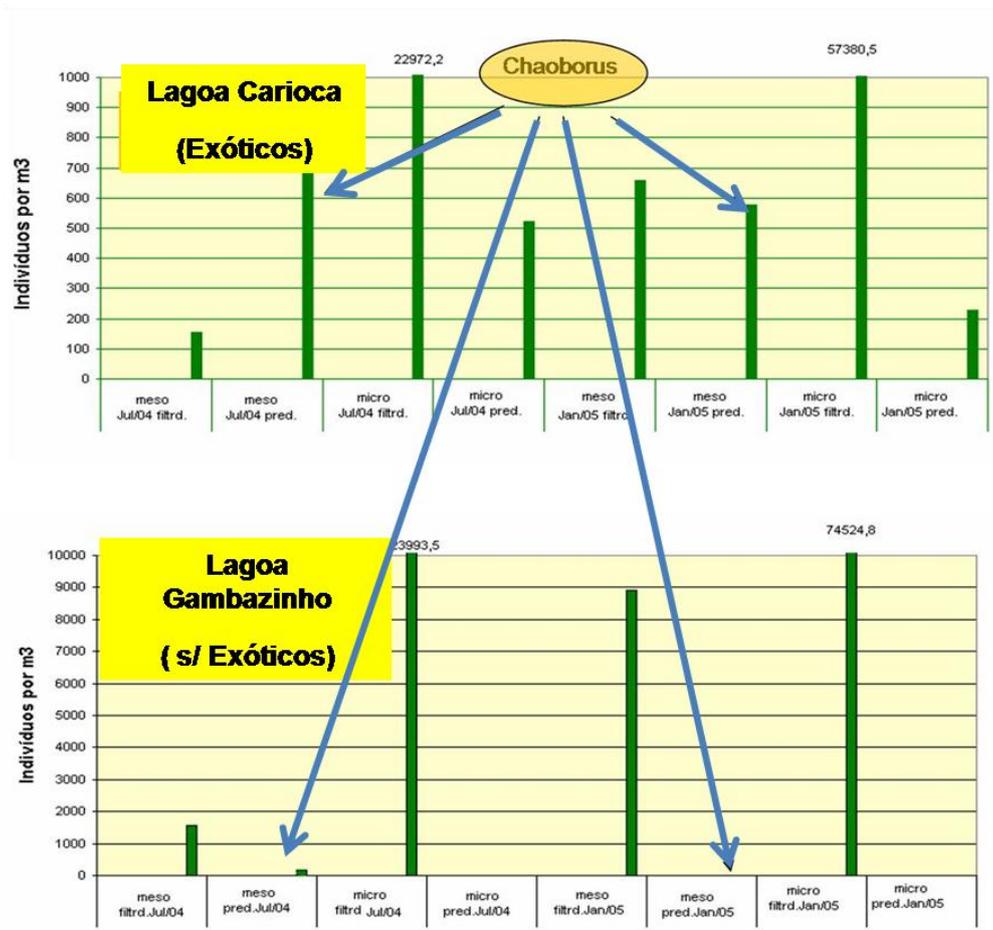
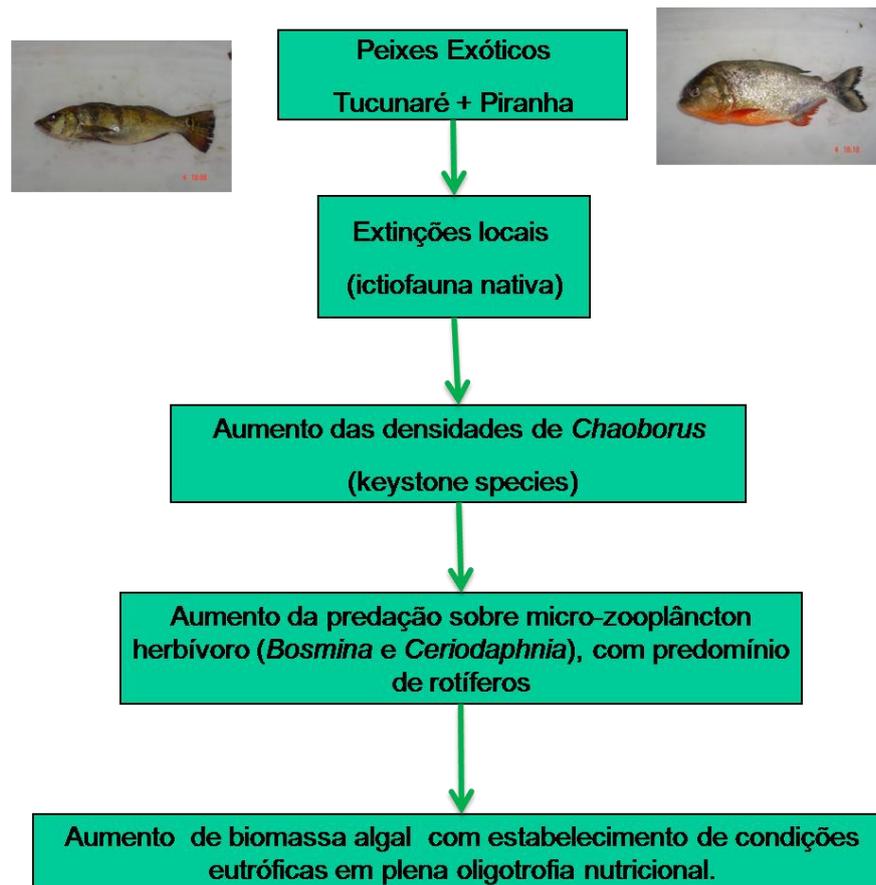


Figura 38 – Abundância de diferentes guildas tróficas na comunidade do zooplâncton de dois lagos do distrito lacustre rio Doce: lagoa da Carioca (onde os peixes exóticos estão presentes) e lagoa do Gambazinho (onde os peixes exóticos estão ausentes). Legenda para as guildas: meso-fit: organismos filtradores do mesozooplâncton; meso-pred: predadores do mesozooplâncton, micro-filtradores: organismos filtradores do microzooplâncton; micro-pred: predadores da fração do microzooplâncton. Dados de julho de 2004 e janeiro de 2005.



“Teoria da Cascata Trófica Invertida” (Pinto-Coelho et al. 2008)

Figura 39 – Cadeia de eventos associados a introdução de espécies exóticas de peixes que levaram a um aumento da eutrofização na lagoa da Carioca. Essa cadeia de eventos causou exatamente os efeitos opostos aos que são previstos pela teoria da cascata trófica (Carpenter et El, 1988). Assim, estamos propondo um novo conceito teórico, a “*cascata trófica invertida*”, para explicar os eventos descritos. A teoria da cascata trófica é muito importante em Ecologia já que é a base teórica para outros conceitos importantes tais como a biomanipulação. A teoria que descobrimos nos lagos do médio rio Doce poderá levar a uma ampla reformulação do entendimento dos efeitos da predação em lagos e reservatórios tropicais.

Essas observações e constatações que levaram a formulação da “teoria da cascata trófica invertida” somente foram possíveis de serem feitas quando várias comunidades aquáticas foram estudadas simultaneamente a partir de um conjunto de lagos cuidadosamente selecionado e que tinha representantes com e sem diversos tipos de impactos ambientais.

Outro mérito da presente pesquisa foi o de selecionar as metodologias apropriadas para se estudar os efeitos da predação em comunidades planctônicas tal como o uso de

redes amostradoras de plâncton de grande porte e capacidade de filtração em detrimento das tradicionais bombas de sucção de plâncton que sabidamente sub-amostram importantes componentes do mesozooplâncton. Nossas pesquisas no âmbito dessa bolsa do CNPq resultaram na publicação de um artigo que considero o mais importante artigo de toda minha carreira científica:

- 1) [Pinto-Coelho, R.M., J.F. Bezerra-Neto, F. Miranda, T.G. Mota, A.M. Santos, P. Maia-Barbosa, N. Mello, M.M. Marques, M. Campos & F.A. Barbosa. 2008. The inverted trophic cascade in tropical planktonic communities: impacts of exotic fish introduction in the middle rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. Brazilian Journal Biology, 68 \(4,Suppl.\):1025-1037.](#)

Esse artigo propõe uma nova teoria que provavelmente extrapola o caráter regional das pesquisas aqui relatadas. Tenho recebido diversas indicações de colegas limnólogos, de diversas partes do globo, de que essa contribuição talvez possa ser considerada como avanço significativo para o conhecimento do funcionamento de lagos e reservatórios tropicais. É muito importante destacar aqui que tenho sido convidado a diversas conferências nacionais e internacionais (Canadá, China, Chile, Alemanha) para falar sobre a teoria da “cascata trófica invertida” que foi o objeto da publicação acima.

É interessante ainda mencionar que essa teoria não esgota a interpretação da grande quantidade de dados coletados na presente pesquisa. Como um exemplo, eu citaria a pesquisa da mestrandia Fabricia Miranda que encontrou padrões comportamentais muito interessantes nos ostrácodes associados aos lagos rodeados com *Eucalyptus*. Outro exemplo, seria a possibilidade de usar os dados coletados nos diversos rios e ribeirões da região para melhor quantificar os impactos antrópicos existentes.

BANCO DE DADOS

O banco de dados desse projeto vem sendo alimentado e deverá conter não somente todos os dados coletados nas diferentes coletas dos diferentes grupos de organismos nas estações de coletas em rios e lagos, mas também disponibilizará aos seus usuários toda uma base de informações constando de referências bibliográficas na íntegra, no formato PDF, já publicados e que foram compiladas e digitalizadas no presente projeto. Essa base de dados inclui dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos publicados em periódicos, revisões bibliográficas, bancos de fotografias digitais e outras publicações avulsas tais como relatórios, monografias de bacharelado, etc.

Uma das principais características desse banco de dados é a sua interface com a saída GIS, um banco de planos de informações georreferenciadas que possibilita a plotagem nesses planos de resultados de busca lógica de dados dentro do banco de dados.

Observação importante: A maioria dos links de acesso ao banco de dados está atualmente (fev 2012) inativa. Isso é devido ao fato de que eu não disponho nesse momento de recursos adequados para manter esse portal ativo em sua plenitude. Espero, em breve, enviar uma solicitação ao CNPq para recolocar esse banco de dados novamente em serviço bem como ampliar seu escopo.

O banco de dados é acessado a partir da web site do projeto (Fig. 40) que está alocada na seguinte URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/index.htm>. Nessa página, os usuários tem acesso às seguintes opções: introdução, projeto, área de estudo, grupos de organismos, equipe de trabalho, links de interesse e banco de dados.

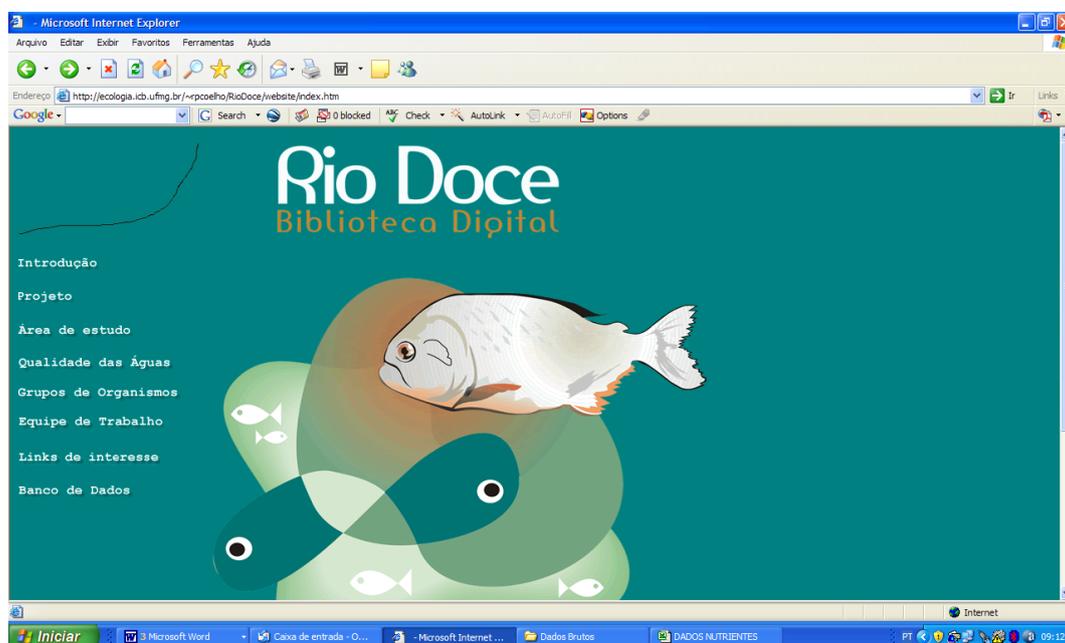


Figura 40 – Tela inicial da *web site* do projeto.

A partir da homepage do projeto Rio Doce, o usuário pode acessar diretamente o banco de dados (Fig. 41). A tela de entradas inicial do banco de dados está na seguinte URL:

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/?>

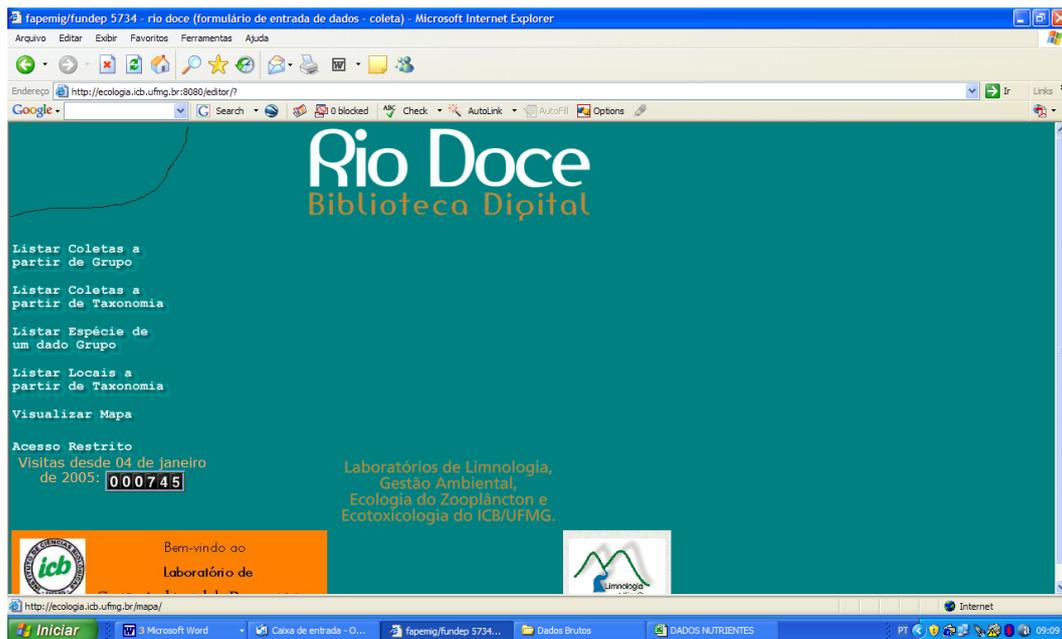


Figura 41 – Tela inicial do Banco de dados

A partir dessa tela, o usuário tem as seguintes opções: (a) listar coletas a partir dos grupos (picoplâncton, fitoplâncton, perifíton, microzooplâncton, mesozoplâncton, peixes, macrófitas, e zoobêntos). Ele pode ainda ter acesso à saída SIG (visualizar mapa). Finalmente, existe uma opção destinada exclusivamente aos usuários credenciados, opção essa acessível através do link “acesso restrito” que somente é acessada com o uso de senhas específicas. Os usuários credenciados a povoarem o banco de dados, realizarem correções, etc. poderão realizar o seu login na seguinte tela (Fig. 42):

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/login.jsp>

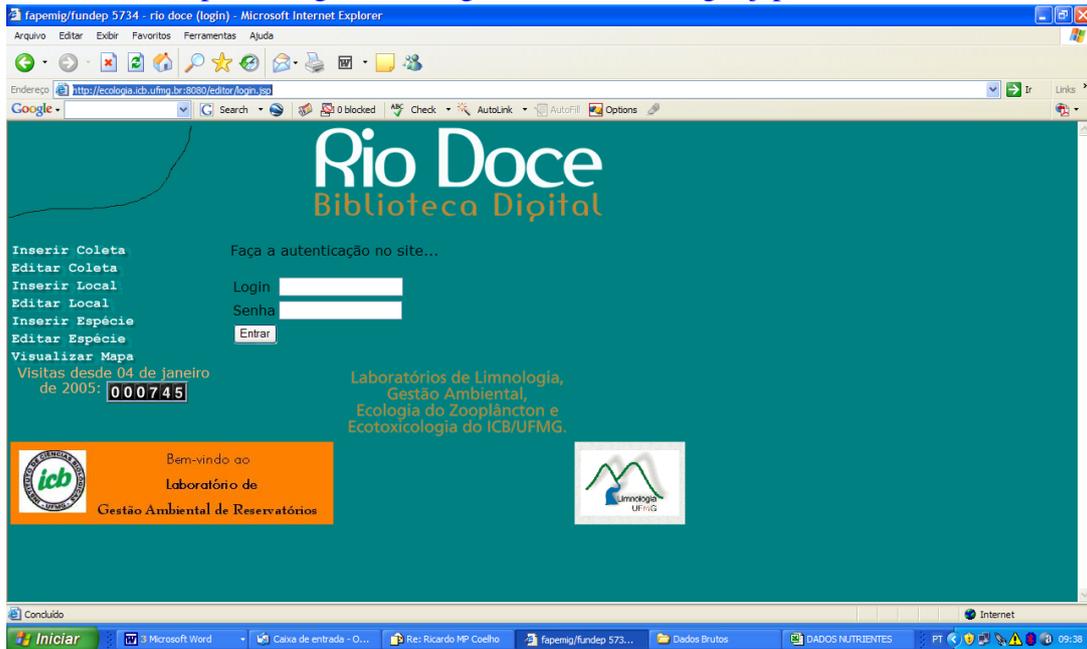


Figura 42 – Tela para o login de usuários credenciados a operar como o banco de dados.

Assim que ele efetivar o seu login, ele terá acesso à seguinte página, disponível URL abaixo (Fig. 43).

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/login.do>

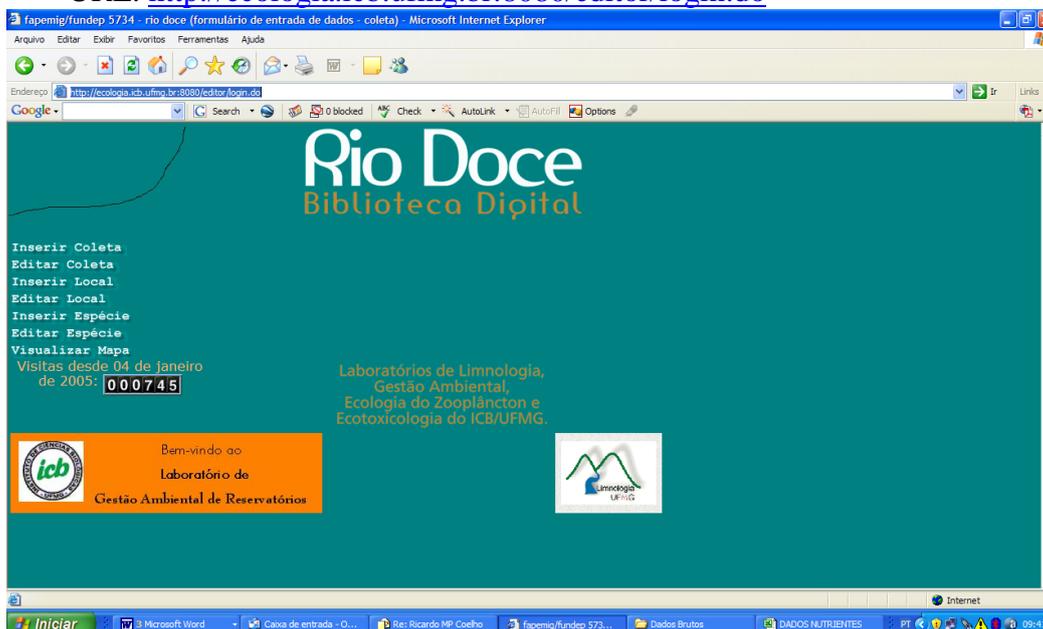


Figura 43 – Opções de ações dos usuários credenciados a operar com banco de dados.

Nessa tela, o usuário credenciado poderá ter acesso às seguintes opções: (a) inserir coletas, (b) editar coletas, (c) inserir local, (d) editar local, (e) inserir espécie, (f) editar espécie além da opção da saída SIG (visualizar mapa).

A primeira opção, permite ao usuário inserir uma coleta. Essa opção está disponível na seguinte tela (Fig. 44).

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/insertColeta.jsp>

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying a web form titled 'Rio Doce Biblioteca Digital'. The form is used for entering collection data. On the left side, there is a vertical menu with the following options: 'Inserir Coleta', 'Editar Coleta', 'Inserir Local', 'Editar Local', 'Inserir Espécie', 'Editar Espécie', and 'Visualizar Mapa'. The main form area contains several fields with labels and input types:

- :Coletor: Text input field
- :Conferidos: Text input field
- :Data da digitação: Text input field with example 'Ex: 01/01/2006 00:00:00'
- :Descrição: Text input field
- :Digitador: Text input field
- :E-mail: Text input field with example 'Ex: aaa@bbb.com'
- :Horário Completo da Coleta: Text input field with example 'Ex: 01/01/2006 00:00:00'
- :Local da Coleta: Dropdown menu with 'Lagoa Palmerinha' selected
- :Método: Text input field
- :Profundidade: Text input field
- :Sexo: Text input field
- :Telefone: Text input field

The browser's address bar shows the URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/insertColeta.jsp>. The taskbar at the bottom shows the 'Iniciar' button and several open applications, including Microsoft Word and a file explorer window.

Figura 44 – Tela de inserção de coleta.

A segunda opção é a de editar a coleta. A tela correspondente a essa opção pode ser visualizada na figura abaixo (Fig. 45).

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/selectColeta.jsp>

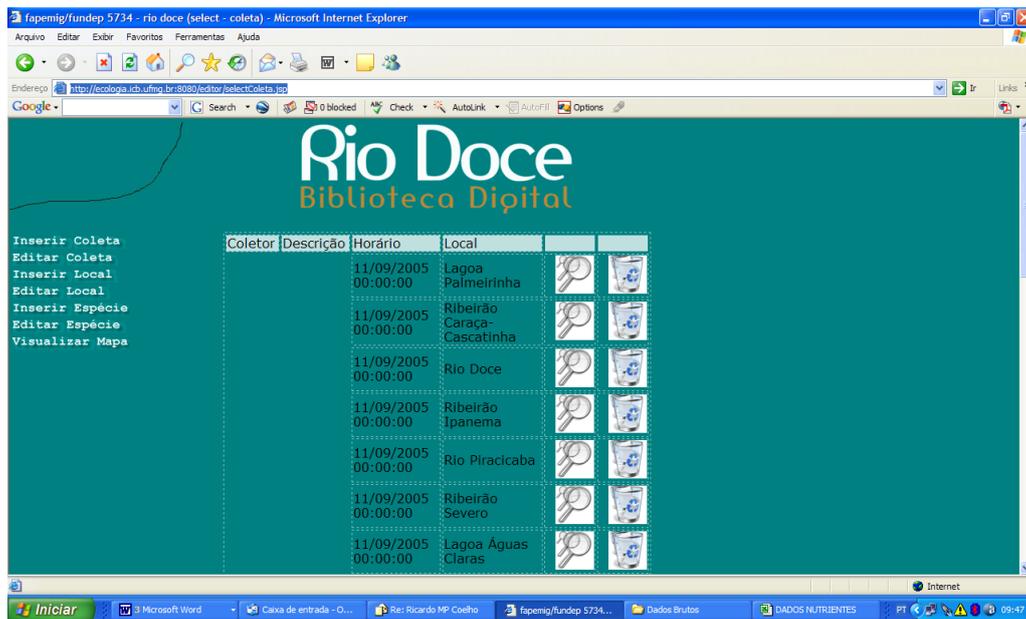


Figura 45 – Tela de edição de coletas.

Nessa tela, ao clicar na opção com a lente de aumento, o usuário abre uma tela específica para cada um dos locais amostrados no projeto. Ao clicar na opção “lagoa de Águas Claras”, a seguinte tela fica disponível (Fig. 46):

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/updateColeta.jsp?id=1>

The screenshot shows a web browser window with the title 'fapemig/fundep 5734 - rio doce (formulário de entrada de dados - coleta) - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows the URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/updateColeta.jsp?id=1>. The page content features the 'Rio Doce Biblioteca Digital' logo and a form for data entry. On the left, there is a menu with options: 'Inserir Coleta', 'Editar Coleta', 'Inserir Local', 'Editar Local', 'Inserir Espécie', 'Editar Espécie', and 'Visualizar Mapa'. The main form fields are as follows:

Coletor	<input type="text"/>
Conferidos	<input type="text"/>
Data da digitação	<input type="text"/>
Ex: 01/01/2006 00:00:00	
Descrição	<input type="text"/>
Digitador	<input type="text"/>
E-mail Ex: aaa@bbb.com	<input type="text"/>
Físico-químico	Inserir
Horário Completo da Coleta	<input type="text"/>
Ex: 01/01/2006 00:00:00	
Local da Coleta	Lagoa Águas Claras
Método	<input type="text"/>
Ocorrências	Inserir
Profundidade	<input type="text"/>
Sexo	<input type="text"/>

Figura 46 – Tela de edição da coletas tendo como exemplo a lagoa de Águas Claras.

A partir dessa tela, o usuário pode não somente colocar todos os dados sobre a coleta, mas também inserir e editar seja os dados biológicos (opção “ocorrências”) ou os dados físico-químicos (opção “Físico-químico”).

A terceira opção no menu dos usuários com senha é a opção <inserir local>. Essa opção abre a seguinte tela (Fig. 47):

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/insertLocal.jsp>

The screenshot shows a web browser window displaying the 'Rio Doce Biblioteca Digital' website. The page has a teal background and contains a form for inserting a collection location. The form fields are:

- Nome Descritivo do Local: Ex: Lagoa Amarela
- Latitude: Ex: -19,9191
- Longitude: Ex: -43,9387
- Página: Ex: <http://www.google.com/>

Below the form is an 'Inserir local' button. To the left of the form is a menu with options: Inserir Coleta, Editar Coleta, Inserir Local, Editar Local, Inserir Espécie, Editar Espécie, and Visualizar Mapa. At the bottom left, there is a counter for visits since January 4, 2005, showing 000745. At the bottom right, there is a logo for the Laboratory of Limnology, Environmental Management, and Zooplankton and Ecotoxicology of ICB/UFMG.

Figura 47 – Tela para inserção de local de coleta.

Nessa tela, existem janelas de texto específicas para a inserção do nome do local de coletas, latitude, longitude e também uma entrada de URL para que o usuário possa entrar com qualquer informação relevante sobre o local que esteja disponível em uma URL. Pode ser um texto em PDF, uma foto do local, uma dissertação de mestrado conduzida no local, etc.

A quarta opção do menu dos usuários credenciados, acessar uma tela destinada a edição dos locais de coletas (Fig. 48).

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/selectLocal.jsp>



Figura 48 – Tela de seleção de locais de coletas para a sua posterior edição.

Nessa tela, o usuário poderá clicar em qualquer dos locais de coletas já existentes para fazer qualquer alteração que deseje sobre os locais de coletas. Por exemplo, ao acessar a opção “Águas Claras”, a seguinte tela deverá aparecer (Fig. 49):

Nome Descritivo do Local
Ex: Lagoa Amarela

Latitude
Ex: -19.9191

Longitude
Ex: -43.9387

Página
Ex: <http://www.google.com/>

Visitas desde 04 de janeiro de 2005: **000745**

Laboratórios de Limnologia,
Gestão Ambiental,
Ecologia do Zooplâncton e
Ecotoxicologia do ICB/UFMG.

Bem-vindo ao
Laboratório de
Gestão Ambiental de Reservatórios

Figura 49 – Tela para a edição dos locais de coletas.

A quinta opção permite ao usuário, a inserção de uma dada espécie em uma coleta (Fig. 50).

URL: <http://ecologia.icb.ufmg.br:8080/editor/insertEspecie.jsp>

Espécie
Ex.: Amphipleura sp.

Outras informações

Grupo

Página
EX.:

Visitas desde 04 de janeiro de 2005: **000745**

Laboratórios de Limnologia,
Gestão Ambiental,
Ecologia do Zooplâncton e
Ecotoxicologia do ICB/UFMG.

Bem-vindo ao
Laboratório de
Gestão Ambiental de Reservatórios

Figura 50 - Tela para a inserção de organismos em um dado local de coletas.

Nessa opção, o usuário credenciado deverá primeiro escolher o grupo de organismos ao qual espécie a ser introduzida pertence. A sexta opção (não representada porque gera uma tabela muito longa), permite ao usuário escolher um dado organismo e editar a sua ocorrência.

SAÍDA SIG

Assim que o usuário comum acessa a saídas SIG do banco de dados, ele verá algo como está descrito na figura abaixo. A figura inicial define a área enfocada na ferramenta a partir da qual todos os planos de informação foram confeccionadas (Fig. 51). A partir dela, o usuário define quais os planos de informação deseja adicionar ao sistema. As possibilidades são inúmeras: divisão política, sedes municipais, hidrografia, unidades de conservação, modelo digital de terreno, imagens landsat, dentre outros. O usuário pode representar áreas particulares usando a ferramenta “zoom” ou ainda mover-se de uma sub-região para outra. Uma das ferramentas mais interessantes (e inovadora) consiste na realização de pesquisas lógicas no banco de dados com a posterior representação (dados de presença) dos dados na saída SIG.

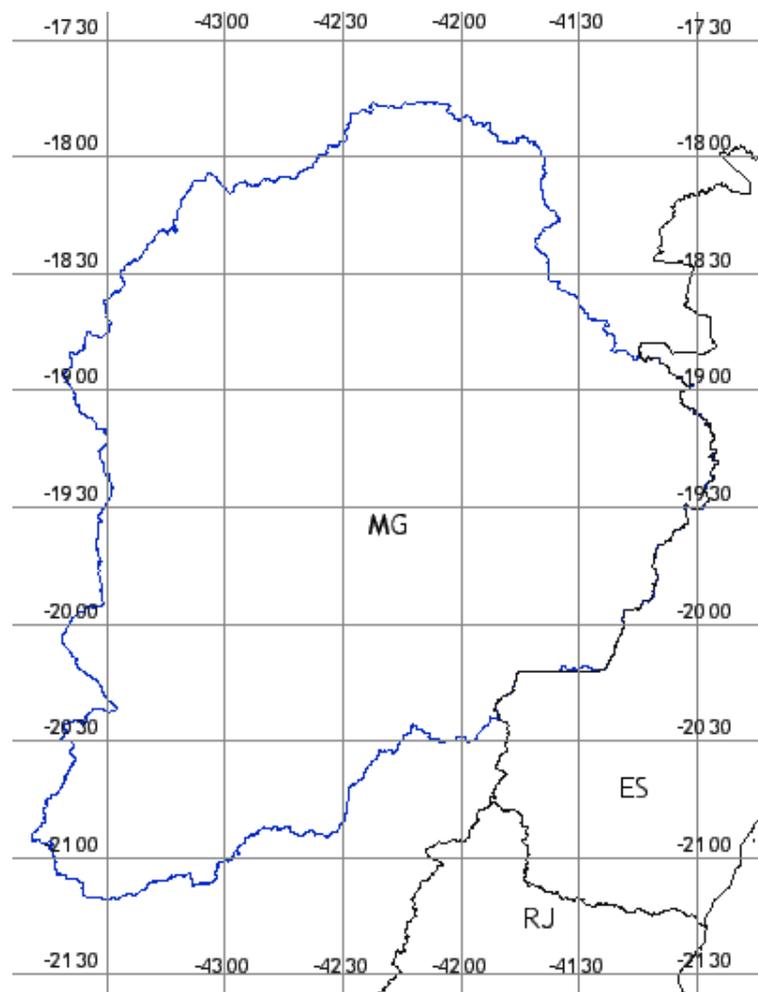


Figura 51 – Saída inicial da ferramenta SIG.

Uma das possibilidades de saídas SIG é aquela contendo os planos de informação (malha viária e as siglas das rodovias) (Fig. 52).

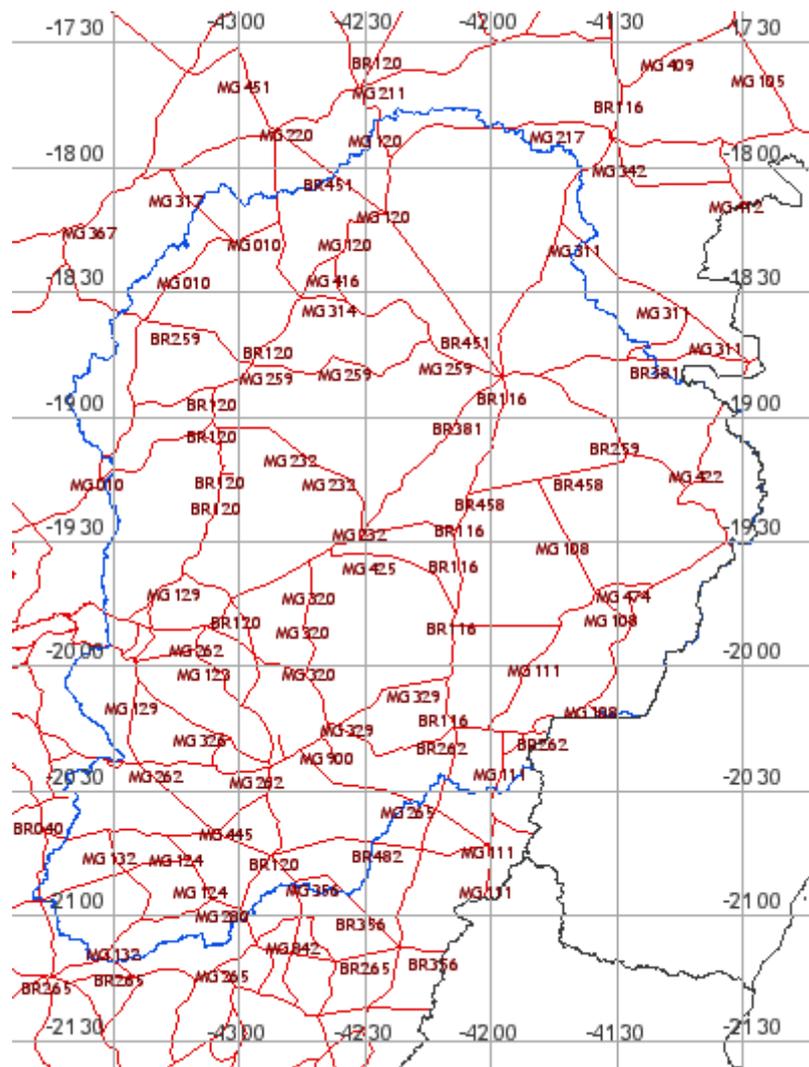


Figura 52 - Saída SIG contendo os planos de informação (malha viária e as siglas das rodovias).

Um das mais importantes saída SIG refere-se aos planos de informação contendo os elementos da hidrografia. Existe ainda a possibilidade de impressão de mapas com os nomes dos rios e principais lagos da região (Figs 53 a e b).

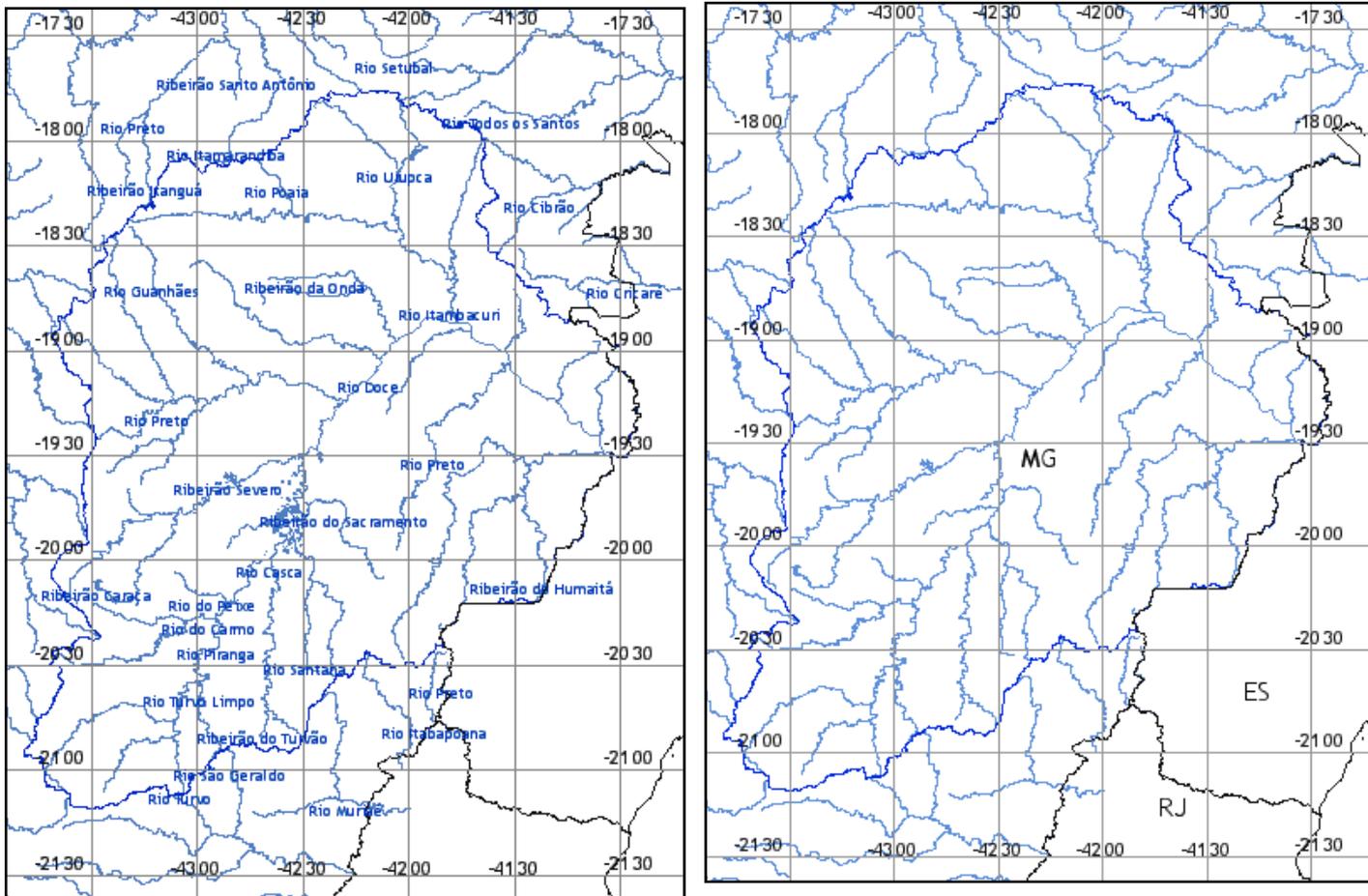


Figura 53 – Cartogramas ilustrando duas possibilidades de saída de dados sobre a hidrografia com (esq.) ou sem (direita) os nomes dos rios e lagos da região.

Uma das saídas SIG é aquela contendo as divisões políticas (nomes dos município, localização das sedes municipais e divisões dos estados MG, BA, ES e RJ (Fig. 54):

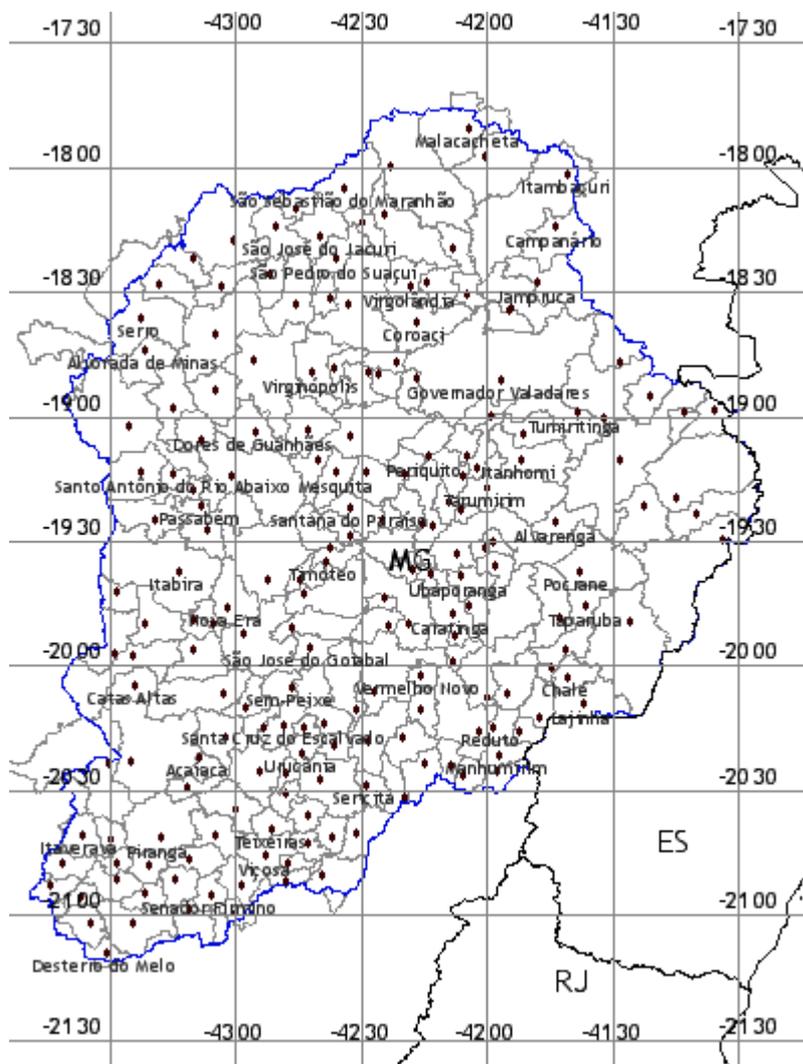


Figura 54 - Saída SIG contendo as divisões políticas (nomes dos município, localização das sedes municipais e divisões dos estados MG, BA, ES e RJ:

Outra interessante possibilidade, é a representação dos polígonos das principais unidades de conservação da região do médio rio Doce (parques estaduais, estações ecológicas, RPPN's, etc.) (Fig. 55).

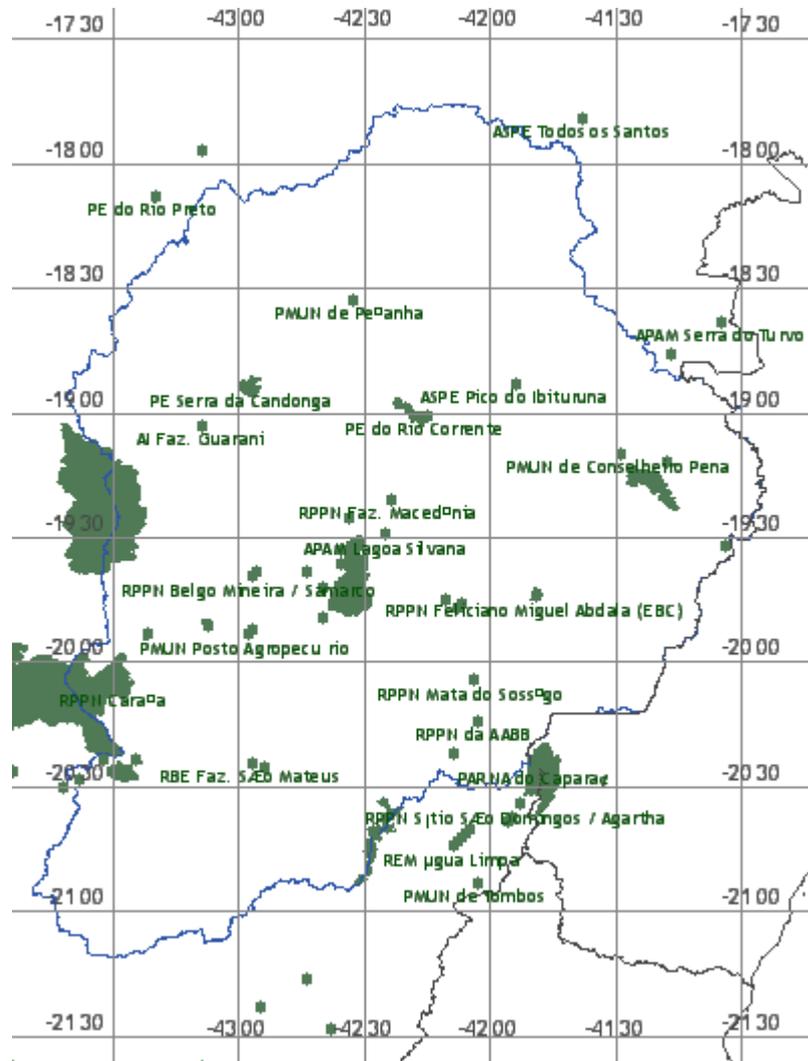


Figura 55 – Saída SIG, com o plano de informações contendo as unidades de conservação da região do médio rio Doce.

A partir da saída original, o usuário pode ir paulatinamente ampliando as imagens, enfocando regiões particulares dentro da bacia do rio Doce. No exemplo abaixo, uma primeira tentativa de aproximação do distrito lacustre do rio Doce, A saída reúne dois planos de informação: lagos e rede hidrográfica (Fig 57).

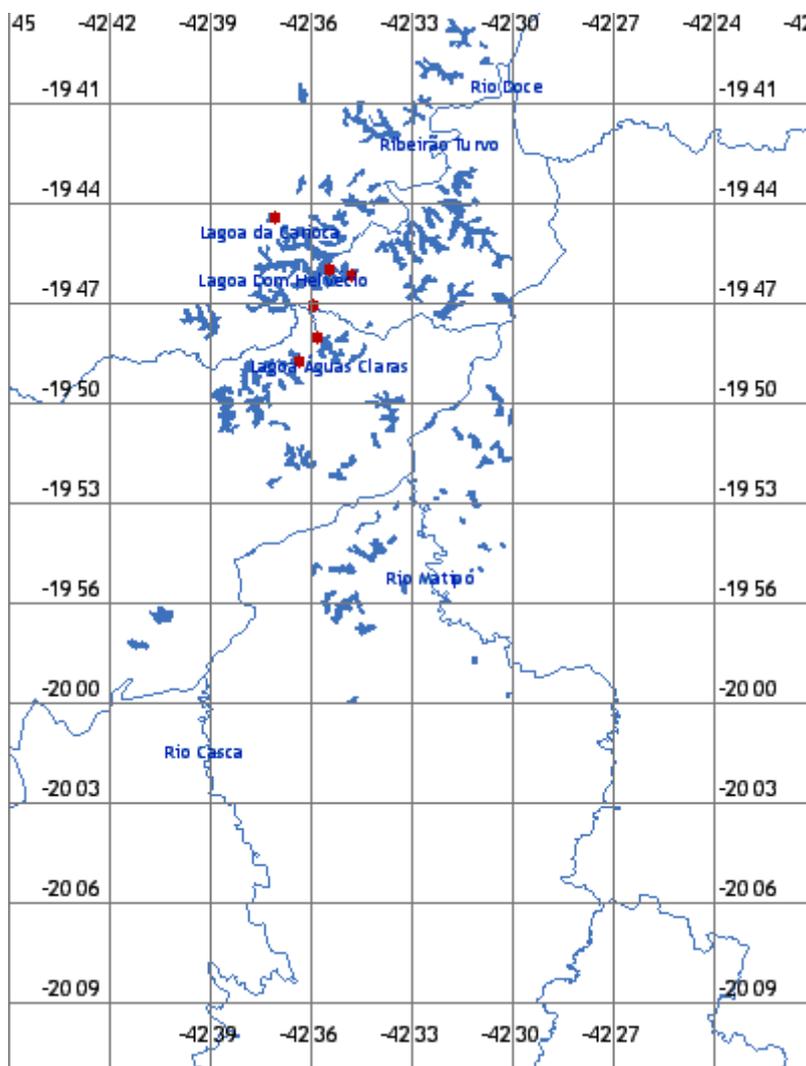


Figura 57 – Rede hidrográfica e lagos na região do médio rio Doce. No cartograma, existem três planos de informação, ou seja, a cartografia e os polígonos dos lagos e os pontos de coletas do presente projeto. Nessa escala, é possível a visualização dos lagos em relação ao rio Doce e aos seus principais tributários, os rios Matipó e Casca.

A saída SIG oferece o recurso do zoom até uma escala apropriada para a correta visualização dos pontos de coletas nos lagos estudados dentro do PERD (Fig. 58).

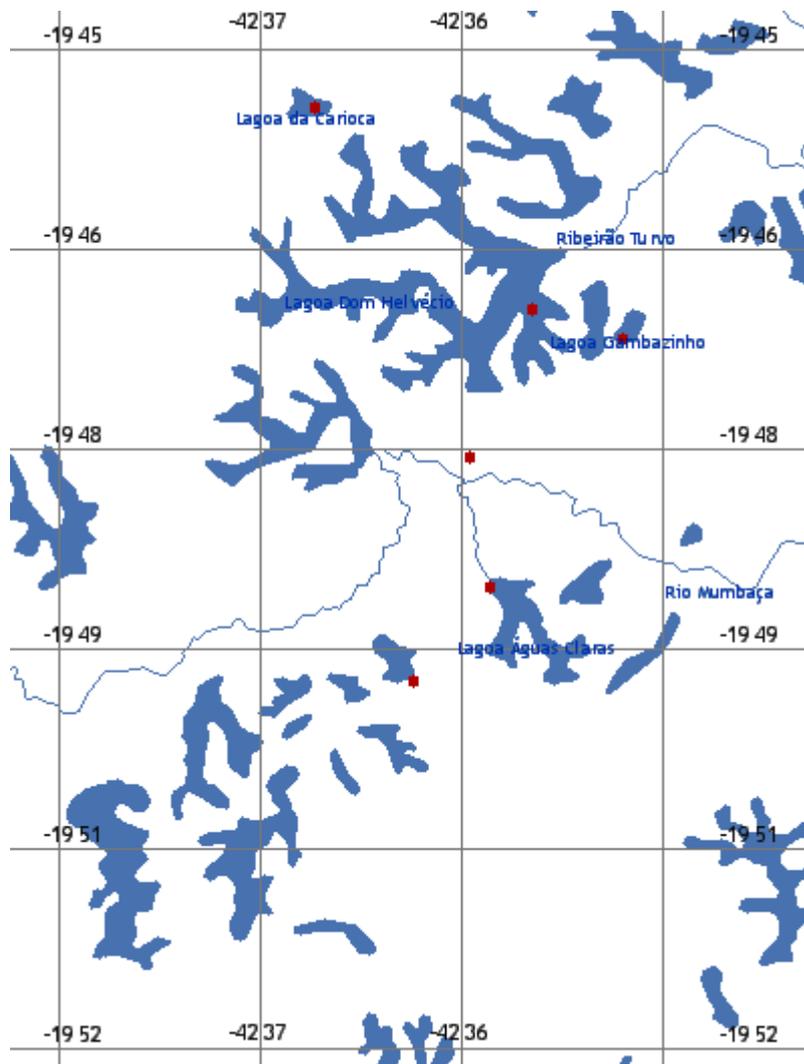


Figura 58 – Saída SIG mostrando um foco ainda maior (zoom) na região lacustre estudada com os pontos de coletas. Nesse caso, apenas a rede hidrográfica local é mostrada, o ribeirão Mombaça.

Uma outra possibilidade na Saída SIG. Pode-se, por exemplo, usar a ferramenta do zoom nesse caso focado com maiores detalhes apenas os lagos estudados dentro do PERD. No exemplo abaixo, uma sobreposição de um plano de informação contendo uma imagem Landsat (Fig. 59).

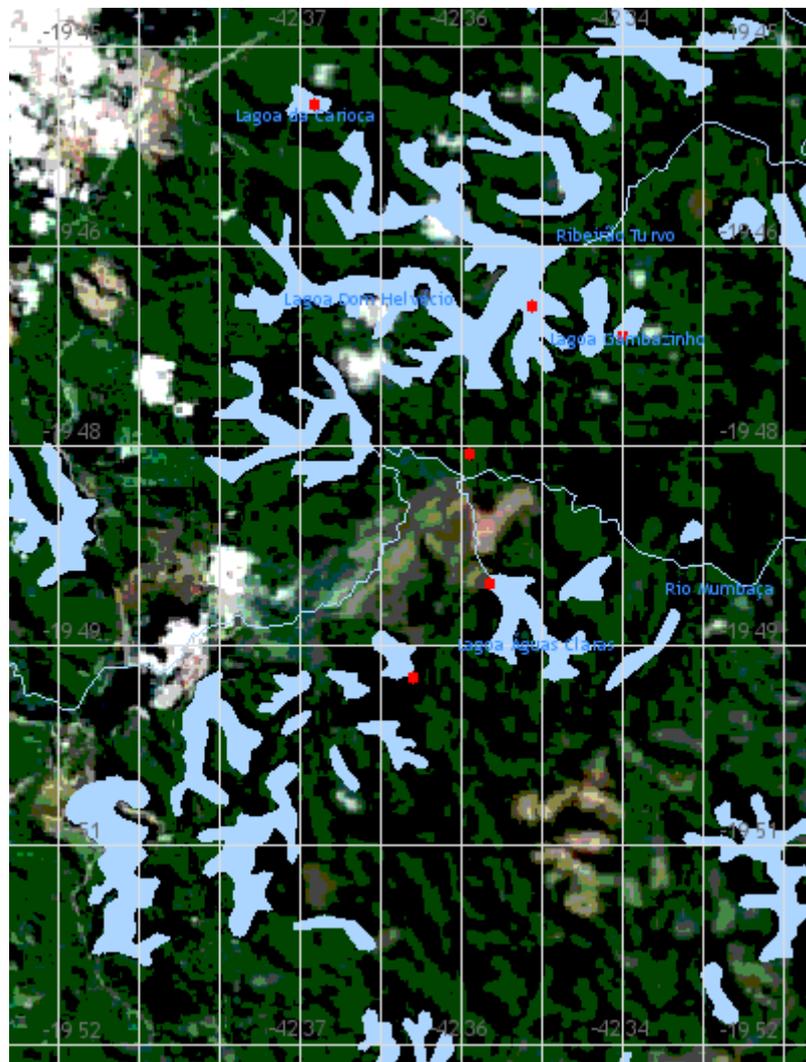


Figura 59 - Saída SIG mostrando a sobreposição de dois planos de informação: imagem landsat com a hidrografia e os lagos da região do PERD e de seu entorno imediato.

Outra possibilidade muito interessante consiste na representação do modelo digital de terreno (MDT) que permite, entre outras coisas, delimitar com precisão cada uma das sub-bacias do vale do rio Doce (Fig. 60).

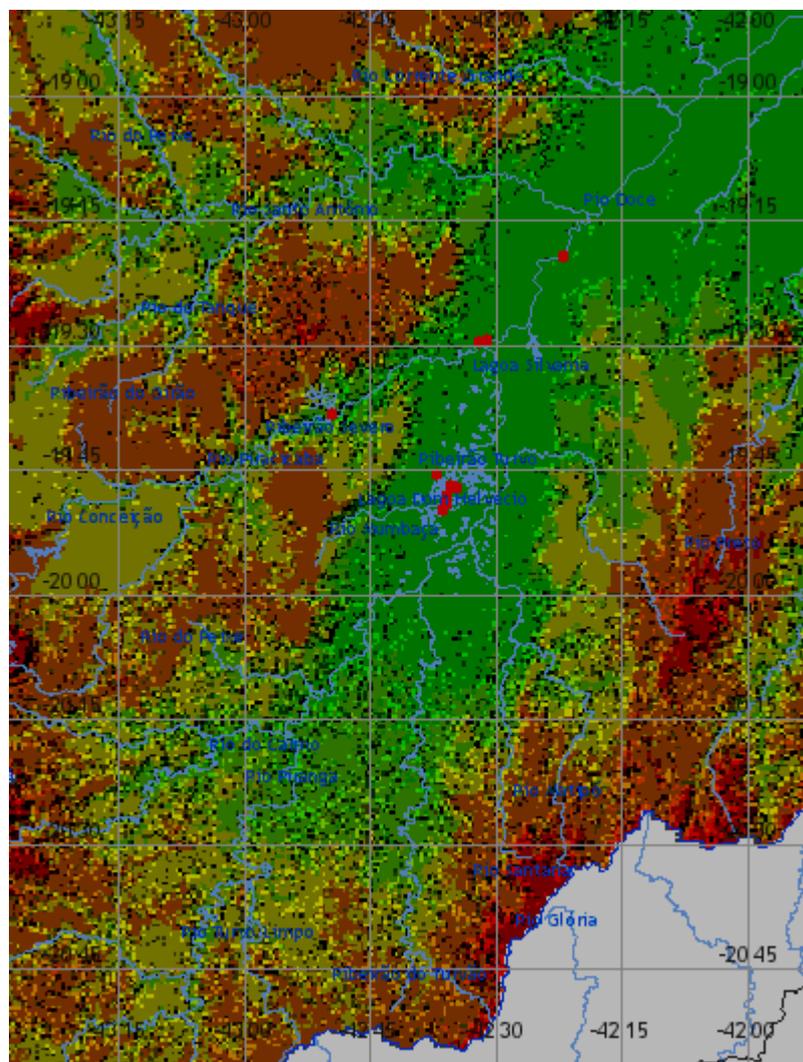


Figura 60 – Planos de informação contendo a hidrografia, os lagos, os pontos de coletas e o modelo digital de terreno da região do médio rio Doce.

A próxima Saída SIG traz um “zoom” ainda maior no PERD, enfocando apenas os lagos estudados dentro do PERD com uma sobreposição do plano de informação contendo o polígono com os limites do PERD (Fig. 61).



Figura 61 – Saída SIG contendo os planos de informação da hidrografia, lagos, e polígono do PERD.

O sistema permite operações lógicas entre o banco de dados e o servidor de mapas. O exemplo abaixo traz a tela de pesquisas no banco associada a saída SIG. A pesquisa abaixo utilizou um componente importante das lagoas do sistema lacustre do médio rio Doce: o copépode *Thermocyclops* sp. A figura abaixo (Fig. 62) ilustra a saída SIG (ao centro) bem como a direita, em baixo, a lista dos nomes das lagoas (Palmeirinha, Jacaré, Carioca e Gambazinho) onde o copépode foi encontrado.

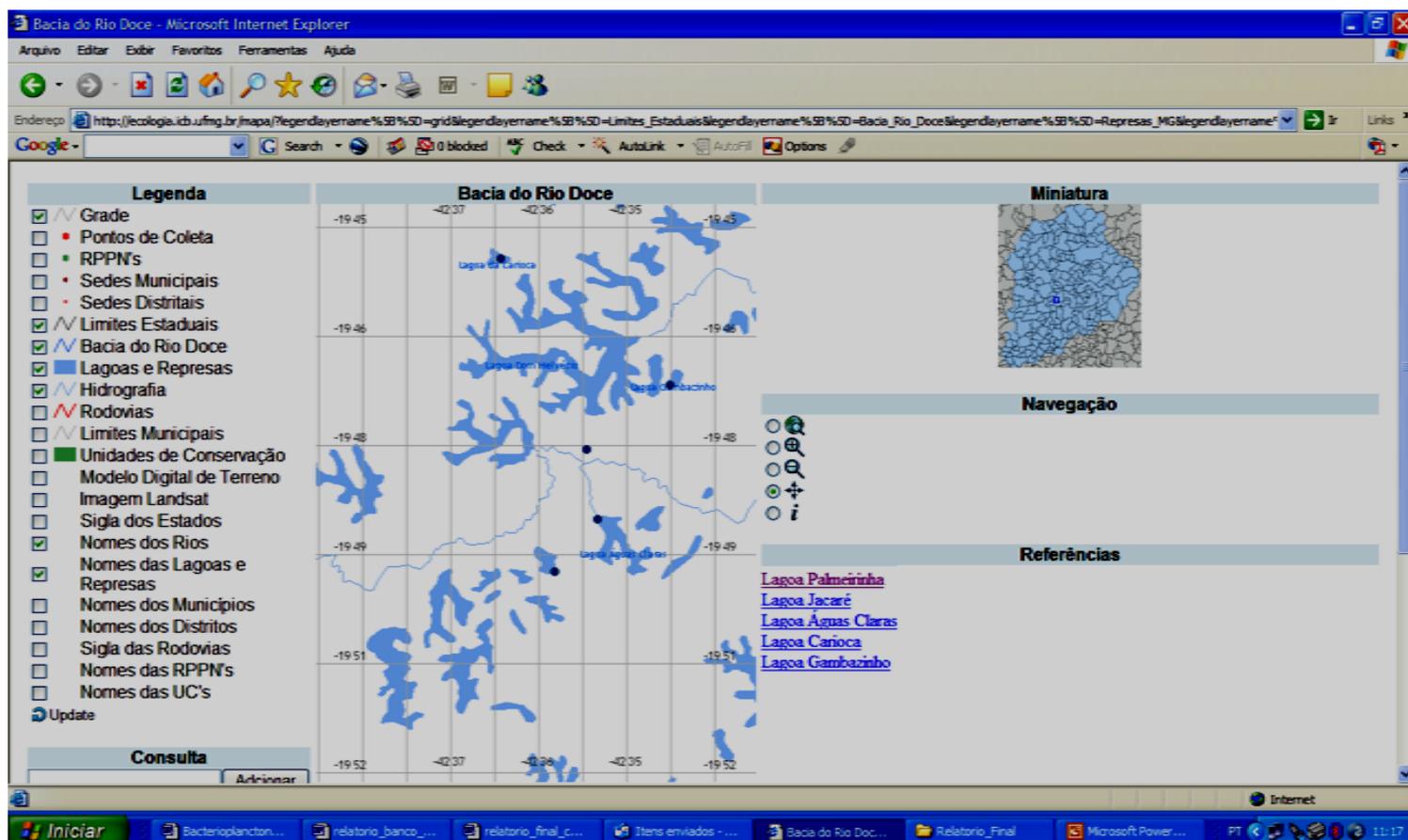


Figura 62 – Saída SIG acoplada ao banco de dados mostrando os resultados (mapa e lista à direita, em baixo) da pesquisa feita no banco de dados sobre a ocorrência do copépode *Thermocyclops*, um importante componente do zooplâncton (Nem todos os dados estavam presentes no banco de dados quando a pesquisa foi realizada em julho de 2006).

CONCLUSÕES GERAIS

As mudanças recentes observadas nos lagos do distrito lacustre do médio rio Doce são certamente o resultado da ação cumulativa e sinérgica de vários fatores ambientais muitos deles diretamente associados ao intenso e não planejado desenvolvimento humano verificado nessa parte da bacia do rio Doce. Esses fatos incluem, dentre outros, a poluição atmosférica, os efeitos de uma intensa (descontrolada mesmo) ocupação de grandes áreas por monocultivos *Eucalyptus* (e o desmatamento associado a esse ciclo econômico) e a introdução de espécies exóticas entre outros fatores.

O presente projeto demonstrou que o “relaxamento ecológico” dos chaoboridae pode ser um efeito direto da introdução das espécies exóticas de peixes e a maior proporção de ostrácodes nas lagoas situadas em regiões de intenso cultivo de *Eucalyptus* pode ser um reflexo direto do impacto desse tipo de cultivo nos lagos da região.

Essa pesquisa ainda demonstrou de forma clara a grande associação entre a depreciação da qualidade de água em diversos tributários e no próprio rio Doce e a degeneração da estrutura das comunidades de organismos bentônicos nesses ambientes altamente impactados.

Em suma, a pesquisa demonstra de modo inequívoco existir uma crise ambiental de grandes proporções nos recursos hídricos do médio rio Doce o que impõem às autoridades responsáveis a imediata adoção de medidas visando mitigar, regularizar e recuperar essa grande degradação ambiental.

A pesquisa ainda propõe uma nova teoria ecológica, ou seja, o conceito da “cascata trófica investida” que procura explicar os impactos ecológicos que são advindos da introdução de peixes exóticos piscívoros nos lagos da região. O relatório ainda traz uma discussão onde são colocados argumentos e citações bibliográficas que procuram justificar nossos temores de que os mecanismos e teorias aqui propostos possam estar operando em uma escala geográfica muito maior do que a região do médio rio Doce.

Essa pesquisa gerou finalmente um banco de dados bastante inovador que além de albergar dados primários, hospeda ainda dados secundários e têm como a sua principal característica uma saída gráfica contendo uma interface com um sistema de informações geográficas que permite a espacialização de operações lógicas.

Os fundamentos do banco de dados (sistema operacional LINUX, com códigos abertos) e o uso combinado da interface da web acoplada à ferramentas SIG que permite ao usuário “montar” a sua própria saída de dados, foi inovador na sua época de concepção (2004). Esse tipo de abordagem está cada vez mais presente na gestão de diversos bancos de dados tais como os bancos de dados dos Ministérios do Meio Ambiente (IBAMA), Ministério da Pesca além de estar presente em outros bancos de dados regionais de biotas espalhados pelo país. É interessante notar que uma das nossas colaboradoras na criação desse banco de dados, a Dra. Patrícia Rizzi é hoje uma pesquisadora do centro de sensoriamento remoto do IBAMA, tendo obtido uma das primeiras colocações em concurso público para essa posição, o que ocorreu logo após a sua atuação nesse projeto. O Dr. Alex Borges, outro colaborador na formulação desse banco de dados, é professor substituto do LCC-UFMG e atua com destaque em vários programas de EAD da UFMG.

AGRADECIMENTOS

- a) À “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG” (edital 1541/03) pela concessão de 3 bolsas de IC uma bolsa de pós-doutor e pelos recursos de capital e custeio que possibilitaram a realização dessa pesquisa.
- b) Ao programa de pesquisas ecológicas de longa duração (PELD/CNPq, coordenado pelo Prof. Dr. Francisco Barbosa, pelo apoio aos trabalhos de campo e pela troca de informações e dados usados nessa pesquisa.
- c) Ao CNPq, pela concessão de uma bolsa de apoio técnico a Bárbara Rego (técnica de laboratório)
- d) Ao CNPq pela concessão de uma bolsa de produtividade em pesquisa (PROCESSO CNPQ 301798/2004)
- e) Ao convênio CEMIG/FUNDEP 4830-1 que possibilitou a aquisição de alguns equipamentos usados no presente estudo.

PRINCIPAIS PRODUTOS GERADOS

PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

A figura abaixo sintetiza os principais produtos gerados e que estão associados direta ou indiretamente a presente bolsa de produtividade científica do CNPq (Figura 63).

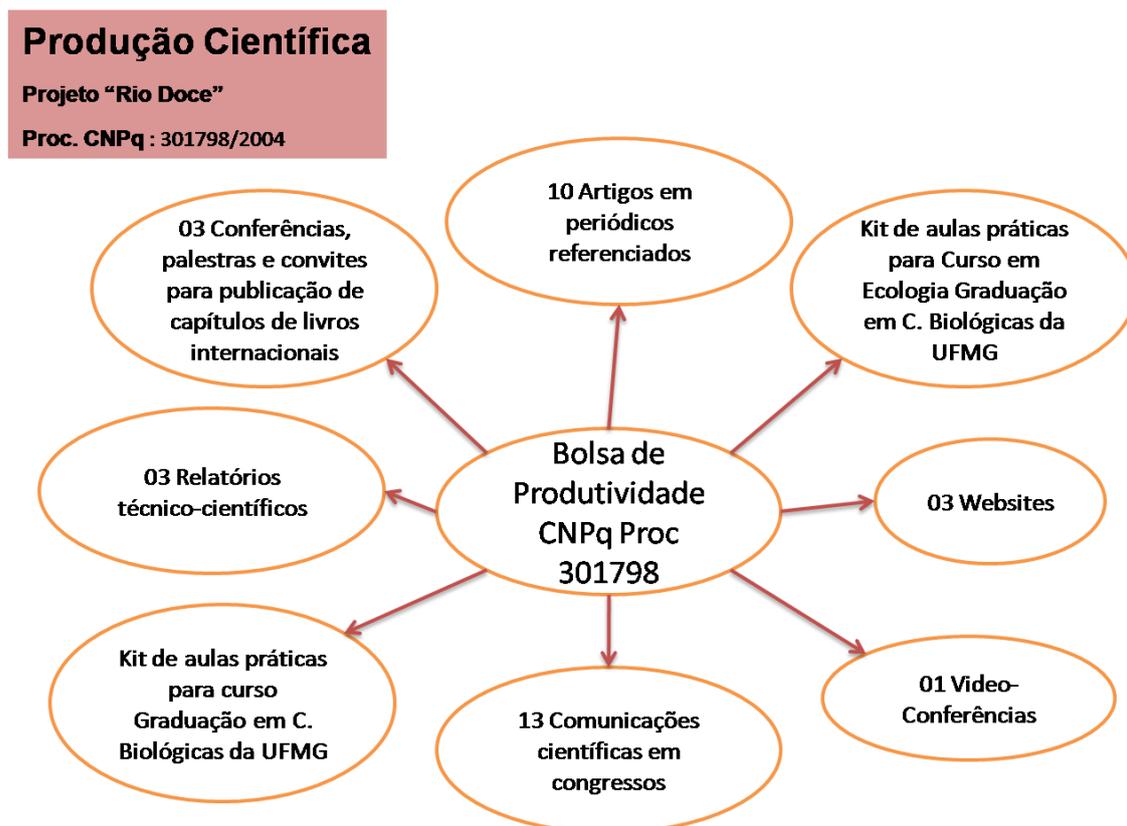


Figura 63 – Principais produtos acadêmicos gerados pela bolsa de produtividade científica concedida no processo 301794/2004 do CNPq.

Abaixo, é fornecida a lista completa das publicações e dos demais produtos acima assinalados.

ARTIGOS PUBLICADOS

- 2) [Bezerra-Neto, J.F., L.R. del Aguila, G.G. Landa & R.M. Pinto-Coelho. 2004. The exotic rotifer *Kellicottia bostoniensis* \(Rousselet, 1908\) \(Rotifera: Brachionidae\) in the zooplankton community in a tropical reservoir Lundiana, 5\(2\):151-153.](#)
- 3) [Pinto-Coelho, R.M., A. Giani, C.A. Morais Jr., E. Carvalho Jr., J.F. Bezerra-Neto. 2005. The nutritional status of zooplankton in a tropical reservoir: effects of food quality and community structure. Brazilian Journal of Biology, 65\(2\):313-324.](#)
- 4) [Pinto-Coelho, R.M. J.F. Bezerra-Neto and C.A. Morais Jr. 2005. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. Brazilian Journal of Biology, 65\(2\):325-338.](#)
- 5) [Santeiro, R.M., R.M. Pinto-Coelho & L. H. Sipaúba. 2006. Diurnal variation of zooplankton biochemical composition and biomass in plankton production tanks. Acta Sci. Biol. Sci. \(Maringá, PR\), 28\(2\):103-108.](#)
- 6) [Corgosinho, P.H. & R.M. Pinto-Coelho. 2006. Zooplankton biomass abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir \(Minas Gerais, Brazil\). Acta Limnol. Bras. 18\(2\):213-224.](#)
- 7) [Torres, I.C., R.P. Resck & R.M. Pinto-Coelho. 2007. Mass balance estimation of nitrogen, carbon, phosphorus and total suspended solids in the urban eutrophic Pampulha reservoir, Brazil. Acta Limnol. Bras. 19\(1\):79-91.](#)
- 8) [Resck, R., J.F. Bezerra-Neto & R.M. Pinto-Coelho. 2008. Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha \(Belo Horizonte, Brasil\) Geografias, Revista do Departamento de Geografia -UFMG ISSN 1808-8058, 3\(2\):24-27.](#)
- 9) [Bezerra-Neto, J.F. & R.M. Pinto-Coelho. 2008. Morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce \(PERD\), Minas Gerais, Brazil: a re-evaluation. Acta Limnol. Bras. 20\(2\):161-167](#)
- 10) [Pinto-Coelho, R.M., J.F. Bezerra-Neto, F. Miranda, T.G. Mota, A.M. Santos, P. Maia-Barbosa, N. Mello, M.M. Marques, M. Campos & F.A. Barbosa. 2008. The inverted trophic cascade in tropical planktonic communities: impacts of exotic fish introduction in the middle rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. Brazilian Journal Biologia, 68 \(4,Suppl.\):1025-1037.](#)
- 11) [Bezerra Neto, J. F. & R.M. Pinto-Coelho. 2007. Diel vertical migration of the copepod *Thermocyclops inversus* \(Kiefer, 1936\) in a shallow tropical reservoir: the role of oxygen and the spatial overlap with *Chaoborus*. Aquatic Ecology, 41:535-545.](#)

Observação: os artigos 8, 9 e 10 estão diretamente relacionados ao projeto em apreço (PROCESSO CNPQ 301798/2004).

COMUNICAÇÕES EM CONGRESSOS]
(SOMENTE AQUELAS ASSOCIADAS AO PROCESSO CNPQ 301798/2004)

2005

- 1) Bezerra-Neto, J.F., N.A.S. Mello, P.Maia-Barbosa, F.A.R. Barbosa & R.M. Pinto-Coelho. 2005. Predadores múltiplos e a migração vertical diária em ambientes tropicais: evidências de campo que comprovam a teoria da cascata comportamental. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Bahia. CD-Resumos.
- 2) Campos, M.O., Garcia, L.C., Rego, B.A.S., Miranda, F.S., Gripp. T.M., Marques, M.M. & Pinto-Coelho, R.M. 2005. Variação espacial da comunidade de bacterioplâncton na Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Bahia. CD-Resumos.
- 3) Campos, M.O, F.S. Miranda, T.G. Mota, B.A.S. Rego, M.M. S. Marques, A.M. Santos, F.A. Barbosa, R.M. Pinto-Coelho, r.m. 2005. Diversidade aquática do médio rio Doce (MG): avaliação preliminar da biodiversidade da comunidade fitoplanctônica. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Resumos -CD-ROM.
- 4) Miranda, F ; M.O. Campos, T.G. Mota, M.M.S. Marques, P. Maia-Barbosa, R.M. Pinto-Coelho. 2005. Diversidade aquática no médio rio Doce: comunidade microzooplânctônica. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Resumos -CD-ROM.
- 5) Mota, T.G., Santos, A.M. Campos, M.O., Miranda, F.S., Marques, M.M., Resck, R., Barbosa, F.A., Maia-Barbosa, P. & Pinto-Coelho, R.M. 2005. Diversidade aquática no médio rio Doce (MG): levantamento da comunidade ictiofaunística. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Bahia. CD-Resumos.
- 6) Pinto-Coelho, R.M., J. F. Bezerra-Neto, F. S. Miranda, R. Resck, T. G. Mota, M. M. Marques, M. O. Campos, A. S. Medeiros, P.M Barbosa e F.R. Barbosa. 2005. Cascata trófica invertida e relaxamento das tensões ecológicas causados por espécies invasoras de peixes na teia alimentar da lagoa Carioca, Parque Estadual do rio Doce, Minas Gerais. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Comunicação oral- CD-ROM
- 7) Rego, B.A.S., Campos, M.O., Miranda, F.S., MOta, T.G., Marques, M.M., Barbosa, F.A.R., Maia-Barbosa, P. & Pinto-Coelho, R.M. 2005. Atividades humanas e a variação sazonal da qualidade física, química e microbiológica da água do trecho médio do rio Doce (MG). X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Bahia. CD-Resumos.

2006

8) Pinto-Coelho, R.M. 2006. Brazilian Hot Spots - Freshwater Perspectives. Biodiversity: The megascience in Focus. COP 08 Associated Meeting. Fundação Getúlio Vargas, Curitiba (PR) 15-19 March 2006.

2007

9) Campos, M., Miranda, F., Gripp, T., Marques, M.M. & R.M. Pinto-Coelho. 2007. Comparação da diatomoflórula perifítica de dois ambientes lóticos com diferentes estados tróficos do trecho médio da bacia do rio Doce - MG. XI Congresso Brasileiro de Limnologia, CD-Resumos. Macaé, Rio de Janeiro, RJ, Agosto de 2007.

[PDF.](#)

10) Mota, T.G.; Santos, A.M.; Campos, M.O.; Miranda, F.S.; Rego, B.A.S.; Marques, M.M.S.; Resck, R.P.; Barbosa, F.A.R.; Maia-Barbosa, PM; Pinto-Coelho, R.M. 2005. Diversidade aquática no médio rio doce (mg): levantamento da comunidade ictiofaunística. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Resumos -CD-ROM.

11) Pinto-Coelho, R.M., J.F. Bezerra-Neto, A. Jardim & R. Resck. 2007. Nova carta batimétrica (com precisão sub-métrica) e distribuição horizontal da clorofila-a e turbidez da água no lago Dom Helvécio, Parque Estadual do rio Doce, Minas Gerais, MG. XI Congresso Brasileiro de Limnologia, CD-Resumos. Macaé, Rio de Janeiro, RJ, Agosto de 2007.

[PDF.](#)

12) Rego, B.A.S., M.O. Campos, F.S. Miranda, T.G. Mota, M.M.S. Marques, F.A. Barbosa, P. Maia-Barbosa, R.M. Pinto-Coelho. 2005. Atividades humanas e a variação sazonal da qualidade física, química e microbiológica da água do trecho médio do rio doce (mg). X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Resumos -CD-ROM.

13) Santos, A. M., Tiago G. Mota, R. M. Pinto-Coelho, M Campos, F Miranda, B. A. Rego, F.A. Barbosa, J.F. Bezerra-Neto. 2005. Diversidade aquática no médio rio doce: comunidade de macrófitas aquáticas. X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus, Ba, 24-29 julho de 2005. Resumos -CD-ROM.

VIDEO-CONFERÊNCIA (EM CD-ROM)

1) Pinto-Coelho, R.M. 2005. Espécies invasoras na comunidade planctônica com ênfase na biota aquática do médio rio Doce. Seminário Nacional sobre Espécies Aquáticas Invasoras. Junho de 2005. Promoção: Secretaria de Estado de C&T MG.

Organizadores: Magda Greco, Tales Viana e Maria Edith Rola. Auditório da COPASA-MG.

WEB SITES:

1) Pinto-Coelho, R.M. et cols. 2004. Comparando a estrutura do plâncton em um grande lago tropical: Lagoa D. Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. Disciplina “Ecologia Energética”, Curso Ciências Biológicas, UFMG. Web site: http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/energetica/Prj_egg04.htm. Consulta em 25 de agosto de 2005.

2) Pinto-Coelho, R.M. et cols. 2005. "A perda da biodiversidade nas comunidades aquáticas de lagoas do Parque Estadual do Rio Doce." Disciplina “Ecologia de Comunidades”, Curso PG Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da UFMG PG ECMVS/ICB/UFMG: Web site: http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/comunidades/rel_ecs_2005.htm. Consulta em 25 de agosto de 2005.

3) Pinto-Coelho, R.M. et cols. 2005. Elaboração de um banco de dados sobre a biota aquática de Minas Gerais – ênfase na bacia do médio rio Doce, MG Web site: <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/index.htm>. Consulta: 25 de agosto de 2005.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Uma das características mais positivas da presente bolsa de produtividade científica fornecida pelo CNPq foi a de permitir a orientação de um grande número de bolsistas de pós-doutoramento, doutoramento, mestrado e ainda monografias de bacharelado. A grande maioria desses orientandos ocupa, hoje (2012) posições de destaque na academia (Fig.64)

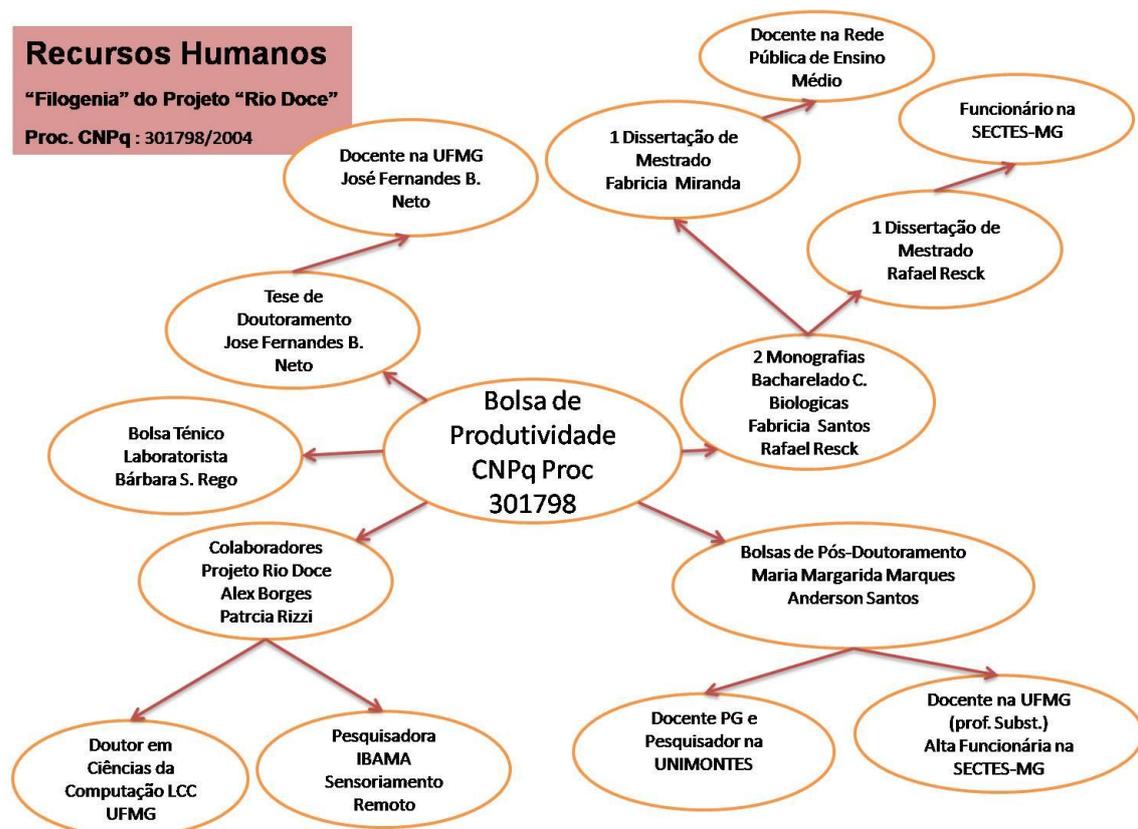


Figura 64 – Principais orientações a bolsistas de pós-doutoramento, doutoramento, mestrado e alunos de bacharelado diretamente associadas ao presente benefício. Todos os bolsistas acima fizeram suas pesquisas no médio rio Doce e os resultados de suas pesquisas foram consolidados no banco de dados, objeto do presente benefício.

A seguir, fornecemos a lista completa com os nomes, projetos e grau acadêmico obidos pelos bolsistas.

BOLSISTAS DE POS-DOCTORAMENTO

(SOMENTE AQUELAS ASSOCIADAS AO PROCESSO CNPQ 301798/2004)

- 1) Dr. Anderson Santos. Projeto: Diversidade e ecologia de macrófitas nos lagos do médio rio Doce. Bolsa de PD da FAPEMIG dentro do projeto “Elaboração de um banco de dados sobre a biota aquática do médio Rio Doce.
- 2) Dr. Maria Margarida Marques. Projeto: Diversidade e ecologia de organismos bentônicos no médio rio Doce. Bolsa de PD da FAPEMIG dentro do projeto “Elaboração de um banco de dados sobre a biota aquática do médio Rio Doce.

TESE DE DOUTORAMENTO

(SOMENTE AQUELAS ASSOCIADAS AO PROCESSO CNPQ 301798/2004)

- 1) Jose Fernandes Bezerra Neto. 2007. Migração vertical diária e cascata trófica em corpos aquáticos tropicais: influência da larva do díptero *Chaoborus*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da UFMG. [Versão em PDF](#)
Financiamento: FAPEMIG PROC 5794 e PELD/CNPq. Bolsa: CNPq. Início: marco de 2002. Data da defesa: dezembro de 2007.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

(SOMENTE AQUELAS ASSOCIADAS AO PROCESSO CNPQ 301798/2004)

- 1) Fabrícia Miranda. 2008. Ocorrência de Ostracoda no médio rio Doce, Minas Gerais com revisão do estado da arte do estudo desse grupo no Brasil. [Versão em PDF](#) Bolsa: CAPES. Início do curso: 01 março de 2006. Defesa: 20 de outubro de 2008.

MONOGRAFIAS DE BACHARELADO

(SOMENTE AQUELAS ASSOCIADAS AO PROCESSO CNPQ 301798/2004)

- 1) Rafael Pereira Resck. 2005. Carapaças de Chironomidae em um perfil de Sedimento da lagoa Carioca, Parque Estadual Do Rio Doce (Minas Gerais). Monografia de Bacharelado. Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. 38 p.
- 2) Fabrícia Sousa de Miranda. 2005. Depleção da riqueza zooplânctônica no médio Rio Doce. Monografia de Bacharelado, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Minas Gerais. 98 p.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M. & Gomes, L.C. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology* 19(3):646-652.
- Barbosa, FAR et al. 2005. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Parque Estadual do Rio Doce- Sítio 04 – CNPq. (in Portuguese) Available at the web site: <http://www.icb.ufmg.br/~peld/ufmg/peld/relatorios.html>
- [Bezerra-Neto, J. F. & Pinto-Coelho, R. M. 2002. A migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* \(Diptera: Chaoboridae\) em um reservatório tropical: Lagoa do Nado, BH - MG. *Acta Scientiarum*, Universidade Estadual de Maringá, Maringá \(PR\), v. 24 \(2\): 329-336.](#)
- Brito, S.L. 2003. *Composição, Distribuição espacial e biomassa do zooplâncton total no Lago Dom Helvécio*, Monografia de Bacharelado. Parque Estadual do Rio Doce-MG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Buck, P.A. & N.A. Menezes [eds] 2003. *Catálogo dos peixes marinhos e de água doce do Brasil*. 2nd Edition. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Available at: <http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/> (31, May 2006).
- Busch, M., D.N. Bilenca, E.A. Cittadino & G.R. Cueto. 2005. Effect of removing a dominant competitor, *Akodon azarae* (Rodentia, Sigmodontinae) on community and population parameters of small rodent species in central Argentina. *Austral Ecology*, 30:168-178.
- Carpenter, S.R. 1988. *Complex interactions in lake communities*. Springer Verlag. New York, USA. 283 p.
- Carpenter, S.R. & J.F. Kitchell. 1992. Trophic cascade and biomanipulation: interface of research and management - a reply to the comment by de Melo et al. *Limnology and Oceanography*, 37(1) 208 – 213.
- Carvalho, M. L. 1984. Influence of predation by fish and water turbidity on a *Daphnia gessneri* population in an Amazonian floodplain, lake, Brazil. *Hydrobiologia* 113:243-247.
- Cox. G.W. & R.E. Ricklefs. 1977. Species diversity, ecological release, and community structuring in Caribbean land bird faunas. *Oikos*, 29:60-66.
- Christoffersen, K.; Riemann Bo ; Klynsner, A. & Sondergaard, M. 1993. Potential role of fish predation and natural populations of zooplankton in structuring a plankton community in eutrophic lake water. *Limnology and Oceanography*, 38(3):561-573.
- De Costa, J., A. Janicki, G. Shellito & G. Wilcox .1983. The effect of phosphorous additions in enclosures on the phytoplankton and zooplankton of an acid lake. *Oikos* 40:283-294.
- De Melo, R.; France, R. & D.J. Mc Queen. 1992. Biomanipulation: Hit or Myth? *Limnology and Oceanography* 37(1):192 – 207.
- Dodson, S.I. 1989. The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: Predator-induced morphology in *Daphnia* . *Oecologia*. 78(3):361-367.
- Gliwicz, M.Z. 1986. Predation and the evolution of vertical migration in zooplankton *Nature* 320(24):746-748.

- Godinho A. L. & Formagio P.S. 1992. Efeitos da introdução de *Cichla ocellaris* e *Pygocentrus* sp. sobre a comunidade de peixes da Lagoa Dom Helvécio. *Encontro Anual de Aqüicultura de Minas Gerais* 10, 93-102.
- Godinho, A.L.; Fonseca, M.T.; & Araújo, M.L. 1994. The ecology of predator fish introductions: the case of rio Doce valley lakes. In: R.M. Pinto-Coelho; A., Giani & E., von Sperling (eds.); *Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*; SEGRAC, Belo Horizonte, MG, Brasil. Pp 77-83 (in Portuguese).
- Godinho, A.L. & Vieira, F. 1998. Ictiofauna. In: Costa, C. (Ed.) *Biodiversidade em Minas Gerais: Um atlas para sua conservação*. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, pp. 44-46.
- Gophen, M. & Serruya, S. 1990. Fish predation effects on plankton community structure in large lakes: Lake Kinneret. in: Tilzer & Serruya [eds.] *Large Lakes*. pp 645 - 659.
- Henry, R. L. 1985. The impact of zooplankton size structure on phosphorus cycling in field enclosures. *Hydrobiologia* 120: 3 – 9.
- Lair, N. 1990. Effects of invertebrate predation on the seasonal succession of a zooplankton community : a two year study in lake Aydat, France. *Hydrobiologia* 198:1-12.
- Latini, A.O. & Petreere, M.Jr. 2004. Reduction of native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management and Ecology* 11, 71-79.
- Lewinsohn, T.M. & P.I. Prado. 2002. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge. In: Lewinsohn, T.M. & P.I. Prado [eds.] *Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual*. Contexto Acadêmica, São Paulo. Pp 139-144.
- Losos, J.B. & Queiroz, K. 1997. Evolutionary consequences of ecological release in Caribbean Anolis lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 61:459-483.
- Luecke, C. & Litt, A.H. 1987. Effects of predation by *Chaoborus flavicans* on crustacean zooplankton of Lake Lenore, Washington. *Freshwater Biology* 18(1):185-192.
- Lynch, M. 1979. Predation, competition and zooplankton community structure *Limnology and Oceanography* 24(2):253-272.
- Matsumura-Tundisi, T. 1984. Occurrence of species of the genus *Daphnia* in Brazil. *Hydrobiologia* 112:161-165
- Machcek, J. 1993. Comparison of the response of '*Daphnia galeata*' and '*Daphnia obtusa*' for fish-produced chemical substance. *Limnology and Oceanography* 38(7):1544-1550.
- Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J.G. 1980. Biomass and zooplankton community structure of three lakes of river Doce Valley (MG-Brazil); *Fifth Japan-Brasil symposium on science and technology*, October Tokyo, Japan.
- Meis, M.R.M & Monteiro, A.M.F. 1979. Upper quaternary “rampas”, Rio Doce Valley: S.E. Brazilian plateau – *Z. Geomorph.* 23: 132-151.

- Mills, L.S., M.E. Soulé & D.F. Doak. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43(4):219-224.
- Moreto, E. M. 2001. *Diversidade zooplancônica e variáveis limnológicas das regiões limnética e litorânea de cinco lagoas do Vale do Rio Doce-MG, e suas relações com o entorno*. Tese de Mestrado, UFSCar, São Carlos, SP. (in Portuguese).
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A.B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Nyberg, P. 1984. Impact of *Chaoborus* predation on planktonic crustacean communities in some acidified and limed forest lakes in Sweden. *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm, Sweden*. 61:154-166.
- Okano, W.Y. 1980. *Padrão de migração vertical e flutuação sazonal das principais espécies de Copépoda (Crustácea) do lago Dom Helvécio - Parque Florestal do Rio Doce- MG*. 162 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do São Carlos, UFSCar, São Paulo, SP, Brasil (in Portuguese).
- Pastorock, R.A. .1980. The effects of predator hunger and food abundance on prey selection by *Chaoborus* larvae. *Limnology and Oceanography* 25(5):910-921.
- Pinto-Coelho, R.M. 1991. The importance of *Daphnia* for the Zooplankton grazing in Lake Constance. *Archiv fuer Hydrobiologie* 121(3):319-342.
- Pinto-Coelho, R.M., R.T. Moura & A. Moreira. 1997. Zooplankton and bacteria contribution to phosphorus and nitrogen internal cycling in a tropical and eutrophic reservoir: Pampulha Lake, Brazil. *Intenationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 82(2):195-200.
- Pinto-Celho, R.M., B. Pinel-Alloul, G. Méthot, & K. Havens. 2005. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variations with trophic status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61:348-361.
- Pinto-Coelho, R.M., L.M. A. Azevedo, P.E.V. Rizzi, J.F. Bezerra-Neto & M. E. Rolla. 2005. 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., R. Henry & A. Jorcín [eds.] *Ecologia de Reservatórios*. Ryma Editora, São Carlos (SP) pp 127-164 ISBN 85-7656-058-5 (in Portuguese). Available at web site: http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/art_pdf/art_56a.pdf (May,31, 2006).
- Pinto-Coelho, R.M., M.M. Marques, F. Miranda, T.G. Mota, M. Campos, F.A. Barbosa. 2006. *Banco de dados (biblioteca digital) do médio rio Doce*. Available at the web site <http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/RioDoce/website/index.htm> (May, 31, 2006).
- Rodrigues, L.S.M.; Thomaz, A.A. & Gomes, L.C. 2005. Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Paulo, p 1-14, p 17-3, p 185-194 e p 223-224.
- Ramcharan, C.W.; McQueen, D. J.; Demers, E.; Popiel, S. A.; Rocchi, A. M.; Yan, N. D. & Wong, A. H. 1995. A comparative approach to determining the role of fish predation in structuring limnetic ecosystems. *Archiv fuer Hydrobiologie* 133(4): 389-416.
- Santos, L.C. 1980. *Estudos das populações de cladocera em cinco lagoas naturais (Parque Estadual do Rio Doce) que se encontram em diferentes estágios de*

- evolução*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil, 260 pg. (in Portuguese).
- Santos, G.B. 2000. Estrutura das comunidades de peixes de reservatórios do sudeste do Brasil, localizados nos rios Grande e Paranaíba, bacia do alto Paraná. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 158 pg.
- Santos, G.B., P. M. Barbosa, F. Vieira & C.M. Lopez. 1994. Fish and zooplankton community in reservoirs of southeastern Brazil: effects of the introductions of exotic predatory fish. In: Pinto-Coelho, R.M., A. Giani & E. von Sperling [eds.] *Ecology and Human Impact on Lakes and Reservoirs in Minas Gerais*. SEGRAC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
- Sato, Y. & A. L. Godinho. 1985. Tucunaré – um peixe exótico na represa de Três Marias, MG. In: *Encontro anual de aquicultura de Minas Gerais*, 4. Coletânea de resumos dos encontros da Associação Mineira de Aquicultura; 1982-1987. Brasília, CODEVASF, 1988, 92-93.
- Shapiro, J., V. Lamarra & M. Lynch. 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. *Proc. Symp. Water Quality: Management through Biological Control*, Gainesville, Florida, USA.
- Shapiro, J. & D.I. Wright. 1984. Lake restoration by biomanipulation: Round Lake, Minnesota, the first two years. *Freshwater Biology* 14:371-383.
- Sunaga, T. & Verani, J.R. 1991. The fish communities of the lakes in Rio Doce Valley, Northeast Brazil. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 24, 2563-2566.
- Swift, M.C. & R.B. Foward Jr. 1981. Chaoborus prey capture efficiency in the light and dark. *Limnology and Oceanography* 26(3):461-466.
- Terborgh, J., Lopez, L., Nuñez, P., Rao, M., Shahabuddin, G., Orihuela, G., Riveros, M., Ascanio, R., Adler, G.H., Lambert, T.D., & Balbas, L. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294:1923-1926.
- Tundisi, J.G. & De Meis, M.R.M. 1985. Geomorphology and limnological processes at the Middle Rio Doce Valley. In: Saijo, Y & Tundisi, J.G. (Ed.) *Limnological Studies in Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland, Brazil*. Nagoya, Nagoya University, pp. 11-17.
- Tundisi, J.G. & Saijo, Y. 1997. *Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo. Engineering School of São Carlos. Center for Water Resources and Applied Ecology. 528 p.
- Uehlinger, U. & Bloesch, J. 1987. The influence of crustacean zooplankton on the size structure of algal biomass and suspended and settling seston (biomanipulation in limnocorrals. II). *Intenationale Revue der gesamten Hydrobiologie*. 72(4):473-486.
- Vanni, M. J. 1986. Competition in zooplankton communities: Suppression of small species by *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*, 31(3):1039-1056.
- Vono, V. 2002. *Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidades de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná)*. Tese de Doutorado. Programa de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, PG ECMVS, ICB, Universidade Federal de Minas Gerais, 132 p (in Portuguese).

<http://ecologia.icb.ufmg.br/~ecmvs/completa/08%20Volney%20Vono.pdf> (Accessed May, 31,2006).

Yan, N. D.; Keller, W.; MacIsaac, H. J.; McEachern, L.J. .1991. Regulation of zooplankton community structure of an acidified lake by *Chaoborus* . *Ecological Applications* 1(1): 52-65.

Wright, D.I. & J. Shapiro .1984. Nutrient reduction by biomanipulation: An unexpected phenomenon and its possible cause. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:518-524 .

Wright, D. & J. Shapiro .1990. Refuge availability: a key to understanding the summer disappearance of *Daphnia*. *Freshwater Biology* 24:43-62.

EQUIPE DE TRABALHO

	Nomes	Função	Instituição	Titulação
1	Ricardo Motta Pinto Coelho	Coordenador	UFMG	Doutor
2	Francisco Antônio Rodrigues Barbosa	Colaborador	UFMG	Doutor
3	Paulina Maia Barbosa	Colaborador	UFMG	Doutor
4	Maria Margarida Marques	Colaborador (membro da equipe) Bentos	Bolsa Pós Doutor Fapemig	Doutor
5	Anderson Santos Medeiros	Colaborador (membro da equipe)	UNIMONTES	Doutor
6	José Fernandes Bezerra Neto	Colaborador (membro da equipe)	PG ECMVS UFMG	Doutorando
7	Alex Borges	Colaborador (membro da equipe) Construção Banco de Dados	PG LCC UFMG	Doutorando
8	Patrícia Rizzi	Colaboradora (membro da equipe) Interface GIS – Servidora de Mapas	Depto. Sensoriamento Remoto – IBAMA (DF)	MSc Geografia
9	Zenilde G. da Silva	Parceria IGAM	IGAM	Doutoranda ECMVS
10	Tiago Gripp Mota	Bolsa IC - Fapemig Ictiologia	UFMG	bacharelado
11	Maíra Oliveira Campos	Bolsa IC - Fapemig Ficologia	UFMG	bacharelado
12	Fabrícia de Sousa Miranda	Bolsa IC - Fapemig Invertebrados planctônicos (zooplâncton)	UFMG	bacharelado
13	Rafael Resck	Bacharelado – Estagiário Sedimentos lacustres	UFMG	Bacharelado
14	Barbara Aparecida da Silva Rego	Técnica de Laboratório DBO, Colimetria e físico-química	UFMG bolsa AT/ CNPq	Bacharel em C. Biológicas